

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**La administración de progesterona en cabras estabuladas previa la exposición de machos cabríos fotoestimulados e inseminadas artificialmente presentan una disminución de los ciclos cortos y una alta fertilidad**

**POR**

**RODRIGO TEQUIHUACTLE SANCHEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**NOVIEMBRE 2019**

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

La administración de progesterona en cabras estabuladas previa a la exposición de machos cabríos fotoestimulados e inseminadas artificialmente presentan una disminución de los ciclos cortos y una alta fertilidad

Por:

**RODRIGO TEQUIHUACTLE SÁNCHEZ**

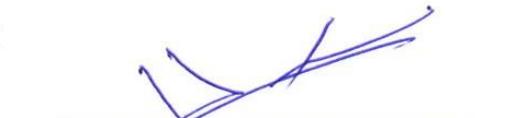
TESIS

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

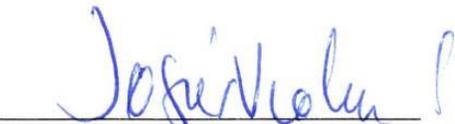
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
Dr. Gerardo Duarte Moreno  
Presidente

  
Dr. Horacio Hernández Hernández  
Vocal

  
Dr. José Alfredo Flores Cabrera  
Vocal

  
Dr. Jesús Vielma Sifuentes  
Vocal Suplente

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



Torreón, Coahuila, México

Noviembre 2019

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

La administración de progesterona en cabras estabuladas previa a la exposición de machos cabríos fotoestimulados e inseminadas artificialmente presentan una disminución de los ciclos cortos y una alta fertilidad

Por:

**RODRIGO TEQUIHUACTLE SÁNCHEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Gerardo Duarte Moreno  
Asesor Principal

  
Dr. Horacio Hernández Hernández  
Coasesor

  
Dr. José Alfredo Flores Cabrera  
Coasesor

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



Torreón, Coahuila, México

Noviembre de 2019



## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres, Adrián Tequihuactle Zepahua y Ramona Sánchez Utrera** por apoyarme incondicionalmente para obtener un logro tan grande como es el convertirme en profesional.

**A mis hermanos Paulino Tequihuactle Sánchez y Elizabeth Tequihuactle Sánchez** por acompañarme durante toda la carrera.

**A la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)** por aceptarme, dejarme formar parte de ella y permitirme formarme como profesional.

**Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA)** por el apoyo para realizar el presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

**A mis padres Adrián Tequihuactle Zepahua y Ramona Sánchez Utrera** por apoyarme durante toda la carrera.

**A mi hermano Paulino Tequihuactle Sánchez**, por alentarme a seguir y superarme profesionalmente.

**A mi hermana Elizabeth Tequihuactle Sánchez**, por el cariño y aconsejarme en todo momento.

**A mi asesor el Dr. Gerardo Duarte Moreno**, por la gran oportunidad que me dio para realizar el presente estudio, por la confianza que deposito en mí.

**A todos los doctores** del Centro de Investigación y Reproducción Caprina (CIRCA) por el gran apoyo que aportaron para lograr con éxito esta investigación.

## RESUMEN

Determinar si la administración de progesterona en cabras mantenidas bajo un sistema de producción estabulado tiene un efecto en la respuesta de la actividad sexual al ser sometidas al efecto macho. Se utilizaron 6 machos cabríos (vasectomizados), sexualmente activos mediante tratamiento fotoperiódico; 84 cabras anéstricas que se les administró vía intramuscular 20 mg de progesterona 48 horas antes de la introducción de los machos. En abril, los machos fueron puestos en contacto con un grupo de hembras estabuladas (GE; n = 42) y un grupo de hembras en pastoreo (GP; n = 42). El GE permaneció en contacto continuo con los machos, mientras que el GP sólo tenía contacto con los machos por la tarde-noche. La actividad estral se detectó dos veces al día (AM-PM). Se determinó la latencia al estro, duración del estro y ciclos estrales cortos. El 90.5% de las cabras de los 2 grupos presentaron estro dentro de los 11 días de bioestimulación. La latencia al estro fue de  $43.0 \pm 6.2$ h en el GE y  $64 \pm 5$ h en el GP. La duración del estro fue de  $27.3 \pm 2.2$ h en el GE y  $28.8 \pm 4$  en el GP. El 31.5 % del GE presentó un segundo estro al igual que el GP con el 44.1%. Se concluye que en las cabras que son tratadas con progesterona previamente al ser sometidas al efecto macho, el sistema de producción modifica el tiempo de respuesta sexual de las cabras.

