

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



En los machos cabríos mantenidos en condiciones extensivas los días largos artificiales estimulan el comportamiento sexual y un incremento en la circunferencia escrotal independientemente de una baja condición corporal.

Por:

**RICARDO GARCIA RANGEL**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Septiembre 2018

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

En los machos cabríos mantenidos en condiciones extensivas los días largos artificiales estimulan el comportamiento sexual y un incremento en la circunferencia escrotal independientemente de una baja condición corporal.

Por:


**RICARDO GARCIA RANGEL**


TESIS

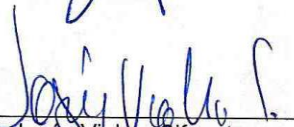
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:


**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**


Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Alfredo Flores Cabrera  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Horacio Hernández Hernández  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jesús Vielma Sifuentes  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gerardo Duarte Moreno  
Vocal suplente

  
\_\_\_\_\_  
MVZ. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍN  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México  
Septiembre 2018

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

En los machos cabríos mantenidos en condiciones extensivas los días largos artificiales estimulan el comportamiento sexual y un incremento en la circunferencia escrotal independientemente de una baja condición corporal.

Por:

**RICARDO GARCIA RANGEL**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. José Alfredo Flores Cabrera  
Asesor Principal

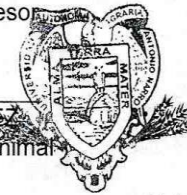
Dr. Horacio Hernández Hernández  
Coasesor

Dr. Jesús Vielma Sifuentes  
Coasesor

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

Torreón, Coahuila, México  
Septiembre 2018

Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal



## AGRADECIMIENTOS

**A Dios** primeramente, por cuidarme y permitirme haber concluido satisfactoriamente mi carrera.

**Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera**, tutor asignado, maestro asesor y amigo, por permitirme trabajar con él en este proyecto y que a través de su excelente asesoría y conocimientos, haber contribuido en mi preparación profesional.

Al grupo de investigadores que constituyen el centro de investigación en reproducción caprina (CIRCA), **Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, Dr. Horacio Hernández Hernández, Dr. Gerardo Duarte Moreno, Dr. Jesús Vielma Sifuentes, el Dr. Gonzalo Fitz, y la Dra. Ilda Graciela Fernández García**, por darme la oportunidad de trabajar en este centro de investigación en algunos proyectos en el pasado y en el presente proyecto, generando siempre un excelente ambiente de trabajo.

**A los Srs. Jesús Esparza y Jesús García** por facilitar las instalaciones y machos cabríos para el estudio.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por la preparación que me brindo durante toda mi carrera, a sus directivos por facilitarme mi estancia aquí y a sus maestros que a través de sus enseñanzas transmitieron infinidad de conocimientos.

**A mis amigos y compañeros de clases** por que juntos compartimos hermosas experiencias durante 5 años de nuestra carrera.

## DEDICATORIA

**A mis padres,** Gregorio García Zúñiga y Hogla Rangel Ponce, por sus oraciones y por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, y que con su amor y consejos sirvieron de motivación para yo seguir adelante en los momentos difíciles.

**A mis hermanos,** que con gran estima me dieron la mano cuando así lo requería, para aconsejar o ayudar económicamente en mi preparación.

**Al amigo** M.V.Z. Saúl García Carbajal por la ayuda brindada y por ser ejemplo de superación para mí.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento sexual y la circunferencia escrotal de los machos cabríos sometidos a 2 meses de días largos artificiales en condiciones de manejo extensivo. Se utilizaron 22 machos cabríos Criollos adultos divididos en dos grupos homogéneos de acuerdo a su condición corporal y circunferencia escrotal. Un grupo de machos (Extensivo  $n=12$ ) se mantuvo en condiciones extensivas y únicamente se alimentó con la vegetación disponible en las áreas de pastoreo. Los machos salían a pastorear diariamente de 09:00 a 17:00 hrs y cuando regresaban eran separados en otro corral (5x5 m) donde recibían el tratamiento fotoperiodico. El otro grupo de machos (Intensivo;  $n=10$ ) permaneció en confinamiento y fue alimentado con heno de alfalfa *ad libitum* y 200 gr de concentrado comercial por día/animal. Ambos grupos fueron sometidos a días largos artificiales (16 h de luz/día) del 15 de noviembre al 15 de enero. A partir del 16 de enero los machos fueron expuestos al fotoperiodo natural. La condición corporal y la circunferencia escrotal se determinaron cada 15 días, del 15 de noviembre al 30 de marzo. El comportamiento sexual fue evaluado durante una hora en el mes de marzo, al poner cada macho individualmente en contacto con 7-8 hembras anovulatorias. La condición corporal de los machos, desde el inicio del estudio y hasta el 30 de diciembre, tanto en el grupo Intensivo como en el grupo extensivo fue similar ( $P>0.05$ ). Sin embargo, a partir del 15 de enero, en los machos foto-estimulados en condiciones intensivas se registró un incremento sostenido y esa diferencia se mantuvo hasta el final del estudio ( $P<0.05$ ). El ANOVA no indicó la existencia de un efecto del grupo sobre la evolución de la circunferencia escrotal durante el estudio ( $P>0.05$ ). El ANOVA indicó un efecto del tiempo ( $P<0.001$ ), así como una interacción grupo-tiempo ( $P<0.001$ ). En ambos grupos la circunferencia escrotal de los machos cabríos disminuyó ligeramente en los meses de noviembre y diciembre, para posteriormente aumentar progresivamente hasta el final del estudio. No se registraron diferencias en los promedios quincenales entre los dos grupos. En el comportamiento sexual, el número de olfateos, aproximaciones y flemen fue mayor en el grupo intensivo que en el grupo de macho mantenidos en condiciones extensivas ( $P<0.05$ ). En las demás conductas no se registraron

diferencias entre ambos grupos ( $P>0.05$ ). Se concluye que en los machos cabríos mantenidos en condiciones extensivas los días largos artificiales estimulan el comportamiento sexual y un incremento en la circunferencia escrotal, independientemente de una baja condición corporal.

