

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO  
NARRO**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**LA PRESENCIA CONTINUA DE HEMBRAS EN ESTRO MEJORA LA  
ACTIVIDAD SEXUAL EN LOS MACHOS CABRÍOS DURANTE LA ÉPOCA  
DE REPOSO SEXUAL**

**Tesis**

**Que presenta ERIKA GRIMALDO VIESCA**

**como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS**

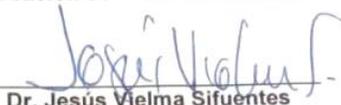
Torreón, Coahuila

Julio 2018

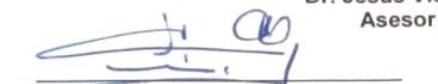
**"LA PRESENCIA CONTINUA DE HEMBRAS EN ESTRO MEJORA LA  
ACTIVIDAD SEXUAL EN LOS MACHOS CABRÍOS DURANTE EL PERIODO  
DE REPOSO SEXUAL"**

Tesis

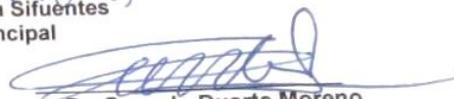
Elaborada por ERIKA GRIMALDO VIESCA como requisito parcial para  
obtener el grado de Maestro en Ciencias en Agrarias con la supervisión y  
aprobación del Comité de Asesoría



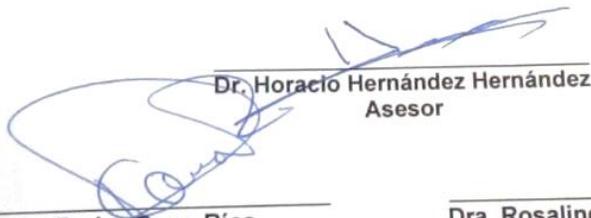
Dr. Jesús Vielma Sifuentes  
Asesor Principal



Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez  
Asesor



Dr. Gerardo Duarte Moreno  
Asesor



Dr. Horacio Hernández Hernández  
Asesor



Dr. Pedro Cano Ríos  
Jefe del departamento  
de Postgrado

Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Subdirectora de Postgrado

Torreón, Coahuila

Julio 2018

## Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (U.A.A.A.N.), por permitirme realizar mis estudios de Posgrado en Ciencias Agrarias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por proporcionarme una beca para la realización y obtención del grado de maestría.

Al H. Comité Institucional de Becas de la UJAT por otorgarme una beca PISA 2016-2.

Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), por formarme para ser una Maestra en Ciencias Agrarias en la línea de Reproducción. Por aportarme los conocimientos necesarios para competir dentro del área y dejar en alto el posgrado.

A los doctores del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA): Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, Dr. José Alfredo Flores Cabrera, Dr. Horacio Hernández Hernández, Dr. Gerardo Duarte Moreno, Dr. Gonzalo Fitz y la Dra. Ilda Graciela Fernández García, por compartir sus enseñanzas, vivencias y experiencias.

Agradezco sobre todo a mi asesor el Dr. Jesús Vielma Sifuentes, por confortarme durante el periodo del experimento y posteriormente durante el trabajado de investigación, ¡UN GRAN MAESTRO, PERO SOBRETUDO SER HUMANO!

A los compañeros del posgrado Ricardo Avilés, Pablito Lamónt, Jennifer y Erick por su apoyo durante el periodo de realización del experimento.

Al personal de apoyo del CIRCA, Sergio y Luis por ayudarme cada semana en el cuidado y alimentación de los chivos que utilice en el experimento; así como en las tomas de las muestras, para realizar y finalizar exitosamente esta investigación.

## Dedicatoria

### **A Dios**

Por darme la oportunidad de llegar a este momento de dicha, la fortaleza y salud para poder concluir satisfactoriamente una meta más en mi vida.

### **Mis padres:**

Sergio Grimaldo y Lety Viesca por su gran apoyo para continuar mis proyectos lejos de mi hogar, pero sobre todo por formarme con los valores para ser una mujer honesta, sencilla y recta; sobre todo a ti mamá, por acompañarme en este reto.

### **A mis hermanas:**

Selene y Paty por estar pendientes a pesar de los años y apoyarme en esta aventura con sus buenos deseos.

### **A mis sobrinos:**

Dereck Sadrach, Sergio Itai, Lorenzo Paolo y Sergio Gael, por sus videos y fotos mostrándome su cariño en los cumpleaños que no pude compartir con ustedes. ¡LOS AMO MIS CACHORRITOS!

### **A mis amigos**

Yuritzzi, Nancy, Alejandra, Julián y Ramon Miguel, ¡LOS QUIERO! a pesar de la distancia, seguimos conservando esa bonita amistad, y así como dice la canción *“No importan las distancias, hay gente que puede estar contigo, no importa que lejos estén, puedes sentir... que cerca están”*, ustedes de corazón siempre me acompañaron con sus llamadas de aliento y ánimo.

Ricardo y Carmen, por ser unos grandes amigos, por compartir su tiempo con buenas pláticas y los alimentos de su hogar.

## Índice General

Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria .....	iv
Índice General.....	v
Lista de Figuras .....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	11
Objetivo General.....	12
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1 Estacionalidad Sexual y Reproductiva de los Mamíferos .....	13
2.1.1 Estacionalidad Sexual y Reproductiva de los Caprinos en Latitudes Subtropicales .....	13
2.2 El Fotoperiodo, Principal Factor que Determina la Estacionalidad Sexual y Reproductiva en Caprinos en Latitudes Subtropicales.....	15
2.3 Vías Neuroendocrinas que Participan en la Recepción, Conducción, y Respuesta al Fotoperiodo.....	16
2.3.1 Mecanismo de Acción del Fotoperiodo.....	17
2.4 Relaciones Socio-sexuales.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.1 Nota Ética.....	20
3.2 Condiciones Generales del Experimento .....	20
3.3 Descripción de los Animales del Estudio.....	20
3.3.1 Hembras .....	20
3.3.2 Machos.....	21
3.4 Variables Determinadas .....	21
3.4.1 Circunferencia Escrotal .....	21
3.4.2 La intensidad del Olor de los Machos.....	22
3.4.3 Porcentaje de Aceptación y Latencia a la Eyaculación.....	22
3.5 Producción Espermática Cuantitativa .....	22
3.5.1 El Volumen del Eyaculado .....	22
3.6 La Concentración Espermática por mL.....	22
3.6.1 Número Total de Espermatozoides por Eyaculado .....	23
3.7 Producción Espermática Cualitativa.....	23
3.7.1 Motilidad Espermática .....	23
3.7.2 El Porcentaje de espermatozoides vivos.....	23
3.8 Condición Corporal.....	23
3.9 Análisis Estadísticos.....	24
RESULTADOS.....	25
3.10 Circunferencia Escrotal.....	25
3.11 Intensidad del Olor de los Machos.....	26
3.12 Porcentaje de Aceptación y Latencia a la Eyaculación .....	27
3.13 El Volumen del Eyaculado.....	29
3.14 La Concentración Espermática por mL .....	30
3.15 Número Total de Espermatozoides por Eyaculado.....	31

3.16	Motilidad Espermática.....	32
3.17	El Porcentaje de Espermatozoides Vivos .....	33
3.18	Condición Corporal .....	34
4.	DISCUSIÓN .....	35
5.	CONCLUSIÓN .....	38
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	39

## Lista de Figuras

<b>No. de figura</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b>	Evolución anual (promedio $\pm$ error estándar de la media; SE) del peso testicular (A), de la libido determinada por la latencia a la eyaculación (B) y el número total de espermatozoides por eyaculado (C), testosterona plasmática (D) de los machos cabríos criollos del Subtrópico Mexicano	14
<b>Figura 2.</b>	Evolución mensual de la circunferencia escrotal (promedio $\pm$ SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro o aislados de las hembras.	25
<b>Figura 3.</b>	Evolución mensual de la intensidad del olor (promedio $\pm$ SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro o aislados de las hembras.	26
<b>Figura 4.</b>	Evolución mensual del porcentaje de aceptación a la eyaculación (A) y de la latencia a la eyaculación (B; promedio $\pm$ SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro o aislados de las hembras.	28
<b>Figura 5.</b>	Evolución mensual del volumen del eyaculado en mL (promedio $\pm$ SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro o aislados de las hembras.	29
<b>Figura 6.</b>	Evolución mensual de la concentración espermática por mL (promedio $\pm$ SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro o aislados de las hembras.	30
<b>Figura 7.</b>	Evolución mensual del número total de espermatozoides por eyaculado (promedio $\pm$ SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro o aislados de las hembras.	31
<b>Figura 8.</b>	Evolución mensual de la motilidad espermática (promedio $\pm$ SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro o aislados de las hembras.	32
<b>Figura 9.</b>	Evolución mensual del porcentaje de espermatozoides vivos (promedio $\pm$ SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro o aislados de las hembras.	33

**Figura 10.** Evolución mensual de la condición corporal (promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro o aislados de las hembras

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la producción espermática cuantitativa y cualitativa de los machos cabríos en contacto físico directo y permanente con hembras en estro durante la época de reposo sexual natural en la Comarca Lagunera. Se utilizaron 10 machos cabríos y 6 cabras adultas ovariectomizadas e inducidas al estro artificialmente. El estudio se realizó de enero a junio del 2017, meses que corresponden a la estación de reposo sexual de los machos cabríos. Los machos se dividieron en dos grupos de acuerdo a su Condición Corporal (CC) y Circunferencia Escrotal (CE): un grupo de machos permaneció aislado de las hembras (n=5; CC:  $2.3 \pm 0.1$ ; CE  $25.7 \pm 0.7$  cm; promedio  $\pm$  SEM). El otro grupo de machos se mantuvo en contacto físico completo con dos hembras inducidas al estro (n=5; CC:  $2.5 \pm 0.2$ ; CE  $26.5 \pm 2.2$  cm  $\pm$  SEM). En los meses de febrero y marzo para el grupo de los machos con hembras en estro en las variables del olor sexual ( $1.8 \pm 0.2$ ;  $0.9 \pm 0.2$ ), porcentaje de aceptación a la eyaculación (90%;100%) y el volumen del eyaculado ( $0.9 \pm 0.2$ ;  $1.0 \pm 0.1$  mL), fueron mayores ( $P < 0.05$ ) en comparación a los machos aislados.