**Palabras clave:** Progesterona, Cabras Anéstricas, Bioestimulación, Latencia al estro

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1. Producción caprina en México .....	4
2.2. Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva de los caprinos .....	5
2.2.1. El fotoperiodo como regulador de la estacionalidad reproductiva .....	7
2.3. Fisiología del ciclo estral en cabras .....	8
2.4. Método de inducción y sincronización del estro y la ovulación de las hembras caprinas .....	9
2.4.1. Tratamientos hormonales .....	10
2.4.2. Bioestimulación sexual .....	12
2.5. Estrés y su efecto en la reproducción .....	16
<b>3. OBJETIVO</b> .....	18
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	18
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
5.1. Ubicación del estudio .....	19
5.2. Animales experimentales .....	19
5.2.1. Machos .....	19
5.2.2. Hembras .....	20
5.3. Variables evaluadas en las cabras .....	22
5.3.1. Comportamiento estral .....	22
5.3.2. Latencia al estro .....	22
5.3.3. Duración del estro .....	22
5.7. Análisis estadístico .....	23
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	24
6.1. Resultados .....	24
6.1.1. Porcentaje de cabras en estro .....	24
6.1.2. Latencia al estro .....	25

6.1.3. Duración del estro.....	26
6.1.4. Ciclos cortos.....	27
6.2. Discusión.....	28
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>7. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Porcentaje de cabras que manifestaron estro en dos sistemas de explotación en los 11 días de exposición a los machos cabríos foto-estimulados. Grupo estabulado (■) Grupo en pastoreo (□).....	24
<b>Figura 2.</b> Latencia al estro desde la introducción de los machos foto-estimulado y la manifestación del estro en dos sistemas de explotación. Grupo estabulado (■) grupo en pastoreo (□).....	25
<b>Figura 3.</b> Duración de estro en las cabras sometidas al efecto macho en dos sistemas de explotación en los 11 días de exposición a los machos cabríos foto-estimulados. Grupo estabulado (■) Grupo en pastoreo (□). ....	26
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de las cabras de los dos grupos que presentaron un segundo estro entre los días 7 al 11 de exposición a los machos cabríos foto-estimulados en dos sistemas de explotación. Grupo estabulado (■) Grupo en pastoreo (□).....	27

## 1. INTRODUCCIÓN

En la república mexicana existen aproximadamente 9 millones de cabras y es considerado el segundo productor más grande del continente (FAO, 2019). En México existen 494,000 unidades de producción caprina y aproximadamente 1.5 millones de mexicanos tienen como actividad productiva primaria o complementaria la caprinocultura (Aréchiga *et al.*, 2008). La producción caprina se ha convertido en una buena alternativa de producción animal por su capacidad para convertir la materia seca en leche a comparación de otros rumiantes (Amoah, *et al.*, 1996). Para el año 2015, México contaba con 8,725,172 cabezas de ganado caprino, en la Región Lagunera representaba 413, 217 cabezas de ganado caprino lo cual se mantenía en una de las regiones con más población de cabras (SIAP, 2018a).

Algunas razas caprinas presentan una estacionalidad reproductiva como forma de supervivencia y adaptación al medio ambiente, caracterizándose por la presentación de la actividad sexual en un periodo definido (otoño), para que las crías puedan nacer en estaciones en que las probabilidades de sobrevivencia sean mayores (Malpoux, 2001). Este evento se presenta en México y particularmente en la Comarca Lagunera, en las cabras locales sin la presencia constante de macho, la actividad reproductiva inicia en septiembre y termina en febrero (Duarte *et al.*, 2010). En los machos aislados de las hembras, la estación sexual inicia en mayo-junio y termina en diciembre-enero (Delgadillo *et al.*, 1999). Este fenómeno biológico de la estacionalidad reproductiva representa a nivel mundial una limitante en la disponibilidad de los productos caprinos como la leche y el cabrito, ya que lleva a una concentración de estos productos al final del invierno y durante la primavera lo

que provoca importantes variaciones en sus precios (Chemineau *et al.*, 2007). Para evitar el desabasto de productos de origen caprino originado por la estacionalidad de las cabras, se han buscado alternativas que permitan modificar dicha estacionalidad, y por consiguiente tener productos de origen caprino todo el año (Delgadillo *et al.*, 2003).