**Palabras clave:** Machos cabríos, Días largos, Sistema extensivo, Condición corporal, Comportamiento sexual

## INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN.....	VI
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
1. Estacionalidad reproductiva en caprinos.....	3
2. Influencia del fotoperiodo en la actividad reproductiva en los caprinos.....	4
3. Tratamientos fotoperiodicos para inducir la actividad sexual de los machos cabríos.....	5
4. Influencia del sistema de producción en la actividad sexual de los caprinos.....	6
4.1. Sistemas de producción.....	6
4.1.1. Sistema intensivo.....	6
4.1.2. Sistema extensivo.....	6
4.2. Sistema de producción predominante en la Comarca Lagunera.....	7
OBJETIVOS.....	9
HIPOTESIS.....	9
MATERIALES Y METODOS.....	10
1. Ubicación del estudio.....	10
2. Animales experimentales.....	10
3. Variables evaluadas.....	11
3.1. Condición corporal.....	11
3.2. Circunferencia escrotal.....	11
3.3. Comportamiento sexual de los machos cabríos.....	11
4. Análisis estadísticos de los resultados.....	12



RESULTADOS.....	13
1. Condición corporal de los machos cabríos.....	13
2. Circunferencia escrotal de los machos cabríos.....	14
3. Comportamiento sexual de los machos cabríos.....	15
DISCUSIÓN.....	16
CONCLUSIONES.....	18
LITERATURA CITADA.....	19

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura. 1 Evolución de condición corporal de machos cabríos sometidos al tratamiento fotoperiodico de días largos artificiales. Un grupo se mantuvo siempre bajo condiciones intensivas (●) y otro grupo de machos fue mantenido en condiciones extensivas (○).....	13
Figura. 2 Evolución de la circunferencia escrotal de machos cabríos fotoestimulados en condiciones intensivas (●) y de los machos fotoestimulados en condiciones extensivas (○)....	14
Figura. 3 Número total de conductas desplegadas por los machos cabríos que recibieron un tratamiento fotoperiodico de días largos artificiales (16h luz/día) del 15 de noviembre al 15 de enero. Un grupo de machos estuvo durante todo el estudio bajo condiciones de manejo intensivo (barras negras), mientras que los machos del otro grupo se mantuvieron siempre en condiciones extensivas (barras blancas).....	15

## INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla. 1	
Condición corporal y circunferencia escrotal al inicio del estudio (15 de noviembre) de los dos grupos de machos. Un grupo fue foto-estimulado en condiciones intensivas, mientras que el otro grupo fue foto-estimulado en condiciones extensivas.....	12

## INTRODUCCION

En las regiones áridas y semiáridas del norte de México, la mayoría de los caprinos son explotados en condiciones extensivas (Delgadillo *et al.*, 2017). Los animales generalmente pastan por la mañana y tarde consumiendo únicamente la vegetación natural disponible sin recibir alimentos complementarios. Por la noche, los caprinos permanecen en corrales al aire libre cerca de la casa de los caprinocultores. En este sistema de producción extensivo, los machos y las hembras permanecen juntos durante todo el año y las hembras se usan para producir leche y cabritos. En la Comarca Lagunera, una de las mayores productoras de leche y cabrito, la principal limitante en la producción caprina es una marcada estacionalidad reproductiva que manifiestan tanto machos como hembras (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2008). La mayoría (>80 %) de las cabras tienen sus partos entre los meses de diciembre a enero y ello ocasiona que la leche y cabritos se concentren en esa época del año (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). El hecho de que los productos caprinos se concentren en esa época del año provoca que el precio de los mismos disminuya considerablemente. Además, existe una alta mortalidad de las crías al nacer en invierno. Esta problemática puede disminuir si los partos de las hembras ocurren fuera de la estación natural. Para que ello ocurra es necesario que los empadres se realicen fuera de la época natural de reproducción. Diversos métodos se han desarrollado para el control de la reproducción caprina. Sin embargo, la mayoría de ellos involucran el uso de hormonas exógenas, lo que conlleva un alto costo y la asistencia técnica. En ambos casos inaccesibles para la mayoría de los productores de cabras. Otros métodos se basan en la manipulación del número de horas luz que los animales perciben diariamente. Por ejemplo, se puede inducir la actividad sexual de los machos durante el periodo de reposo sexual al exponerlos en el otoño e invierno (días cortos naturales) a 16 horas luz por día (días largos artificiales durante dos meses y medio; Delgadillo *et al.*, 2002; 2009). Los machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a este tratamiento fotoperiódico, mejoran la calidad de sus señales (olor y comportamiento sexual)

como consecuencia del incremento de la secreción de testosterona (Perkins y Fitzgerald, 1994; Flores *et al.*, 2000; Fabre-Nys, 2000; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). De igual manera, la cantidad y calidad del semen se incrementa notablemente, similar a lo observado durante la época de actividad sexual natural (Delgadillo *et al.*, 2001; 2002). Durante muchos años se ha demostrado la efectividad de este tratamiento para inducir fuera de la época natural la actividad sexual de los machos cabríos. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre la inducción de la actividad sexual con días largos han sido realizados en animales estabulados bien alimentados y no se conoce la respuesta de los machos en condiciones extensivas. Por ello, el objetivo de esta tesis fue determinar si el sistema de explotación extensivo influye en la respuesta sexual (circunferencia escrotal y en la expresión del comportamiento sexual) de los machos cabríos cuando son tratados con días largos artificiales.