La latencia a la eyaculación (s) fue menor ( $P < 0.05$ ) en el grupo con hembras en estro en los meses de enero ( $63.0 \pm 10.2$ s), febrero ( $45.1 \pm 8.3$ s) y marzo ( $20.7 \pm 2.4$ s). En la concentración espermática/mL y en el total de espermatozoides no se encontraron diferencias entre los grupos ( $P > 0.05$ ). Los resultados obtenidos permiten concluir que, durante la época natural de reposo sexual, la presencia continua de hembras en estro no mejora la producción espermática cuantitativa, sin embargo, mantiene la actividad sexual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera.

Palabras clave: Caprinos, Estacionalidad, Hembras en estro, Machos, Actividad sexual.

## Abstract

. The objective of this work was to determine the quantitative and qualitative sperm production of the goats in direct and permanent physical contact with females in estrus during the natural resting period in the Comarca Lagunera. 10 goats and 6 adult goats are used ovariectomized and artificially induced estrus. The study was conducted from January to June 2017, months that correspond to the sexual resting season of the goats. The males were divided into two groups according to their Body Condition (CC) and Scrotal Circumference (CE): a group of males with permanence isolated from the females ( $n = 5$ , CC:  $2.3 \pm 0.1$ , CE  $25.7 \pm 0.7$  cm;  $\pm$  SEM). The other group of males remained in full physical contact with two females induced to estrus ( $n = 5$ , CC:  $2.5 \pm 0.2$ , CE  $26.5 \pm 2.2$  cm  $\pm$  SEM). In the months of February and March for the group of males with females in the variables of sexual odor ( $1.8 \pm 0.2$ ,  $0.9 \pm 0.2$ ), percentage of acceptance to ejaculation (90%, 100%) and the volume of the ejaculate ( $0.9 \pm 0.2$ ,  $1.0 \pm 0.1$  mL), were higher ( $P < 0.05$ ) compared to the isolated males.

The latency to ejaculation (s) was lower ( $P < 0.05$ ) in the group with females in the stratum in the months of January ( $63.0 \pm 10.2$ s), February ( $45.1 \pm 8.3$ s) and March ( $20.7 \pm 2.4$ s). In the sperm concentration / mL and in the total sperm no differences were found between the groups ( $P > 0.05$ ). The results allowed to conclude that, during the natural period of sexual rest, the continuous presence of females in the estuary does not improve the quantitative sperm production, however, it maintains the sexual activity of the Creole goats of the Comarca Lagunera.

Keywords: Caprines, Seasonality, Females in estrus, Males, Sexual activity.

## 1. INTRODUCCIÓN

En México, uno de los subsectores pecuarios con más potencialidad de crecimiento es la producción de las cabras, actividad a la que se dedican alrededor de dos y medio millones de personas, principalmente en el semi-desierto, donde abundan los terrenos áridos y en las altas montañas. En el norte del país se localiza más del 90 por ciento del hato caprino nacional, el cual se estima en casi nueve millones de cabezas. La región con mayor desarrollo en la producción de leche de cabra es la Comarca Lagunera, ubicada en los estados de Coahuila y Durango; en cuanto a carne, los principales productores son Zacatecas, Coahuila, y la región Mixteca que incluye Puebla, Oaxaca y Guerrero (<http://www.sagarpa.gob.mx/2017.pdf>). La Comarca Lagunera es una región importante para la producción caprina en México, con un inventario de 413,217 animales (SAGARPA, 2015). La morfología exterior de los caprinos locales se derivó de las cruces de las cabras españolas como la Granadina, Murciana y Malagueña. El fenotipo, de estos animales varía debido a las repetidas cruces con las razas Alpina, Saanen, Anglo-Nubia y Toggenburg, especializadas en la producción de leche y carne (Delgadillo *et al.*, 1999; Montaldo *et al.*, 2010).

La estacionalidad reproductiva es uno de los factores que limitan la productividad de los hatos caprinos en la Comarca Lagunera. En efecto, este fenómeno condiciona la oferta de productos caprinos como la carne de cabrito y la leche fresca, los cuales tienen una gran aceptación y demanda en el mercado regional y nacional. En los machos cabríos de esta comarca, la estación de reposo sexual ocurre de enero a junio (Delgadillo *et al.*, 1999). Durante estos meses se reduce la secreción de LH y testosterona, el volumen testicular, el comportamiento sexual, la cantidad y calidad de la producción espermática. Todas estas variables se incrementan durante la estación sexual, la cual ocurre de mayo a diciembre (Delgadillo *et al.*, 1999, 2001). En las hembras caprinas, el reposo sexual o anestro ocurre de marzo a agosto, y se caracteriza por ausencia de estros y ovulaciones (Duarte *et al.*, 2008). En cambio, la estación sexual ocurre de septiembre a febrero, y se caracteriza por la manifestación de ciclos estrales y ovulatorios cada  $21 \pm 3$  días (Duarte *et al.*, 2010).

En los caprinos, la estacionalidad sexual puede modificarse a través de las interacciones entre machos y hembras. En el caso de las hembras, durante el período de anestro, su actividad sexual puede ser estimulada y sincronizada por la introducción de los machos en el grupo, lo que se llama comúnmente "efecto macho" (Delgadillo *et al.*, 2006). Además, el contacto físico total y permanente de las cabras anéstricas con machos sexualmente activos, permite que las hembras ovulen durante todo el anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2015). En los machos cabríos, el contacto físico directo con cabras en estro incrementa, durante al menos 8 horas, las concentraciones plasmáticas de LH y testosterona durante el periodo de reposo sexual. A este fenómeno se le denomina "efecto hembra" (Walkden-Brown *et al.*, 1994 a). Sin embargo, en los machos cabríos separados de las hembras en celo mediante una malla, el contacto olfativo, visual, y auditivo no evitó la disminución de las concentraciones plasmáticas de testosterona durante el reposo sexual, ni mejoró la producción espermática cuantitativa o cualitativa de los machos (Giriboni *et al.*, 2017). Sin embargo, no se sabe si el contacto físico total y permanente de los machos cabríos con hembras en estro evita la disminución de la producción espermática cuantitativa o cualitativa durante el periodo de reposo sexual.

### **Objetivo General**

Determinar si en los machos cabríos el contacto físico directo y permanente con hembras en estro durante el periodo de reposo sexual, evita la disminución en la producción espermática cuantitativa y cualitativa.

### **Hipótesis**

La producción espermática cuantitativa y cualitativa de los machos cabríos se mantiene elevada, cuando ellos se encuentran bio-estimulados con el contacto físico directo y permanente con hembras en estro durante el periodo de reposo sexual.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

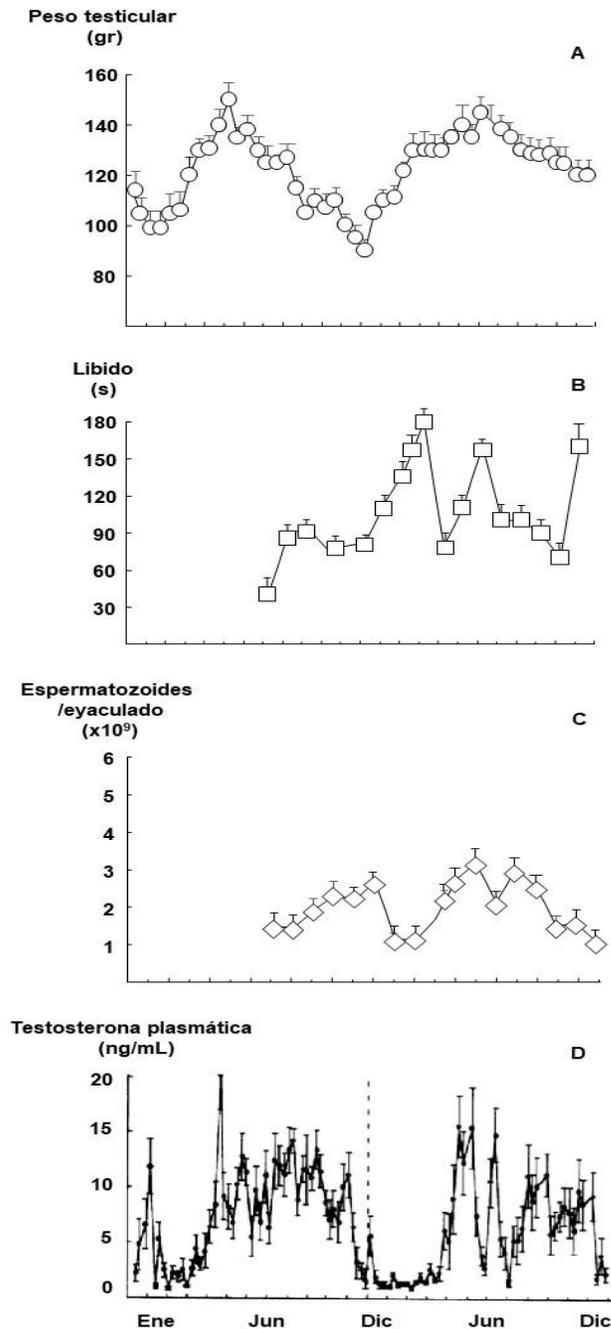
### 2.1 Estacionalidad Sexual y Reproductiva de los Mamíferos

Muchas especies de mamíferos salvajes, ferales o domésticos manifiestan estacionalidad de sus actividades sexual y reproductiva. Esta estacionalidad es un mecanismo evolutivo de las especies que permite que los partos ocurran al final del invierno o principio de la primavera, cuando se incrementa la disponibilidad de alimento y la temperatura ambiental, permitiendo una mayor sobrevivencia de las crías (Bronson, 1985).