## REVISION DE LITERATURA

### 1. Estacionalidad reproductiva en caprinos

Dado que los pequeños rumiantes se encuentran distribuidos en diferentes zonas geográficas, estos han tenido que desarrollar diferentes estrategias para adaptarse a las variaciones del medio ambiente, por ejemplo, cambio en el hábito alimenticio, mayor reserva corporal con el depósito de grasa en los tejidos, cambio de pelaje, migración, etc. De igual manera, estos animales han desarrollado diferentes estrategias reproductivas para lograr una máxima sobrevivencia de sus crías. Estas estrategias les han permitido el cese de la actividad reproductiva durante un periodo del año para procurar que los partos ocurran en épocas del año que sean favorables para los neonatos en cuanto a la disponibilidad de alimento y clima. Además, la madre se encontrará también con mayores posibilidades de estar bien alimentada para hacer frente a la lactación y así lograr una tasa máxima de sobrevivencia de las crías (Lincoln y Short, 1980).

En el caso de las cabras que son explotadas en la Comarca Lagunera, la época reproductiva en las hembras locales se desarrolla durante el otoño y el invierno (septiembre-marzo; Duarte *et al.*, 2008) y se caracteriza por la presentación regular de estros y ovulaciones cada 21 días en promedio (Chemineau *et al.*, 1992). Por otro lado, el periodo de anestro ocurre entre marzo y agosto (Duarte *et al.*, 2008). En los machos cabríos la actividad sexual ocurre de mayo a diciembre y es caracterizada por altas concentraciones plasmáticas de testosterona, un intenso comportamiento y olor sexual, un elevado peso testicular y una elevada producción espermática. En cambio, en el periodo de reposo el cual ocurre de enero a abril, estas mismas variables disminuyen marcadamente (Delgadillo *et al.*, 1999).

En estas razas caprinas que son explotadas en el norte de México, la estacionalidad reproductiva es controlada por el fotoperiodo (Malpaux *et al.*, 1997; Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010).

## 2. Influencia del fotoperiodo en la actividad reproductiva de los caprinos

En las razas caprinas originarias de las zonas templadas, así como en algunas adaptadas a las zonas subtropicales, la actividad sexual se presenta durante los días decrecientes, estas razas han sido denominadas de días cortos. En efecto, en condiciones naturales, la estación sexual inicia durante los días decrecientes del otoño y termina durante los días crecientes del invierno (Delgadillo, 2005). En los machos locales de la Comarca Lagunera, alternancias entre días cortos (10 horas de luz/día) y días largos (14 horas de luz/día) cada tres meses, modifican la estacionalidad de la secreción de testosterona (Delgadillo *et al.*, 2004). Los niveles plasmáticos de testosterona se incrementan durante los días cortos y disminuyen durante los días largos. Asimismo, en las hembras, los días cortos estimulan la actividad ovulatoria y los días largos la inhiben (Duarte *et al.*, 2010).

El fotoperiodo controla la secreción de melatonina, hormona responsable de la sincronización del ritmo anual de reproducción. El estímulo luminoso recibido en la retina, es transmitido hasta la glándula pineal, la cual secreta niveles altos melatonina durante los periodos de oscuridad. Una larga duración en la secreción de melatonina es percibida entonces como un día corto, mientras que una corta duración de secreción es percibida con un día largo (Malpoux *et al.*, 1997). Los sitios y modo de acción de la melatonina no son conocidos totalmente, pero el efecto final del patrón de secreción de melatonina durante un día corto, es modular la secreción del GnRH que a su vez controla la secreción de la LH y la FSH. En los pequeños rumiantes, como los ovinos y caprinos, la melatonina y la manipulación del fotoperiodo se utilizan para el control de la actividad sexual de las razas en las que la estacionalidad reproductiva es controlada por el fotoperiodo (Delgadillo *et al.*, 2008).

### **3. Tratamientos fotoperiodicos para inducir la actividad sexual de los machos cabríos**

Como se describió anteriormente, en las razas ovinas y caprinas originarias de las zonas templadas y de zonas subtropicales, la estacionalidad reproductiva es controlada por las variaciones del fotoperiodo durante el año (Malpaux *et al.*, 1997; Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). Cuando los machos son sometidos a cambios rápidos de la duración del día, los días largos inhiben la actividad sexual, mientras que los días cortos la estimulan (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). Sin embargo, no existe un tratamiento fotoperiodico que asegure efectos de manera permanente, es decir, que estos animales manifiesten actividad sexual durante todo el año. Por ejemplo, en los machos ovinos de las razas Merino y Suffolk mantenidos durante dos años continuos bajo un fotoperiodo de equinoccio (12 hrs de luz/día), la circunferencia testicular presentó variaciones similares a las observadas en los animales testigos sujetos al fotoperiodo natural (Martin *et al.*, 1999). Bajo este principio, se ha concluido que es necesaria la alternancia de días largos y días cortos para manipular la actividad sexual de los animales si se utilizan tratamientos fotoperiodicos, (Chemineau *et al.*, 1992). En los machos cabríos de las razas Alpina y Saanen, la exposición a dos meses de días largos a partir de diciembre o enero seguidos de la aplicación de melatonina, inducen una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo (Chemineau *et al.*, 1999). Estudios posteriores realizados con machos cabríos de la Comarca Lagunera, demostraron que 2.5 meses de días largos (16 hrs de luz/día) a partir del 1 de noviembre, seguidos de la aplicación subcutánea de dos implantes de melatonina (18 mg c/u), permite inducir una intensa actividad sexual durante el periodo natural de reposo. En los machos tratados de esta manera, los niveles plasmáticos de testosterona, así como el comportamiento sexual son siempre superiores a los registrados en los machos que no son tratados (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2014). El tratamiento descrito anteriormente puede simplificarse y eliminar la aplicación de melatonina exógena (Delgadillo *et al.*, 2002). Se ha demostrado que la sola aplicación de 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre al 15 de enero, seguido de días cortos naturales estimula la secreción de testosterona, la libido y el



comportamiento sexual de manera similar a lo que ocurre en los machos tratados con días largos y melatonina (Delgadillo *et al.*, 2002).