#### 2.1.1 Estacionalidad Sexual y Reproductiva de los Caprinos en Latitudes Subtropicales

Los machos cabríos originarios o adaptados a latitudes subtropicales presentan un patrón de reproducción estacional. Así, el periodo de reposo sexual ocurre en invierno y primavera, y se caracteriza por la disminución de las concentraciones plasmáticas de LH y testosterona, del volumen testicular, circunferencia escrotal, del comportamiento sexual, y de la producción espermática (Walkden-Brown *et al.*, 1994b; Delgadillo *et al.*, 1999; Vera *et al.*, 2008). En efecto, Vera *et al.* (2008) encontraron que la época del año influye sobre los valores de la circunferencia escrotal, mostraron una tendencia decreciente en otoño ( $23.9 \pm 2$  cm) e invierno ( $21.5 \pm 2$  cm), para incrementarse en primavera ( $24.1 \pm 3$  cm). Por el contrario, la estación sexual se presenta en verano y otoño, y se caracteriza por un incremento de estas variables. En los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera, por ejemplo, la estación de reposo sexual se desarrolla de enero a mayo, y la estación sexual de junio a diciembre determinada por el peso testicular, libido y concentraciones plasmáticas de testosteron (Figura 1; Delgadillo *et al.*, 1999). Estas variaciones estacionales son similares a las reportadas en los machos cashmere de Australia (Walkden-Brown *et al.*, 1994a). Las hembras caprinas de esta raza y latitudes también expresan estacionalidad reproductiva: el periodo de anestro

estacional se desarrolla en primavera y verano, y la estación sexual en el subtrópico se desarrolla en otoño e invierno, y se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales y ováricos de  $21 \pm 3$  días de duración (Restall, 1992; Duarte *et al.*, 2008).



**Figura 1.** Evolución anual (promedio  $\pm$  error estándar; SEM) del peso testicular (A), de la libido determinada por la latencia a la eyaculación (B) del número total de espermatozoides por eyaculado (C), y de las concentraciones plasmáticas de testosterona (D) de los machos cabríos criollos del Subtrópico Mexicano (Modificado de Delgado *et al.*, 1999).

## **2.2 El Fotoperiodo, Principal Factor que Determina la Estacionalidad Sexual y Reproductiva en Caprinos en Latitudes Subtropicales**

El fotoperiodo es el principal factor del medio ambiente que sincroniza la estación sexual y reproductiva en los caprinos que habitan en las latitudes subtropicales (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). Diferentes estudios demostraron el efecto del fotoperiodo sobre la actividad endocrina y reproductiva de los caprinos de latitudes subtropicales. Así, en los machos caprinos sometidos a alternancias de 3 meses de días cortos (10 h de luz/día) y 3 meses de días largos (14 h de luz/día) durante 2 años consecutivos, las concentraciones plasmáticas de testosterona se incrementaron invariablemente durante los días cortos y disminuyeron durante los días largos (Delgadillo *et al.*, 2004). Asimismo, en los machos cabríos sometidos a 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre seguidos de días crecientes naturales (15 de enero), este tratamiento los caprinos lo interpretan que pasa de días largos a días cortos, es decir de 16 a 11 h de luz/día, y las concentraciones plasmáticas de testosterona se incrementan al inicio de febrero, alcanzando sus valores máximos a mediados de marzo; posteriormente descienden progresivamente hasta alcanzar concentraciones basales a principios de mayo. En cambio, en los machos no tratados, la testosterona se incrementó naturalmente a partir de mayo, al iniciar la estación sexual (Delgadillo *et al.*, 2002). Es importante mencionar que el proporcionar solo un mes de días largos artificiales incrementa la secreción de testosterona y estimula la actividad sexual de los machos cabríos durante el periodo de reposo sexual (Ponce *et al.*, 2014). Resultados similares se han reportado en los machos cabríos o carneros originarios de latitudes templadas al someterlos a 2 o 3 meses de días cortos (8 h de luz/día) alternados con 2 o 3 meses de días largos (16 h de luz/día). En efecto, en estos machos las concentraciones plasmáticas de testosterona y el peso o diámetro testicular se incrementan durante los días cortos y disminuyen durante los días largos (carneros: Lincoln y Short, 1980 ; caprinos: Delgadillo *et al.*, 1991,1992; Delgadillo y Chemineau, 1992). En conjunto, estos datos muestran que los días cortos estimulan, y los días largos inhiben las actividades endocrina y sexual de los

machos cabríos y carneros de latitudes subtropicales y templadas. Sin embargo, los días cortos continuos por más de 4 meses, no mantienen elevadas las concentraciones plasmáticas de testosterona o el diámetro testicular. Después de estar sometidos de manera prolongada a ese fotoperiodo, ello causa una disminución considerable en los valores de estas dos variables. De igual manera, los días largos continuos por más de 4 meses no mantienen bajas las concentraciones plasmáticas de testosterona ni el diámetro testicular. Después de estar expuestos durante ese tiempo a días largos, se incrementan los valores de estas variables. Esto se debe al desarrollo del estado refractario a los días cortos y largos, debido a la existencia de un ritmo endógeno de reproducción, el cual es sincronizado por el fotoperiodo (Lincoln y Short, 1980; Howles *et al.*, 1982).

### **2.3 Vías Neuroendocrinas que Participan en la Recepción, Conducción, y Respuesta al Fotoperiodo**

Los mamíferos reciben la información luminosa a través de los fotorreceptores de la retina. El estímulo nervioso que provoca la luz en la retina pasa a través de los núcleos supraquiasmático y paraventricular, y por el ganglio cervical superior, para llegar finalmente a la glándula pineal, la cual secreta la hormona denominada melatonina. La secreción de la melatonina ocurre únicamente durante la noche, y es precisamente la duración de su secreción la que permite al animal interpretar entre un día corto y un día largo (Arendt, 1986). En los ovinos y caprinos, la secreción prolongada de melatonina, que ocurre durante los días decrecientes o cortos, estimula al eje hipotálamo-hipofisiario, permitiendo el desarrollo de la estación sexual. En los ovinos, el corto tiempo de secreción de la melatonina actúa en la *pars tuberalis* para activar la secreción de la TSH durante los días largos, lo que disminuye la expresión de las deiodinasas D1 y D2, permitiendo un incremento local de la producción de la T3 en el hipotálamo medio basal. Los días cortos tienen el efecto opuesto. La T3 estimula la secreción de kisspeptina, la cual a su vez, estimula la secreción del GnRH, y ésta la secreción de las gonadotropinas (LH y FSH; Dardente *et al.*, 2016). Por tanto, la pineal es una glándula importante para el control de la estacionalidad reproductiva de los ovinos y caprinos.

### 2.3.1 Mecanismo de Acción del Fotoperiodo

A la fecha se han descrito 2 efectos del fotoperiodo sobre la estacionalidad sexual de los machos caprinos y ovinos.

- a) El efecto directo. Este efecto se demostró primeramente en los carneros castrados sometidos a 3 meses de días crecientes seguidos de 3 meses de días decrecientes. En estos machos, las concentraciones plasmáticas de LH son mayores durante los días decrecientes que durante los días crecientes (Pelletier y Ortavant, 1975). Posteriormente se demostró el mismo efecto del fotoperiodo en los machos cabríos cashmere de Australia (Walkden-Brown *et al.*, 1997). El incremento de la LH se debe exclusivamente al efecto directo del fotoperiodo.
  
- b) Efecto indirecto o cambio de la sensibilidad a la retroacción negativa de la testosterona sobre la LH. El eje hipotálamo-hipofisiario controla la actividad testicular a través de la secreción de las gonadotropinas (LH y FSH). En cambio, las gónadas modulan la actividad de este eje a través de la secreción de andrógenos que actúan por retroalimentación negativa disminuyendo la secreción de las gonadotropinas (Tilbrook y Clarke, 2001). Cuando los machos se castran, se incrementan las concentraciones plasmáticas de las gonadotropinas, debido a que desaparece la retroacción negativa de los andrógenos sobre las gonadotropinas. Esta retroacción se re-establece al aplicar testosterona por vía i.m. o s.c., lo que disminuye las concentraciones plasmáticas de las gonadotropinas (Walkden-Brown *et al.*, 1997). Sin embargo, esta disminución es mayor cuando los animales están en días largos que en días cortos. Durante los días largos, la sensibilidad del eje a la retroacción negativa de la testosterona aumenta, y disminuye la secreción de LH. En cambio, esta sensibilidad disminuye durante los días cortos, incrementándose la secreción de LH, que a su vez estimula las gónadas, permitiendo el desarrollo de la estación sexual (Pelletier y Ortavant, 1975).

Cuando los niveles de testosterona son elevados, estas concentraciones también actúan por retroacción negativa para disminuir las gonadotropinas, dando origen al inicio de la estación de reposo sexual.