#### **4. Influencia del sistema de producción en la actividad sexual de los caprinos**

##### **4.1. Sistemas de producción**

###### **4.1.1. Sistema intensivo**

El sistema de producción intensivo puede ser de dos tipos: el sistema intensivo de tipo pastoril y el intensivo de manejo estabulado sin pastoreo. En el sistema intensivo de tipo pastoril se asocia con praderas artificiales, lo que requiere de habilidad y conocimiento del productor respecto a rotación de potreros y carga animal de acuerdo con el rendimiento de la pastura (García *et al.*, 1991).

Los sistemas intensivos estabulados son aquellos donde los animales se encuentran confinados la mayor parte del tiempo y dado su alto costo de producción son sistemas especializados, ya sea en la producción de leche de cabra o de engorda de corderos para la producción de carne (Salinas y Martínez, 1988). Estos sistemas se localizan en regiones como la Comarca Lagunera, Guanajuato y Querétaro (FIRA, 1999).

###### **4.1.2. Sistema extensivo**

Los sistemas extensivos son aquellos sistemas donde los pequeños rumiantes obtienen su alimento de áreas de agostadero de gran extensión y para realizarlo recorren diariamente grandes distancias. Cuando la condición ecológica es benigna y existe diversidad en la composición botánica, se logra un buen balance de la dieta. Sin embargo, en regiones áridas y semiáridas de Norte de México existe mucha variabilidad en cuanto a la composición del agostadero y en las diferentes épocas del año (Echavarría *et al.*, 2006).

## 4.2. Sistema de producción predominante en la Comarca Lagunera

En el norte de México, como en otras regiones áridas y semiáridas del mundo, la mayoría de los machos y hembras caprinos son explotados en condiciones extensivas (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Los animales generalmente pastan de 10:00 a 18:00 hrs y consumen únicamente la vegetación natural disponible sin que se les proporciona algún alimento extra o suplementación. Por la noche, los animales permanecen en corrales al aire libre cerca de la casa de los caprinocultores. En este sistema de producción extensivo, los machos y las hembras permanecen juntos durante todo el año; las hembras se usan para producir leche y carne. Las crías son amamantadas por sus madres y son destetados y vendidos aproximadamente a las cuatro semanas de edad. Debido a que las hembras y los machos permanecen juntos en el rebaño, no hay control de la reproducción. En este sistema de producción, la mayoría de las fecundaciones ocurren durante el verano (junio-septiembre), lo que lleva al nacimiento de las crías en otoño e invierno (noviembre-febrero; Delgadillo *et al.*, 2017).

En este sistema de producción, la temporada de partos no es la mejor para la producción de leche y carne, así como para la supervivencia de los crías. Esto se debe al menos a tres razones: (a) los partos coinciden con el inicio de la época de sequía, lo que conlleva una reducción dramática de la disponibilidad de alimentos para las madres, lo anterior provoca una baja producción de leche tanto para las crías como para las industrias lácteas; (b) existe una amplia variación diaria de las temperaturas ambientales (5<sup>o</sup>-30<sup>o</sup> C), lo que aumenta la mortalidad de las crías hasta en un 50% principalmente por problemas respiratorios (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991); y, (c) existe una reducción drástica del precio de los cabritos a partir de diciembre debido al aumento de la alta disponibilidad de los mismos.

Como se mencionó en capítulos anteriores, dos meses y medio de días largos artificiales (16 horas luz), estimulan la actividad sexual de los machos durante la época natural de reposo (marzo-abril; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). Debido a este tratamiento artificial, los machos aumentan (durante la época de

reposo sexual natural) el peso testicular, la cantidad y calidad del semen y un fuerte olor sexual. Estos eventos son acompañados de un intenso comportamiento sexual (aproximaciones, vocalizaciones, o intentos de montas y montas). La mayoría de los caprinos del norte de México son explotados en un sistema de producción extensivo. En este sistema, los animales salen al campo alrededor de 8 horas por día para alimentarse principalmente de la vegetación nativa de los agostaderos. En estos sistemas de producción, la cantidad y calidad de los pastos disminuye drásticamente entre noviembre y mayo debido a la falta de lluvia (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). La reducción de la disponibilidad de alimento en estos meses provoca una subalimentación de los animales, principalmente entre noviembre y mayo. Esa época coincide con los meses en los cuales se aplica el tratamiento fotoperiódico de los machos y esto podría afectar su respuesta sexual a dicho tratamiento. Por ello, el objetivo de este estudio es determinar la respuesta sexual de los machos tratados con días largos en condiciones extensivas y compararla con la respuesta de los machos estabulados y bien alimentados en condiciones intensivas.

## **OBJETIVOS**

Determinar si el sistema de explotación extensivo afecta negativamente la respuesta sexual (comportamiento sexual y circunferencia escrotal) de los machos cabríos foto-estimulados con días largos artificiales.

## **HIPÓTESIS**

El sistema de explotación extensivo afecta negativamente la respuesta sexual (comportamiento sexual y circunferencia escrotal) de los machos cabríos foto-estimulados con días largos en condiciones extensivas.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **1. Ubicación del estudio**

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U.L, en el municipio de Torreón, Coahuila y en dos rebaños privados. Uno ubicado en el Ejido Santo Tomás y otro el Ejido San Miguel, ambos ubicados en el municipio de Matamoros, Coahuila. Ambos municipios se localizan en la Comarca Lagunera, con una latitud de 26° Norte y a una altitud que varía de 1100 a 1400 msnm. Las variaciones del fotoperiodo en la región son de 13:41 horas luz durante el solsticio de verano y 10:19 horas luz durante el solsticio de invierno.

### **2. Animales utilizados en el estudio**

Se utilizaron 22 machos cabríos Criollos adultos, los cuales se dividieron en 2 grupos homogéneos en cuanto a su condición corporal y circunferencia escrotal (Tabla 1). El primer grupo de machos (n=10) fue alojado en instalaciones de tipo intensivo y fue sometido a un tratamiento de días largos artificiales (16 hrs. luz/día) del 15 de noviembre de 2017 al 15 de enero de 2018. Durante todo el estudio, los machos se alimentaron con heno de alfalfa a libre acceso y 200 gramos de concentrado comercial (14 % de P.C.), con agua y sales minerales a libre acceso.

Un segundo grupo de machos (n=12) se mantuvo en condiciones de tipo extensivo. Los machos salían diariamente a pastorear junto con el resto del rebaño (hembras y crías) de 9:30 a 17:00 hrs. Al regresar del pastoreo los machos eran separados del rebaño y alojados en un corral contiguo en donde recibieron el tratamiento fotoperiodico de días largos.

En los dos grupos el tratamiento consistió en proporcionar 16 horas luz por día del 15 de noviembre de 2017 al 15 de enero de 2018. Para garantizar que los machos recibieran esta cantidad de horas luz al día, se combinó la luz natural y la luz artificial utilizando un timer en cada uno de los corrales en donde se alojaron a los machos de ambos grupos, estos timers fueron programados para controlar el encendido y

apagado de los focos. En los dos grupos de machos, el encendido de los focos por las mañanas se programó a las 5:00 AM y el apagado a las 8:00 AM, cuando ya existía luz natural suficiente. También durante las tardes se programó el encendido de los focos a las 5:30 PM (antes del anochecer) y el apagado a las 9:00 PM. A partir del 15 de enero, los machos de ambos grupos percibieron únicamente las variaciones naturales del fotoperiodo (Delgadillo *et al.*, 2002).

### **3. Variables evaluadas en los machos cabríos**

#### **3.1. Condición corporal**

Esta variable fue determinada cada dos semanas del 15 de noviembre al 30 de marzo. Para determinar la condición corporal se utilizó la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.* (1994), la cual consiste en determinar por palpación la cantidad de tejido graso y muscular de la región lumbar del animal. Se utiliza una escala de valores que van del 1 al 4 con una precisión de 0.5.

#### **3.2. Circunferencia escrotal**

Esta variable se determinó cada dos semanas del 15 de noviembre de 2017 al 30 de marzo de 2018. En ambos grupos de machos se determinó la circunferencia escrotal utilizando una cinta métrica flexible graduada en milímetros. La medición se realizó alrededor de la parte más ancha de ambos testículos.

#### **3.3. Comportamiento sexual de los machos cabríos**

En el mes de marzo, los machos cabríos de ambos grupos fueron puestos individualmente en contacto con 8-9 hembras anéstricas y durante 1 hora (8:00-9:00 AM) y se registraron el número de aproximaciones a las hembras, olfateos anogenitales, intentos de monta, monta con penetración, monta sin penetración, marcaje con orina y flemen.

Tabla 1.- Condición corporal y circunferencia escrotal al inicio del estudio (15 de noviembre) de los dos grupos de machos. Un grupo fue foto-estimulado en condiciones intensivas, mientras que el otro grupo fue foto-estimulado en condiciones extensivas.

<b>Grupo</b>	<b>n</b>	<b>Condición corporal (Escala: 1-4)</b>	<b>Circunferencia escrotal (cm)</b>
<b>Intensivo</b>	10	1.85 <sup>a</sup> ± 0.20	28 <sup>a</sup> ± 0.7
<b>Extensivo</b>	12	1.75 <sup>a</sup> ± 0.10	28 <sup>a</sup> ± 0.7

#### **4. Análisis estadísticos de los de resultados**

La condición corporal de los machos de ambos grupos se compararon utilizando un prueba U de ManWhithney. La circunferencia escrotal se comparó utilizando un Análisis de Varianza (ANOVA) a dos factores (tiempo y grupo). Posteriormente, los promedios quincenales se compararon mediante una *t* de Student. El comportamiento sexual de los machos se comparó mediante una prueba exacta de probabilidades de Fisher. En todos los casos se utilizó el programa estadístico SYSTAT 5.0.

## RESULTADOS

### 1. Condición corporal de los machos cabríos

En la Figura 1, se muestra la condición corporal durante todo el estudio de los machos cabríos foto-estimulados con días largos artificiales en condiciones intensivas y en condiciones extensivas. Del inicio del estudio y hasta el 30 de diciembre, la condición corporal de los machos del grupo intensivo y del grupo extensivo fue similar ( $P>0.05$ ). Sin embargo, a partir del 15 de enero, la evolución de la condición corporal en el grupo intensivo fue diferente a la registrada en los machos del grupo extensivo. Esa diferencia entre los dos grupos de machos se mantuvo hasta el final del estudio ( $P<0.05$ ).