## 2.4 Relaciones Socio-sexuales

Las interacciones socio-sexuales entre los dos géneros pueden modificar la estacionalidad endocrina y sexual de los machos cabríos y carneros. En efecto, la introducción repentina de hembras en estro en un grupo de machos en reposo sexual, estimula la producción de LH y FSH y el comportamiento sexual de los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1994). A este fenómeno se le denomina efecto hembra (Gonzales *et al.*, 1991; Delgadillo *et al.*, 2009; Hawken y Martin, 2012;). Así, en los machos cabríos y carneros, las concentraciones plasmáticas de LH y testosterona se incrementan al ponerlos en contacto con hembras en celo durante el periodo de reposo sexual (Illius *et al.*, 1976; Walkden-Brown *et al.*, 1993). Además, en los machos expuestos a las hembras en celo se incrementa la frecuencia de las variables del comportamiento sexual como las aproximaciones laterales, los olfateos ano-genitales, y las montas con penetración y eyaculación; asimismo, se mejora la producción espermática cuantitativa y cualitativa (Maina y Katz, 1997; Katz *et al.*, 1998; Rosa *et al.*, 2000). El contacto físico entre machos y hembras, no es completamente necesario para estimular las actividades endocrina y sexual de los machos cabríos o carneros. Por ello, las concentraciones plasmáticas de testosterona son más elevadas en los machos que tienen contacto visual con hembras en estro, que en aquellos que tienen contacto visual con hembras anéstricas (Illius *et al.*, 1976; Gonzalez *et al.*, 1988b; Longpre *et al.*, 2016). Sin embargo, en los machos cabríos separados de las hembras en estro solamente por una malla ciclónica que permitía el contacto visual, auditivo, olfativo y físico a nivel de la cara, no se evitó la disminución de la circunferencia escrotal, ni de las concentraciones plasmáticas de la testosterona durante los meses de reposo sexual (Giriboni *et al.*, 2017). En estos machos se mejoró solamente la motilidad espermática de enero a abril. Considerando que el contacto visual no evitó la

estacionalidad de la actividad endocrina ni sexual de los machos cabríos, por lo tanto el objetivo del presente estudio fue determinar si el contacto directo de los machos con cabras en estro evita la disminución estacional de la circunferencia escrotal, de la libido, del olor y la producción espermática cuantitativa y cualitativa.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Nota Ética**

Los animales utilizados para esta investigación se mantuvieron en buenas condiciones de manejo, que cumplieran con los requisitos nutricionales de los animales y los procedimientos utilizados en los experimentos como lo estipula la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999).

#### **3.2 Condiciones Generales del Experimento**

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación de Reproducción Caprina (CIRCA), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en el municipio de Torreón, Coahuila, México (latitud 25°32'40" Norte, 103°26'30" longitud Oeste, y una altitud de 1120 msnm). Este municipio forma parte de la Comarca Lagunera, en la cual el fotoperiodo varía entre 13:41 h luz durante el solsticio de verano y 10:19 h luz durante el solsticio de invierno; el clima es cálido-seco con una temperatura promedio anual de 21°C, variando de 28°C (mayo-agosto) a -3°C (diciembre-enero). La precipitación promedio anual es de 266 mm (rango: de 163 a 504 mm), y la época de sequía se presenta de noviembre a mayo (Delgadillo *et al.*, 1999). En este experimento se utilizaron hembras y machos caprinos locales de la Comarca Lagunera (Delgadillo *et al.*, 1999). El estudio se realizó de enero a junio del 2017, meses que corresponden a la estación de reposo sexual de los machos cabríos. Los machos y las hembras se alimentaron con 1.5 kg de heno de alfalfa (18% de PC) y 100 g de concentrado comercial (14% de PC, 1.7 Mcal /kg c/u) con acceso libre al agua y a las sales minerales durante el estudio.

#### **3.3 Descripción de los Animales del Estudio**

##### **3.3.1 Hembras**

Se utilizaron 6 cabras adultas que fueron ovariectomizadas dos meses previos al inicio del experimento. Durante el estudio, cada semana, dos cabras se indujeron al estro con la aplicación subcutánea de 10 y 5 mg de progesterona con 24 h de

intervalo, seguida de la aplicación de 1 mg de cipionato de estradiol 72 h después (Billings y Katz, 1997). Las otras cuatro hembras que no eran inducidas al estro, se alojaban en un corral adyacente a uno de los grupos de machos, donde ellos podían verlas, olerlas, escucharlas y tener contacto al nivel de la cara.

### **3.3.2 Machos**

Se utilizaron 10 machos cabríos que tenían de 2 a 4 años de edad al inicio del estudio, y que contaban con experiencia sexual al haber interactuado y copulado previamente con hembras en estro. Los machos se dividieron en dos grupos de acuerdo con su condición corporal (CC) y circunferencia escrotal (CE): un grupo de machos se alojó en un corral de 5 x 5 m provisto de sombra, limitado por paredes de block y concreto, y permaneció aislado de las hembras (n=5; CC:  $2.3 \pm 0.1$ ; CE  $25.7 \pm 0.7$  cm; promedio  $\pm$  SEM). El otro grupo de machos se alojó en un corral abierto de 5 x 5 m provisto de sombra y se mantuvo en contacto físico completo con dos hembras inducidas al estro (n=5; CC:  $2.5 \pm 0.2$ ; CE  $26.5 \pm 2.2$  cm  $\pm$  SEM). Para ello, dos cabras en estro inducido se introducían en el grupo de machos, y eran sustituidas por otras dos hembras en estro la semana siguiente. Este procedimiento se realizó durante todo el estudio, es decir, de enero a junio. La distancia entre los dos grupos de machos fue de 120 m, y existían edificios entre ellos, para evitar cualquier riesgo de interferencia de señales por los tratamientos entre grupos.

## **3.4 Variables Determinadas**

### **3.4.1 Circunferencia Escrotal**

La circunferencia escrotal se determinó utilizando una cinta flexible graduada en mm. Los testículos se empujaban a la parte inferior del escroto, y la circunferencia se determinó midiendo la parte más ancha del escroto, incluyendo ambos testículos (Braun *et al.*, 1980, Walkden-Brown *et al.*, 1994b).

### **3.4.2 La intensidad del Olor de los Machos**

La intensidad del olor de los machos se determinó según la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.* (1997). Esta técnica consiste en determinar el olor a una distancia de 10-15 cm de la base posterior de los cuernos, en donde se encuentran las glándulas sebáceas. Los valores de la escala utilizada son de 0 (olor neutro, no diferente a la hembra, o a macho castrado), 1 (olor ligero), 2 (olor moderado) y 3 (olor intenso).

### **3.4.3 Porcentaje de Aceptación y Latencia a la Eyaculación**

Antes de la colecta del semen, los machos que se encontraban en contacto directo con las hembras caprinas inducidas al estro, se separaron de ellas por 24 h para evitar intromisiones y eyaculaciones en ese tiempo. Las muestras de semen se colectaron una vez por semana utilizando una vagina artificial y la presencia de una hembra inducida. La colecta del semen iniciaba a las 08:00 h. En cada ocasión, el comportamiento sexual de los machos cabríos se evaluó mediante el registro de la latencia a la eyaculación. Cada macho disponía de 180 s para eyacular. Pasado este tiempo, si el macho no eyaculaba, era devuelto a su corral y se anotaba como rechazo a la eyaculación.

## **3.5 Producción Espermática Cuantitativa**

### **3.5.1 El Volumen del Eyaculado**

El volumen del eyaculado (mL) se determinó directamente en el tubo de recolector, el cual tenía una capacidad de 15 mL y una graduación de 0.1 mL.

### **3.6 La Concentración Espermática por mL**

La concentración del eyaculado ( $\times 10^9$  espermatozoides por mL) se determinó con un espectrofotómetro (Spectronic 21, Bausch & Lomb) calibrado a una longitud de onda de 550 nm. Para ello, 50  $\mu$ L de semen fresco se diluyó en 9.95 mL de solución

salina fisiológica con formaldehído (0.9% de cloruro de sodio y 0.01 de formaldehído, diluidos en agua bidestilada, dilución 1:200). Se utilizó una curva estándar que se elaboró previamente para determinar la concentración espermática de los eyaculados (Chemineau *et al.*,1991)

### **3.6.1 Número Total de Espermatozoides por Eyaculado**

El número total de espermatozoides por eyaculado ( $\times 10^9$ ) se obtuvo multiplicando el volumen del eyaculado por su concentración espermática (Delgadillo *et al.*, 1999).

## **3.7 Producción Espermática Cualitativa**

### **3.7.1 Motilidad Espermática**

La motilidad espermática se midió con una gota de semen fresco sin diluir. Esta gota se depositaba inmediatamente después de obtener la muestra en un portaobjetos mantenido a 37-38°C, y se observaba al microscopio con un aumento a 80X. El movimiento masal del semen se determinó utilizando una escala de 0 a 5 (0= muestras con total inmovilidad; 5= muestras con movimientos y remolinos intensos; Chemineau *et al.*, 1991).

### **3.7.2 El Porcentaje de espermatozoides vivos**

El porcentaje de células vivas se determinó con una gota de semen depositada en el portaobjetos y cubreobjetos mantenidos previamente a 37-38°C, observando en el microscopio con un aumento a 200x. Se realizó una estimación visual del porcentaje de las células móviles en cinco áreas diferentes de la muestra (Delgadillo, 2005).

## **3.8 Condición Corporal**

La condición corporal se determinó mediante la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.* (1997). Para ello se palparon las apófisis espinosas y laterales, y la musculatura de la región lumbar de la columna, asignando un puntaje de 1 a 4 (1= animal muy delgado; 4= animal obeso).

### **3.9 Análisis Estadísticos**

Los promedios mensuales de la circunferencia escrotal se analizaron usando un análisis de varianza para medidas repetidas (ANOVA) con dos factores (tiempo y grupo). Los promedios mensuales de esta variable fueron comparados con una prueba de *t* independiente.