#### Condición Corporal

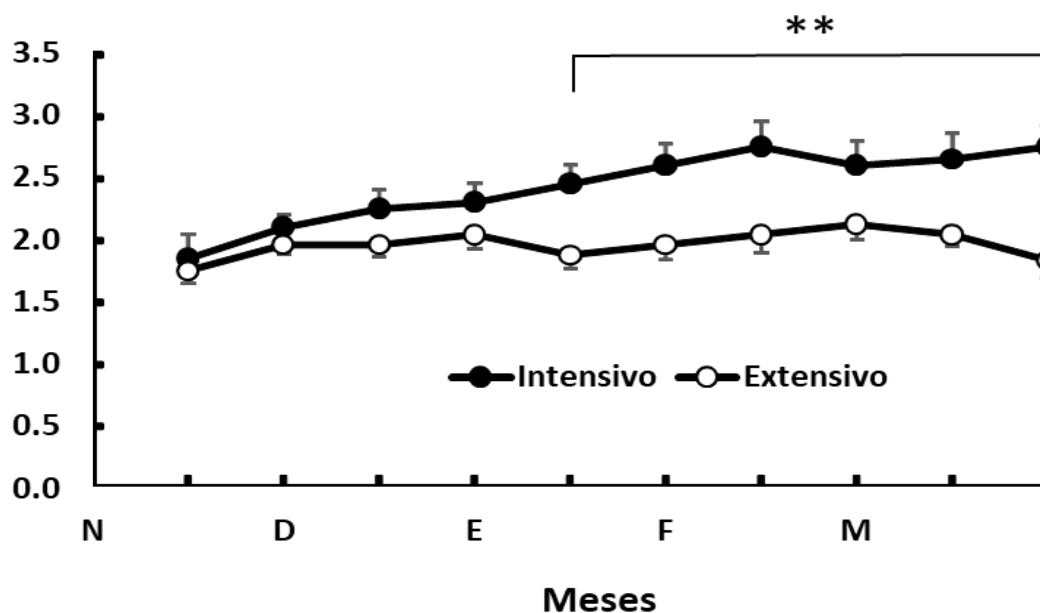


Figura. 1. Condición corporal de los machos cabríos foto-estimulados en condiciones intensivas (●) y de los machos foto-estimulados en condiciones extensivas (○). \*\* Indica diferencia estadística significativa ( $P<0.01$ ).



## 2. Circunferencia escrotal de los machos cabríos

El ANOVA no indicó la existencia de un efecto del grupo sobre la evolución de la circunferencia escrotal durante el estudio ( $P>0.05$ ). Por otro lado, el ANOVA reveló un efecto del tiempo ( $P<0.001$ ), así como una interacción grupo-tiempo ( $P<0.001$ ). En ambos grupos la circunferencia escrotal de los machos cabríos disminuyó ligeramente en los meses de noviembre y diciembre, para posteriormente aumentar progresivamente hasta el final del estudio. No se registraron diferencias en los promedio quincenales entre los dos grupo ( $P>0.05$ ). En la Figura 2, se muestra la evolución de la circunferencia escrotal del grupo de machos mantenidos en condiciones intensivas y del grupo de machos mantenidos en condiciones extensivas.

### Circunferencia Escrotal (cm)

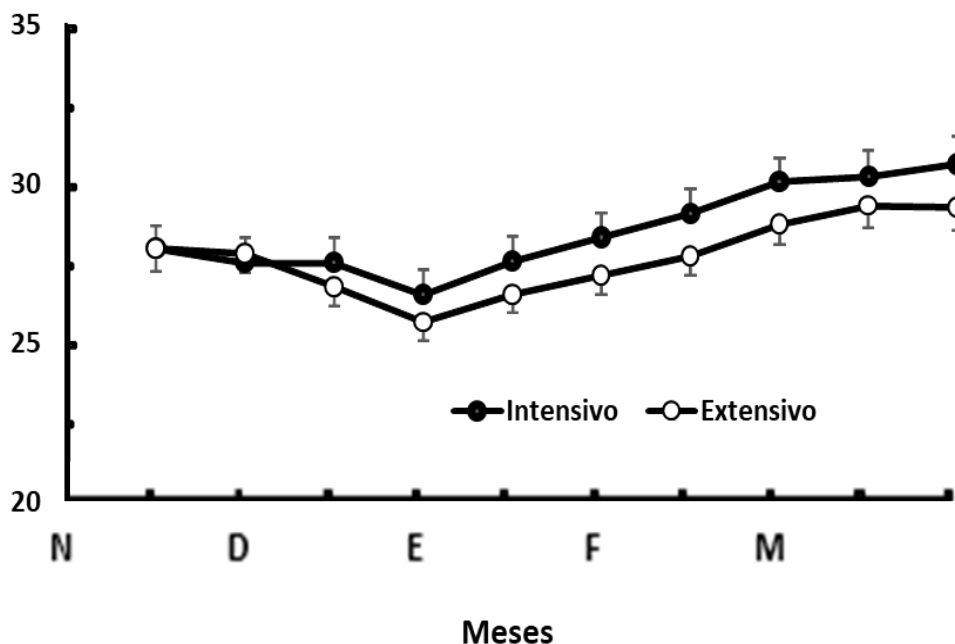


Figura 2.- Evolución de la circunferencia escrotal de machos cabríos fotoestimulados en condiciones intensivas (●) y de los machos fotoestimulados en condiciones extensivas (○).

### 3. Comportamiento sexual de los machos cabríos

En la Figura 3 se muestra el número total de conductas sexuales emitidas por los machos fotoestimulados de ambos grupos al ser expuestos durante 1 hora diaria (8:00-9:00 AM) a 8-9 hembras anovulatorias en el mes de marzo. Durante el tiempo de contacto con las hembras, se observó que en los machos en condiciones intensivas el número de aproximaciones, olfateos, intentos de monta y flemen fue mayor que en el grupo de machos mantenidos en extensivo ( $P < 0.05$ ). Por otro lado, en cuanto a las montas con penetración, montas sin penetración y automarraje con orina, no se observó diferencia estadística significativa entre ambos grupos ( $P > 0.05$ ).