Los promedios mensuales del olor, la latencia a la eyaculación, la condición corporal, las variables de la producción espermática cuantitativa y cualitativa se analizó a través del tiempo de estudio con una prueba no paramétrica de Friedman, la comparación de estas variables entre grupos se realizó utilizando una prueba no paramétrica *U* de Mann-Whitney.

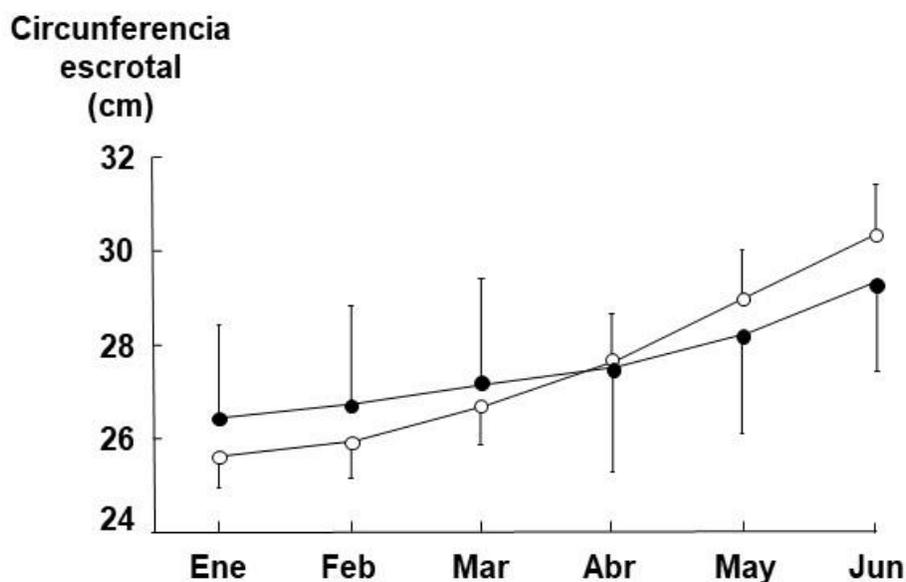
El porcentaje de aceptación a la eyaculación se obtuvo mediante la frecuencia mensual de eyaculaciones y se comparó entre grupos con la prueba exacta de Fisher.

Las diferencias estadísticas entre grupos se consideraron cuando el valor de la *P* fue  $\leq 0.05$ . Los resultados se expresaron con el promedio  $\pm$  el error estándar (EEP). Los análisis se realizaron utilizando el SYSTAT 13 (Systat Software, San Jose, CA, USA).

## RESULTADOS

### 3.10 Circunferencia Escrotal

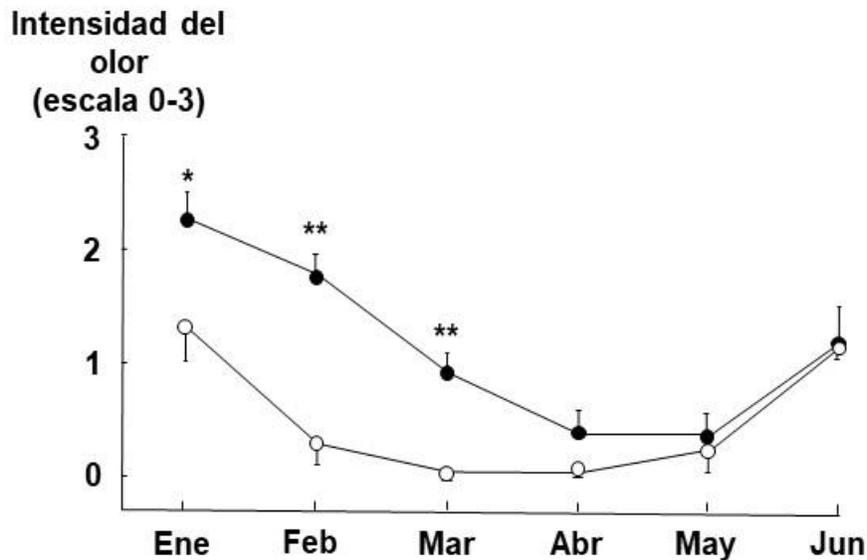
El ANOVA reveló que la circunferencia escrotal de los machos de los dos grupos varió durante el estudio (efecto del tiempo:  $P < 0.0001$ ). Además, reveló una interacción grupo\*tiempo ( $P < 0.001$ ), indicando que la evolución del diámetro escrotal fue diferente entre los grupos durante el estudio. Sin embargo, no se observó ninguna diferencia entre los grupos al comparar los datos mensuales de la circunferencia escrotal ( $P > 0.05$ ; Figura 2). En efecto, en los dos grupos de machos la circunferencia escrotal se incrementó progresivamente desde enero a junio.



**Figura 2.** Evolución mensual de la circunferencia escrotal (promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro (●) o aislados de las hembras (○).

### 3.11 Intensidad del Olor de los Machos

La prueba de Friedman reveló que la intensidad del olor de los machos de los dos grupos varió durante los meses de estudio (efecto del tiempo:  $P < 0.0001$ ). En efecto, en los dos grupos de machos, la intensidad del olor disminuyó de enero a abril, incrementándose nuevamente en mayo-junio. Además, como se muestra en la Figura 3, la intensidad del olor de los machos en contacto con las hembras en estro fue superior de enero a marzo que el de los machos aislados de las hembras ( $P < 0.01$ ; prueba de *U* de Mann-Whitney)



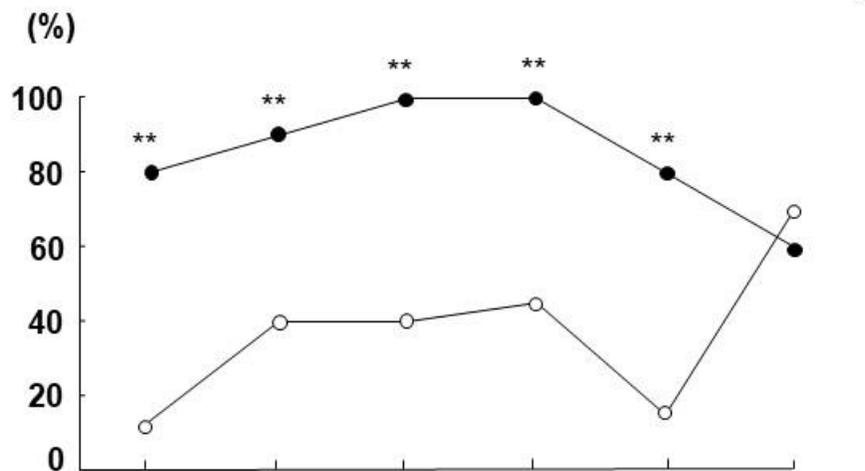
**Figura 3.** Evolución mensual de la intensidad del olor (promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro (●) o aislados de las hembras (○). Los asteriscos indican diferencias estadísticas entre los dos grupos: \* $P = 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ .

### 3.12 Porcentaje de Aceptación y Latencia a la Eyaculación

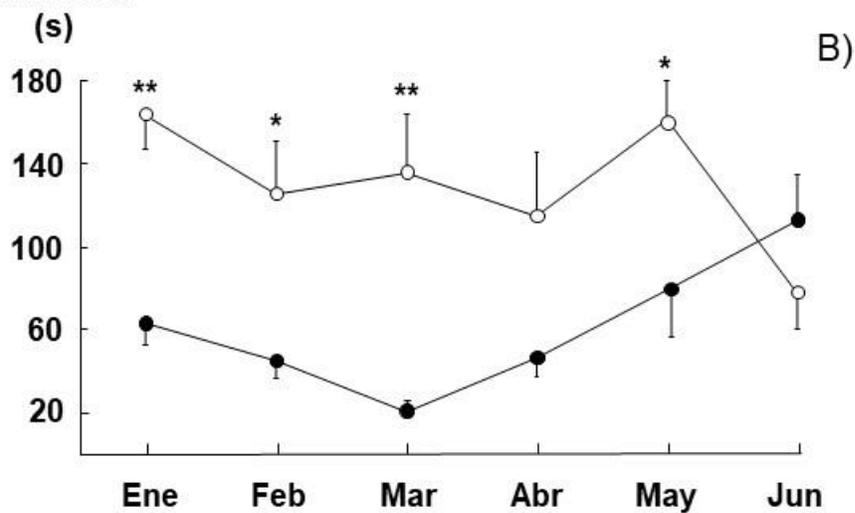
La evolución del porcentaje de aceptaciones a la eyaculación registrado en ambos grupos de machos se observa en la Figura 4A. Este porcentaje fue mayor de enero a mayo en el grupo de machos con hembras en celo que en los machos aislados de las hembras ( $P < 0.01$ ; prueba de  $U$  de Mann-Whitney).

La evolución de latencia a la eyaculación registrada en ambos grupos de machos se observa en la Figura 4B. En esta Figura se observa que la latencia a la eyaculación varió en ambos grupos de machos durante el estudio ( $P \leq 0.03$ ; prueba de Friedman). Esta variable mostro ser menor de enero a mayo en los machos mantenidos con las hembras en estro que en los machos aislados de las hembras ( $P < 0.05$ ; prueba de  $U$  de Mann-Whitney).

### Aceptación a la Eyaculación



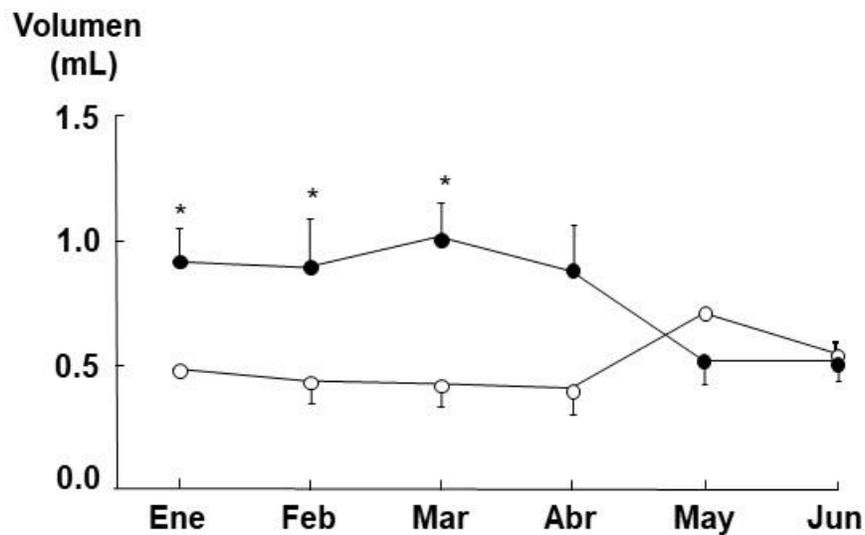
### Latencia a la eyaculación



**Figura 4.** Evolución mensual del porcentaje de aceptación a la eyaculación (A) y de la latencia a la eyaculación (B; promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro (●) o aislados de las hembras (○). Los asteriscos indican diferencias estadísticas entre los dos grupos: \*P <0.05; \*\* P <0.01

### 3.13 El Volumen del Eyaculado

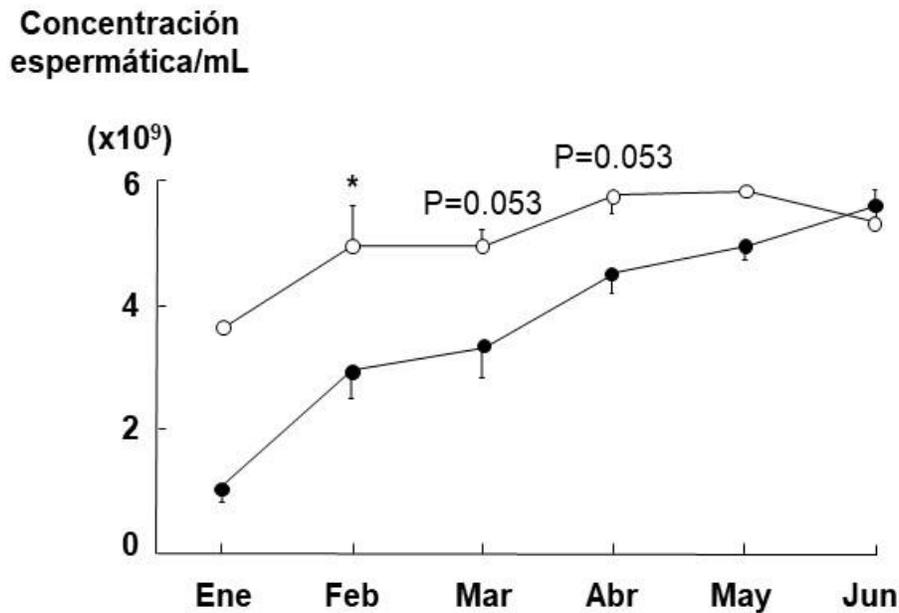
De manera general en la Figura 5 se observa que el volumen del eyaculado no mostro variaciones importantes a través del tiempo de estudio ( $P=0.22$ ; prueba de Friedman). Sin embargo, este volumen fue mayor en el grupo de los machos con hembras en estro que en los machos aislados de las hembras de enero a marzo ( $P<0.05$ ; prueba de *U* de Mann-Whitney).



**Figura 5.** Evolución mensual del volumen del eyaculado en mL (promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro (●) o aislados de las hembras (○). Los asteriscos indican diferencias estadísticas entre los dos grupos: \* $P < 0.05$

### 3.14 La Concentración Espermática por mL

En la Figura 6 se observa que la concentración espermática por mL registrada en ambos grupos de machos mostró variaciones a través del tiempo ( $P < 0.0001$ ; prueba de Friedman). En la comparación de esta concentración entre grupos se observó que fue mayor en los machos aislados en febrero y se observó una tendencia de mayor concentración en los meses de marzo y abril ( $P = 0.053$ ; prueba de U de Mann-Whitney).

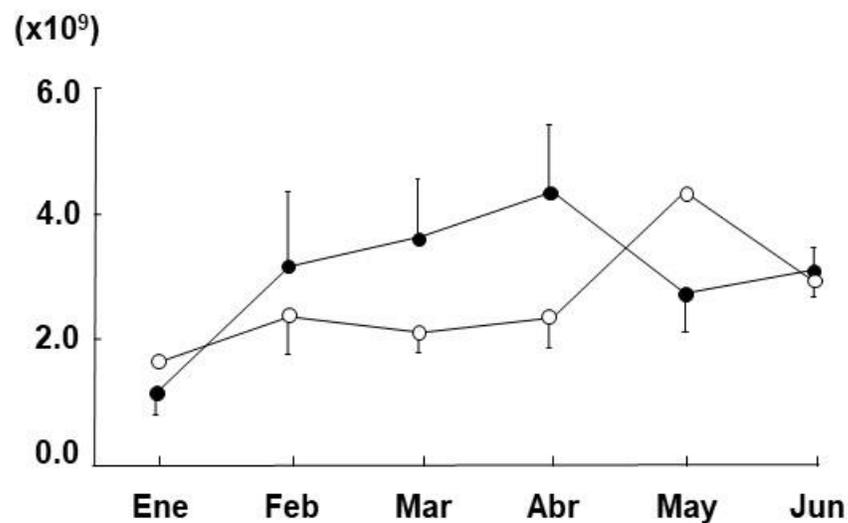


**Figura 6.** Evolución mensual de la concentración espermática por mL (promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro (●) o aislados de las hembras (○). Los asteriscos indican diferencias estadísticas entre los dos grupos: \* $P < 0.05$

### 3.15 Número Total de Espermatozoides por Eyaculado

De manera general, en la figura 7 se observa que el número total de espermatozoides por eyaculado vario a través del tiempo de estudio ( $P=0.014$ ; prueba de Friedman). Sin embargo, no existió diferencia en esta variable entre los grupos durante los meses de estudio ( $P>0.05$ ; prueba de U de Mann-Whitney).

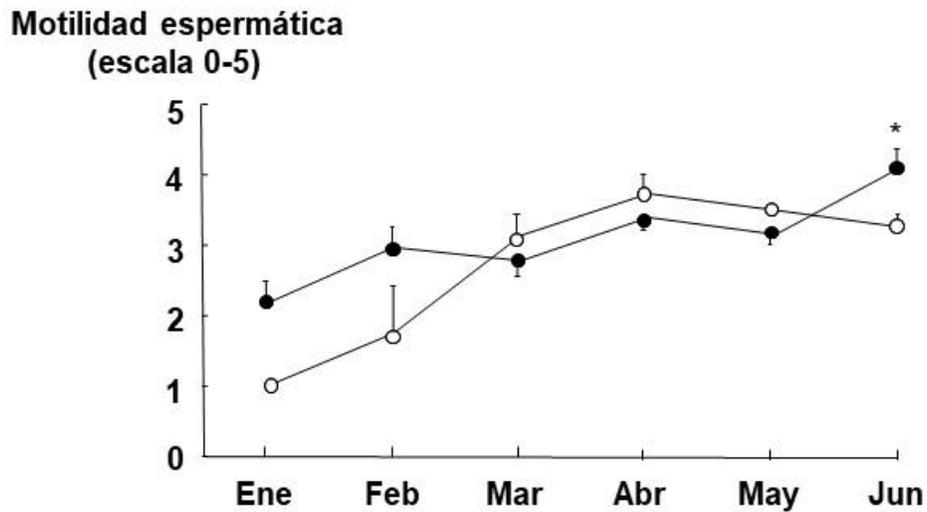
#### Total de espermatozoides /eyaculado



**Figura 7.** Evolución mensual del número total de espermatozoides por eyaculado (promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro (●) o aislados de las hembras (○).

### 3.16 Motilidad Espermática

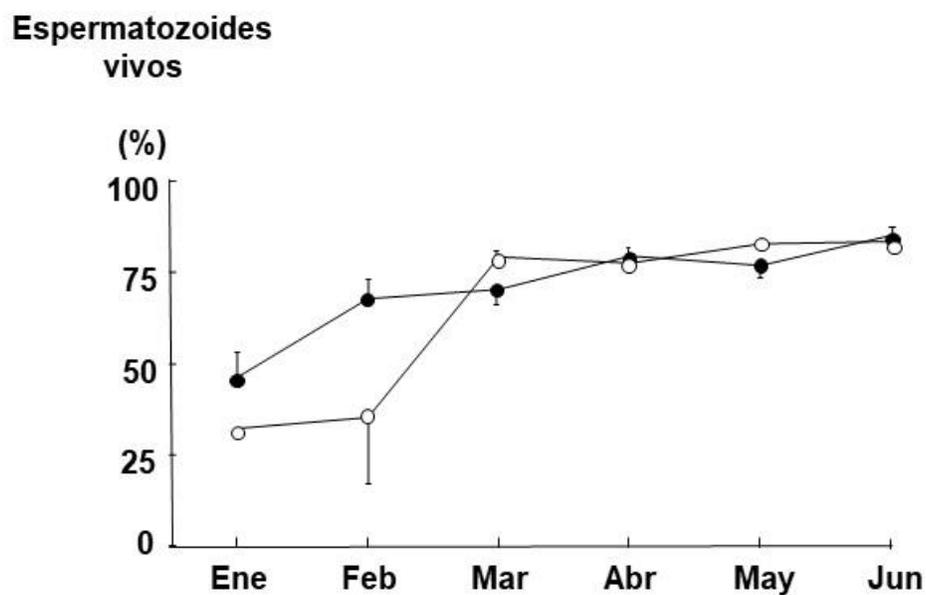
De manera general en la Figura 8 se observa que la motilidad espermática registrada en ambos grupos vario a través del tiempo de estudio ( $P=0.002$ ; prueba de Friedman). Sin embargo, solo en el mes de junio, esta motilidad fue mayor en el grupo de machos con hembras en celo que en el grupo de machos aislados ( $P>0.05$ ; prueba de  $U$  de Mann-Whitney).