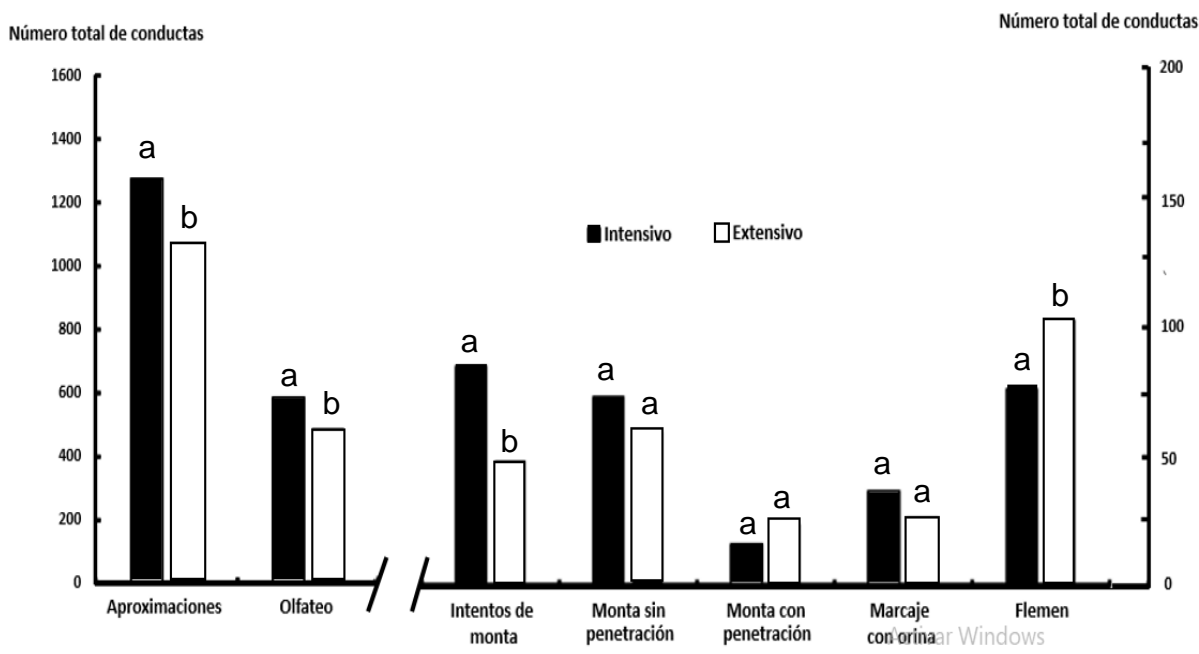


Figura 3. Número total de conductas desplegadas por los machos cabríos que recibieron un tratamiento fotoperiodico de días largos artificiales (16h luz/día) del 15 de noviembre al 15 de enero. Un grupo de machos estuvo durante todo el estudio bajo condiciones de manejo intensivo (barras negras), mientras que los machos del otro grupo se mantuvieron siempre en condiciones extensivas (barras blancas).

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que los machos cabríos foto-estimulados en condiciones extensivas responden al tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales, estimulando su actividad sexual durante el periodo de reposo sexual. Sin embargo, algunas conductas sexuales fueron menores que los machos foto-estimulados en condiciones intensivas.

La respuesta encontrada en los machos tratados en condiciones extensivas coinciden con la mayoría los estudios realizados anteriormente en la Comarca Lagunera donde se utiliza el tratamiento de días largos artificiales seguidos o no de aplicación de melatonina, para inducir la actividad sexual de los machos cabríos durante el periodo de reposo sexual natural (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Luna-Orozco *et al.*, 2008; Ponce *et al.*, 2014). En todos los estudios, los machos tratados con días largos artificiales responden al tratamiento fotoperiódico y muestran un incremento en las concentraciones de testosterona, peso testicular, intensidad del olor y conductas sexuales durante el periodo de reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2014).

Los machos mantenidos en condiciones extensivas y tratados con días largos artificiales mantuvieron una baja condición corporal durante todo el estudio (noviembre a marzo). Estos resultados eran de esperarse, ya que probablemente la cantidad de alimento que consumían en el campo alcanzaba únicamente para los requerimientos de mantenimiento de dichos machos. Por el contrario, a los machos mantenidos en condiciones intensivas se les proporcionó alfalfa, además de 200 gr. de concentrado comercial por día y por animal. Al respecto, existen estudios que demuestran que los machos subalimentados, que no cubren sus requerimientos nutricionales ni en cantidad ni en calidad, el peso corporal se ve disminuido y esto se refleja también en su condición corporal, ya que cuando los requerimientos nutricionales básicos no logran ser cubiertos, comienzan a utilizar sus reservas

corporales, con la consecuente pérdida de peso y bajas en la condición corporal y esto se ve reflejado en un bajo rendimiento productivo y reproductivo (Birkelo *et al.*, 1991; Ramírez-Pérez *et al.*, 2000; Gómez-Pasten *et al.*, 2000,). Sin embargo, en nuestro estudio, a pesar de la baja condición corporal en la cual fueron experimentalmente sometidos, estos machos exhibieron un incremento en su actividad sexual en respuesta al tratamiento fotoperiodico al cual fueron sometidos. Este incremento en la actividad sexual se vio reflejado en un incremento en la circunferencia escrotal y la manifestación de conductas sexuales en el mes de marzo. Esto concuerda con lo reportado por Cruz-Castrejón *et al.* (2007), quien menciona que aún con bajas reservas corporales de energía, los machos cabríos exhiben plena actividad sexual.

Finalmente, los resultados del presente estudio demuestran que los machos tratados en condiciones extensivas aun cuando se encuentran en una condición corporal baja, tienen la capacidad responder al tratamiento fotoperiódico. Lo anterior demuestra que el fotoperiodo es un factor muy importante en la regulación de la actividad sexual de estas especies estacionales y es probable que en estos machos, tenga una influencia mayor que la alimentación sobre la actividad sexual, así como se propuso para las razas originarias de las zonas templadas (Malpoux *et al.*, 1997). Además, sería importante determinar si estos machos foto-estimulados en condiciones extensivas son capaces de inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho.