**Figura 8.** Evolución mensual de la motilidad espermática (promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro (●) o aislados de las hembras (○). Los asteriscos indican diferencias estadísticas entre los dos grupos: \* $P < 0.05$

### 3.17 El Porcentaje de Espermatozoides Vivos

De manera general en la figura 9 se observa que el porcentaje de espermatozoides vivos registrado en ambos grupos vario a través del tiempo de estudio ( $P=0.0001$ ; prueba de Friedman). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en los diferentes meses ( $P>0.05$ ; prueba de  $U$  de Mann-Whitney).

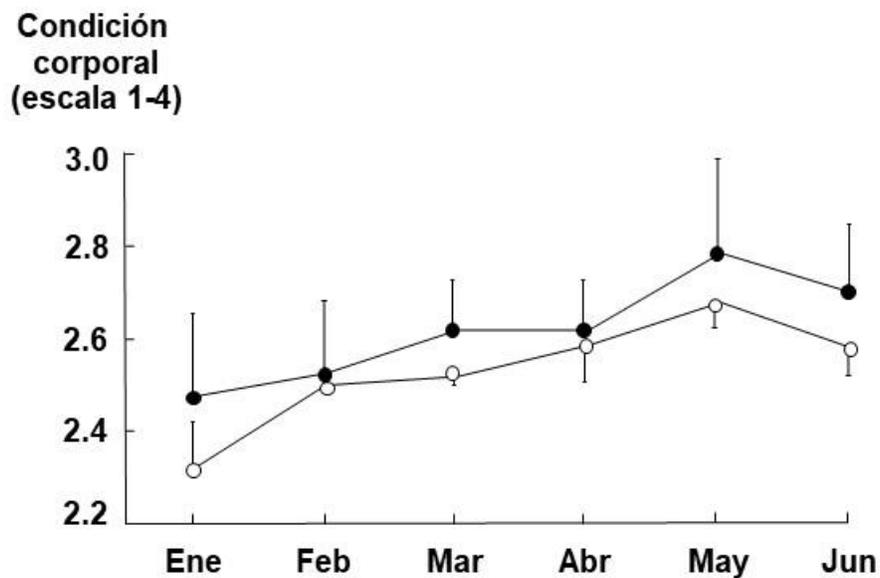


**Figura 9.** Evolución mensual del porcentaje de espermatozoides vivos (promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro (●) o aislados de las hembras (○).

### 3.18 Condición Corporal

La prueba de Friedman reveló que la condición corporal de los machos de los dos grupos varió durante los meses de estudio (Figura 10;  $P < 0.0001$ ).

Así mismo, esta condición corporal no fue diferente entre grupos en los diferentes meses ( $P > 0.05$ ; prueba de *U* de Mann-Whitney).



**Figura 10.** Evolución mensual de la condición corporal (promedio  $\pm$  SEM) de los machos en contacto con las hembras en estro (●) o aislados de las hembras (○).

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio, muestran que la actividad sexual de los machos expuestos a hembras estrogenizadas en la época de reposo sexual, es mejor al compararlos con machos que se encontraban aislados de las hembras. En efecto, como resultado de la introducción de hembras en estro al grupo de machos, el “olor sexual” del macho fue más intenso, disminuyó la latencia a la eyaculación, se incrementó la frecuencia de las montas con eyaculaciones, y fue mayor el volumen del semen. En cambio, en los machos que se encontraban aislados de las hembras, cuando realizaron la monta y eyaculación, su volumen fue menor y la concentración espermática por mL fue mayor. En conjunto, los resultados del presente estudio confirman la hipótesis de que en los machos cabríos bio-estimulados con hembras estrogenizadas y su permanencia, la actividad sexual durante la época de reposo sexual natural se mejora en comparación con los machos aislados.

En diversos estudios en machos cabríos, se ha descrito que la exposición de los machos a hembras en estro, aumenta claramente la capacidad de los machos para inducir la ovulación en hembras anovulatorias estacionales, por lo tanto, el “efecto hembra” es uno de los componentes de un ciclo de estimulación autorreforzado que puede iniciarse por ambos sexos (Walkden-Brown *et al.*, 1999).

En nuestro estudio, al llegar la época de reposo sexual, el porcentaje de aceptación a la eyaculación, considerado como un componente de la actividad sexual del macho, se mantuvo elevado por la presencia de las hembras en estro. Otro trabajo sobre estacionalidad, reporta un comportamiento sexual similar al de nuestro estudio de los machos cabríos sin estimulación, ya que de febrero a julio (reposo sexual), el número de rechazos a eyacular fue 2.4 veces, y tuvo una disminución a 1.0 veces, en los meses de diciembre-enero y agosto-septiembre, estimándose una disminución de 40% en la aceptación a la eyaculación (Carrillo *et al.*, 2010). Durante nuestro estudio, el otro componente de la actividad sexual, la latencia a la eyaculación, fue menor en los machos con hembras en estro que en los machos aislados. En otro estudio realizado en la Comarca Lagunera durante el periodo de reposo sexual, los machos cabríos también mostraron variación en la latencia a la eyaculación, siendo bajas (96 s) entre mayo y noviembre y alcanzando un máximo

(183 s) en Abril (Delgadillo *et al.*, 1999). Los datos referidos, fueron más altos que los obtenidos en nuestro estudio, ya que en el grupo de machos con hembras en estro, la latencia más baja se alcanzó en marzo (20 s) y la máxima en junio (110 s). Resultados similares se han reportado en machos alpinos-franceses aislados de hembras en la Comarca Lagunera, que encontraron una latencia de 102 s de diciembre a julio (Carrillo *et al.*, 2010). La latencia a la eyaculación se considera un índice de comportamiento sexual o motivación sexual, por lo tanto, la exposición de los machos a las hembras puede estimular las secreciones endocrinas del eje pituitario-testicular en el macho, y esta estimulación puede mantenerse con exposición repetida o continua a las hembras en celo durante la temporada no reproductiva (Delgadillo *et al.*, 1999).

El volumen del eyaculado fue mayor en el grupo de los machos con hembras en estro que en los machos aislados de las hembras de enero a marzo. La presencia de hembras en estro provocó que se mantuviera alto el volumen del eyaculado durante enero, febrero y marzo, meses que el eyaculado alcanza volúmenes muy bajos (0.1mL; Carrillo *et al.*, 2010). En otro estudio realizado a 40° N en Tesalónica, Grecia, en machos caprinos Saanen y Damascus durante la temporada de empadre natural, los volúmenes del eyaculados reportados son superiores a los registrados en nuestros machos aislados, sin embargo, estos valores son similares a lo que se obtuvieron en el grupo de machos con hembras en estro (Karagiannidis *et al.*, 1999). Por otro lado, en machos caprinos Damascus a 31°N en Egipto, durante la temporada de reposo, se reporta el volumen de  $0.74 \pm 0.05$  mL, similares a los obtenidos en nuestros machos criollos con hembras en estro (Ramadan *et al.*, 2009).

En la comparación de la concentración espermática por mL entre grupos, se observó que fue mayor en los machos aislados en febrero y tendió a ser a mayor también en los meses de marzo y abril. El perfil de la concentración espermática obtenido en nuestro estudio, donde el volumen del eyaculado se incrementó por la presencia de hembras en estro, puede explicarse por la existencia de una relación inversa entre el volumen del eyaculado y su concentración espermática, como ha sido reportado tempranamente por Delgadillo *et al.* (1991). En machos caprinos

Angora, durante una serie repetida de toma de muestras, la concentración en promedio llega a ser de  $2.43 \pm 0.08$  ( $\times 10^9/\text{mL}$ ) durante la época de empadre (Ritar *et al.*, 1992), sin embargo, estos valores son más bajos que los machos que se encontraban estimulados con hembras en estro en nuestro estudio.

No existió diferencia en el número total de espermatozoides por eyaculado entre los grupos durante los meses del experimento. Sin embargo, los valores encontrados en nuestro estudio, aunque no fueron diferentes estadísticamente, si son más altos que los que encontraron Carrillo *et al.* (2010), que reportaron valores de  $0.9 \pm 0.1 \times 10^9$  en machos alpinos de diciembre a julio.

La motilidad espermática registrada en ambos grupos, aunque varió en el tiempo, sólo en el mes de junio fue mayor en el grupo de machos con hembras en estro que en el grupo de machos aislados. Giriboni *et al.* (2017), en un estudio realizado a  $35^\circ$  latitud sur en machos caprinos, reporta una motilidad espermática con valores cercanos a los obtenidos en nuestro experimento.

El porcentaje de espermatozoides vivos registrado en ambos grupos varió en el tiempo, sin embargo, no existieron diferencias significativas entre los grupos en los diferentes meses. No obstante, los datos registrados durante el estudio son superiores a lo reportado por Carrillo *et al.*, 2010, quienes reportan que en los meses de enero a junio el porcentaje de espermatozoides vivos llegan a ser de  $21 \pm 2\%$ . Mientras que en otro estudio realizado en la misma región por Delgadillo *et al.* (1999), el porcentaje de espermatozoides vivos reportado es del 68% en el mes de abril y luego del 80% en los siguientes meses, valores que coinciden con nuestros resultados.