## **CONCLUSIONES**

Se concluye que en los machos cabríos mantenidos en condiciones extensivas los días largos artificiales estimulan el comportamiento sexual y un incremento en la circunferencia escrotal, independientemente de una baja condición corporal.

## LITERATURA CITADA

Birkelo, C., Johnson, D., Phetteplace, H. 1991. Maintenance requirements of beef cattle as affected by season on different planes of nutrition. *J. Anim. Sci.* 69: 1214-1222.

Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J. A., Guerin, Y., Revault, J. P., Thimonier, J., Pelletier, J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 30: 157-184.

Chemineau, P., Baril, G., Leboeuf, B., Maurel, M. C., Roy, F., Pellicer-Rubio, M., Malpoux, B., Cognie, Y. 1999. Implications of recent advances in reproductive physiology for reproductive management of goats. *J. Reprod. Fertil.* 54: 129-142.

Cruz-Castrejón, U., Véliz, F. G., Rivas-Muñoz, R., Flores, J. A., Hernández, H., Duarte, G. 2007. Response of sexual activity in male goats under grazing conditions to food supplementation and artificial long day treatment. *Tec. Pecu. Méx.* 45: 93-100.

Delgadillo, J. A., 2005. Inseminación artificial en caprinos. México. Ed. Trillas. pp. 36.

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

Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Véliz, F. G., Hernández, H. F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity of lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci.* 80: 2780-2786.

Delgadillo, J. A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P. A., Martin, G. B. 2009. The male effect in sheep and goats-Revisiting the dogmas. *Behav. Brain. Res.* 200: 304-314.

Delgadillo, J. A., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F. G., Carrillo, E., Flores, J. A., Vielma, J., Hernández, H., Malpaux, B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:471-478.

Delgadillo, J. A., Cheminau, P., Keller, M. 2017. Using socio-sexual stimulations for sustainable goat production under subtropical latitudes In: Sustainable goat production in adverse environments: Volume I. Simoes, J. and Gutierrez, C. (Eds). 1<sup>st</sup>. Edition. Ed. Springer. pp. 130-143.

Delgadillo, J. A., Vielma, J., Flores, J. A., Véliz, F. G., Duarte, G., Hernández, H. 2008. The stimulus quality provided by the buck determines the response of the female goats submitted to the male effect. *Trop. Sub. Trop. Agroecosyst.* 9: 39 – 45.

Delgadillo, J. A., Carrillo, E., Morán, J., Duarte, G., Chemineau, P., Malpaux, B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *J. Anim. Sci.* 79: 2245–2252.

Duarte, G., Flores, J. A., Malpaux, B., Delgadillo, J. A. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Dom. Anim. Endocrinol.* 35: 362–370.

Duarte, G., Nava-Hernández, M. P., Malpaux, B., Delgadillo, J. A. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the tropics is responsive to photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.* 3977: 1–6.

Echavarría C., Gutiérrez L., Ledezma, R., Bañuelos V., Aguilera, S., Serna P. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: I Vegetación nativa. *Tec. Pecu. Mex.* 44: 203-217.

Fabre-Nys, C., 2000. Le comportement sexuel des caprins: controle hormonal et facteurs sociaux. INRA Prod. Anim. 13:11-23.

FIRA. 1999. Oportunidades de desarrollo de la industria de la leche y carne de cabra en México. Núm. 213. Volumen XXXII. Noviembre de 1999. (BOLETÍN INFORMATIVO).

Flores, J. A., Véliz, F. G., Pérez-Villanueva, J. A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J. A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. Biol. Reprod. 62: 1409-1414.

García, D., Sánchez, B., S. Hernández, J. 1991. Determinación de la carga animal de corderos en praderas irrigadas de ballico perenne (*Lolium perenne* L). Folleto de Investigación N° 72. SARH. INIFAP. CIFAP. Michoacán. 32 p.

Gómez-Pastén, M., Mora-Izaguirre, O., Vera-Avila, H., Meléndez-Soto, R. M., Shimada, A. 2000. Fatty acid profiles in the adipose tissue of underfed goats. Am. Soc. Anim. Sci. 51: 552-555.

Lincoln, G. A., Short, R. V. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. Recent. Prog. Horm. Res. 36: 1-52.

Luna-Orozco, J. R., Fernández, I. G., Gelez, H., Delgadillo J. A. 2008. Parity of female goats does not influence their estrous and ovulatory responses to the male effect. Anim. Reprod. Sci.106: 352-360.

Malpaux, B., Viguié, C., Skinner, D. C., Thiéry, J. C., Chemineau, P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe brain. Res. Bull. 4: 431-438.

Martin, G. B., Tjondronegoro, S., Boukhliq, R., Blackberry, M. A., Briegel, J. R., Blache, D. 1999. "Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male



Merino and Suffolk sheep: modification of endogenous rhythms by photoperiod.” *Reprod. Fertil. Dev.* 11: 355-366.

Perkins, A., Fitzgerald, J. A., 1994. The behavioral component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J. Anim. Sci.* 72: 51 - 55.

Ponce, J. L., Velázquez, H., Duarte, G., Bedos, M., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P., 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. *Domest. Anim. Endocrinol.* 48: 119–125.

Ramírez-Pérez, A. H., Buntinx, S. E, Tapia-Rodríguez, C., Rosiles, R. 2000. Effect of breed and age on the voluntary intake and the micromineral status of non-pregnant sheep. *Small Rumin. Res.* 36: 49-55.

Rivas-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J. A. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *J. Anim. Sci.* 85: 1257-1263.

Sáenz-Escárcega, P., Hoyos, F. G. L., Salinas, G. H., Martínez, M., Espinoza, J., Guerrero, A., Contreras, G. E., 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En memorias, Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera, SARH-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México. P: 124-34.

Salinas G., Martínez P. 1988. Dairy goat milk production responses to feeding level. *Indian J. Dairy Sci.* 41: 167-170.