La intensidad del olor disminuyó de enero a abril, incrementándose nuevamente en mayo-junio. Sin embargo, la intensidad del olor de los machos en contacto con las hembras en estro, fue superior de enero a marzo que el de los machos aislados de las hembras. Esta diferencia en la intensidad del olor entre los grupos al principio del experimento, posiblemente se relaciona con los incrementos en las concentraciones plasmáticas de testosterona y al final del estudio con el restablecimiento natural del eje hipotálamo-hipófisis- gonadal que ha sido reportado en otros estudios (Walkden-Brown *et al.*, 1997).

## 5. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio permiten concluir que en los machos cabríos criollos en la Comarca Lagunera la presencia de hembras en estro durante la época de reposo sexual natural, no mejora la producción espermática cuantitativa y cualitativa. Sin embargo, el contacto continuo de los machos con hembras en estro, disminuye la latencia a la eyaculación, aumenta el porcentaje de machos que aceptan la eyaculación y aumenta el volumen del eyaculado.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Arendt, J. (1986) Role of the pineal gland in seasonal reproductive function. *Reviews of Reproductive Physiology.*, 8, 266–320.
- Arendt, J. (1998). Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Reviews of Reproduction.*, 3, 13–22.
- Billings, H.J., and Katz, L.S. (1997). Progesterone facilitation and inhibition of estradiol-induced sexual behavior in the female goat. *Hormones and Behavior.*, 31, 47–53.
- Braun, W.F., Thompson, J.M., and Ross, C.V. (1980). Ram scrotal circumference measurements. *Theriogenology.*, 13 (3), 221.
- Bronson, F.H. (1985). Mammalia reproduction: An ecological perspective. *Biology of Reproduction.*, 32,1-26.
- Carrillo, E., C.A. Meza-Herrera, F.G Véliz. (2010). Reproductive seasonality of young French-Alpine goat bucks adapted to subtropical conditions in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.*, 1: 169-178.
- Chemineau, P., Cognie, Y., Guerin, Y., and Orgeur, P. (1991). Training manual on artificial insemination in sheep and goats. (FAO Animal Production & Health Paper)., 115-161.
- Dardente, H., Lomet, D., Robert,V., Decourt, C., Beltramo, M., and Pellicer-Rubio, Maria-Teresa. (2016). Seasonal breeding in mammals: From basic science to applications and back. *Theriogenology.*, 86, 324-332
- Delgadillo, J.A., Leboeuf, B., and P. Chemineau. (1991). Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology.*, 36 (5), 755-770.
- Delgadillo, J. A and Chemineau, P. (1992). Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *Journals of Reproduction and Fertility.*, 94, 45-55.
- Delgadillo, J. A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., and Malpoux, B. (1999). Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology.*, 52 (4), 727-737.
- Delgadillo, J. A., Carrillo, E., Moran, J., Duarte, G., Chemineau, P., and Malpoux, B. (2001). Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico. *Journal of Animal Science.*, 79, 2245-2252.

- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., and Malpoux, B. (2002). Induction of sexual activity of lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificial long days. *Journal of Animal Science.*, 80, 2780-2786.
- Delgadillo, J.A., Cortez, M.E., Duarte, G., Chemineau, P., and Malpoux, B. (2004). Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats., *Reproduction, Nutrition, Development.*, 44, 183–193.
- Delgadillo, J.A. (2005). Inseminación artificial en caprinos., (4), 59-62. México: Trillas.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernandez, H., and Fernández, I.G. (2006). Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reproduction Nutrition Development.*, 46 (4), 391-400.
- Delgadillo, J. A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., and Martin, G.B. (2009). The 'male effect' in sheep and goats—Revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research.*, 200, 304–314.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Hernández, H., Poindron, P., Keller, M., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, I.G., and Chemineau, P. (2015). Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. *Hormones and Behavior.*, 69, 8–15.
- Diario Oficial de la Federación. “Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio”. Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. 22 de agosto del 2001
- Duarte, G., Flores J.A., Malpoux, B., and Delgadillo J. A. (2008). Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology.*, 35 (4), 362-370.
- Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpoux, B., and Delgadillo, J.A. (2010). Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science.*, 120, 65–70.
- Giriboni, J., Lacuesta, L., and Ungerfeld, R. (2017). Continuous contact with females in estrus throughout the year enhances testicular activity and improves seminal traits of male goats. *Theriogenology.*, 87, 284–289.
- Gonzalez, R., Poindron, P., and Signoret, J.P. (1988b). Temporal variation in LH and testosterone responses of rams after the introduction of oestrous females during the breeding season. *Journal of Reproduction and Fertility.*, 83: 201-208.

- Gonzalez, R., Orgeur, P., Poindron, P., Signoret, J.P. (1991a). Female effect in sheep. I. The effects of sexual receptivity of females and the sexual experience of rams. *Reproduction Nutrition Development.*, 31, 97–102.
- Gonzalez, R., Orgeur, P., Poindron, P., Signoret, J.P. (1991b). Female effect in sheep. II. Role of volatile substances from the sexually receptive female; implication of the sense of smell. *Reproduction Nutrition Development.*, 31, 103-109.
- Hawken, P.A.R and Martin G.B. (2012). Sociosexual stimuli and gonadotropin-releasing hormone/ luteinizing hormone secretion in sheep and goats. *Domestic Animal Endocrinology.*, 43, 85–94.
- Howles, C.M., Craigon, J., Haynes, N.B. (1982). Long-term rhythms of testicular volume and plasma prolactin concentrations in rams reared for 3 years in constant photoperiod. *Journal of Reproduction and Fertility.*, 65, 439–446.
- Illius, A. W., Haynes, N. B., and Lamming, G. E. (1976). Effects of ewe proximity on peripheral plasma testosterone levels and behaviour in the ram. *Journal of Reproduction and Fertility.*, 48 (3), 25–32.
- Karagiannidis A., Varsakeli, S. and Karatzas, G. (2000). Characteristics and seasonal variations in the semen of alpine, Saanen and Damascus goat bucks born and raised in Greece. *Theriogenology.*, 53, 1285-1293
- Katz, L.S., Price, E.O., Wallach, S.J.R., and Zenchak, J.J. (1988). Sexual performance of rams reared with or without females after weaning. *Journal Animal Science.*, 66, 1166–1173.
- Lincoln, G.A., and Short, R.V. (1980). Seasonal breeding: Nature´s contraceptive. *Recent Progress in Hormone Research.*, 36, 1-32.
- Longpre,K.M., Guterl, J.N., Katz, L.S. (2016). Proximity to females alters circulating testosterone concentrations and body weight in male goats. *Small Ruminant Research.*, 144, 334–340.
- Maina, D and Katz, L.S. (1997). Exposure to a recently mated male sexual performance increases ram. *Applied Animal Behaviour Science.*, 5, 69-74.
- Malpaux, B., Robinson, J.E., Wayne, N.L. and Karsch, F.J. 1989. Regulation of the onset of the breeding season of the ewe: importance of long days and of endogenous reproductive rhythm. *Journal of Endocrinology.*, 122, 269-278.
- Montaldo, H.H., Torres-Hernández, G., y Valencia-Posadas, M. (2010). Goat breeding research in Mexico. *Small Ruminant Research.*, 89 (2), 155-163.
- Pelletier, J., and Ortavant, R. (1975). Photoperiodic control of lh release in the ram. II. Light-androgens interaction. *Acta Endocrinol (Copenh).*, 78 (3), 442-50.

- Ponce, J.L., Velázquez, H., Duarte, G., Bedos, M., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P., and Delgadillo, J.A. (2014). Reducing exposure to long days from 75 to 30 days of extra-light treatment does not decrease the capacity of male goats to stimulate ovulatory activity in seasonally anovulatory females. *Domestic Animal Endocrinology.*, 48, 119–125.
- Ramadan T.A., Taha, T.A, Samak, M.A., and Hassan A. (2009). Effectiveness of exposure to longday followed by melatonin treatment on semen characteristics of Damascus male goats during breeding and non-breeding seasons. *Theriogenology.*, 71: 458-468.
- Restall, B.J. (1992). Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Animal Reproduction Science.*, 27, 305-318.
- Rosa, H.J.D., Juniper, D.T., Bryant, M.J. (2000). The effect of exposure to oestrous ewes on rams' sexual behaviour, plasma testosterone concentration and ability to stimulate ovulation in seasonally anoestrous ewes. *Applied Animal Behaviour Science.*, 67, 293–305
- SYSTAT (Systat Software, San Jose, CA, USA).
- Thermo Spectronic. Operator's manual. 2001. Spectronic 20 Series, Spectrophotometers. New York, USA.
- Tilbrook A.J, and Clarke I.J. (2001). Negative Feedback Regulation of the Secretion and Actions of Gonadotropin Releasing Hormone in Males. *Biology of reproduction.*, 64, 735–742.
- Vera, T.A., Leguiza, H.D. y Chagra Dib E.P. (2008). Circunferencia escrotal de caprinos criollos en los llanos de La Rioja: Efecto de la estacion.. Primeras Jornadas Internacionales del Instituto de Investigación y Tecnología en Reproducción Animal. 74.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., and Scaramuzzi, R.J. (1994). The 'female effect' in Australian cashmere goats: effect of season and quality of diet on the LH and testosterone response of bucks to oestrous does. *Journal of Reproduction and Fertility.*, 100, 521-531.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., and Martin, G.B. (1994 b). Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Journal of Reproduction and Fertility.*, 102 (2), 351–360.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B., and Blackberry, M.A. (1997). Seasonality in male Australian cashmere goats: long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research.*, 26, 239-252.