Para romper esta estacionalidad en la disponibilidad de productos de origen caprino, se han utilizado diferentes métodos tanto hormonales como naturales. Dentro de los tratamientos naturales, existe el “efecto macho”, el cual consiste en introducir machos sexualmente activos en un grupo de cabras anéstricas, para estimular la secreción de la hormona luteinizante (LH), la manifestación del estro y la ovulación (Delgadillo *et al.*, 2002). Pero la respuesta de las hembras al efecto macho se caracteriza por que la mayoría de ellas, presentan un ciclo estral de corta duración. Se han empleado protocolos con la aplicación de progesterona (P4) en conjunto con el efecto macho para eliminar los ciclos estrales cortos. La aplicación previa de esta hormona demostró que reduce los ciclos cortos y conduce a una mejor sincronización de los estros en las hembras caprinas (López-Sebastián *et al.*, 2007). En la inseminación artificial (IA), el éxito de la fertilidad de las cabras depende del momento de la inseminación y la técnica, se requiere de una detección precisa del estro (Baril *et al.*, 1996).

En la Comarca Lagunera se practican varios sistemas de producción. El sistema más utilizado es el pastoreo sedentario o semi-extensivo, donde los animales se sacan a pastorear por las mañanas y regresan por la tarde donde descansan en corrales al aire libre.

### **1.1. Planteamiento del problema**

En las cabras de la Comarca Lagunera expuestas a machos foto-estimulados, la mayoría de ellas presentan actividad estral y ovulatoria en los primeros 3-5 días después de iniciado, sin embargo, la mayoría de las hembras presenta ciclo estral y/u ovulatorio corto y muy poco porcentaje presenta un ciclo estral y ovulatorio de duración normal. En los programas de reproducción caprina, principalmente el uso de la IA, es necesaria la sincronización de estros en las cabras. Una posibilidad para abatir este problema es inseminar a las cabras después de exponerlas a los machos fotoestimulados es utilizar progesterona para disminuir el número de cabras que manifiestan ciclo corto.

El modificar la estacionalidad reproductiva característica de los caprinos de las altitudes subtropicales, conllevará a que el productor obtenga crías fuera del periodo natural de nacimientos y por lo tanto un mejor ingreso por la venta de cabritos.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Producción caprina en México

Existen aproximadamente 9 millones de cabras en la República Mexicana y se considera el segundo rebaño más grande del continente (FAO, 2019). Existen diferentes sistemas de producción caprina, el sistema extensivo que requiere de grandes extensiones de terreno ya que las cabras se alimentan pastoreando a voluntad en forma semi-nómada o sedentaria. La ventaja de este sistema es de abaratar costos en alimentación e instalaciones pero generalmente sus rendimientos productivos son menores (Aréchiga *et al.*, 2008). La cabra Criolla de México se caracteriza por su morfología variada y bajos índices de producción de carne y de leche. En su favor está la gran capacidad de adaptación para sobrevivir en ambientes difíciles. Se distribuye principalmente en las zonas (áridas y semiáridas de México). Aun cuando las condiciones ambientales y de producción son críticas, estos animales han manifestado un potencial para crecer, desarrollarse y reproducirse, fenómenos que son inherentes a procesos de adaptación (Hernández *et al.*, 2005). Los caprinos tienen la capacidad de ingerir y digerir los forrajes ricos en fibra y bajos en nitrógeno, es decir, de bajo valor nutritivo además con lo que tienen la oportunidad de consumir una mayor variedad de especies de forraje, además de tener una mayor tolerancia al sabor amargo así maximizando su capacidad de pastoreo y tienen la capacidad de desplazarse a grandes distancias (Gihad *et al.*, 1980).

El sistema intensivo requiere de instalaciones para una producción estabulada, y de la provisión de forrajes y de concentrados alimenticios de gran valor proteico y

energético. Presentan la desventaja de requerir mayores costos, pero facilitan el manejo de los animales y se obtienen mejores índices en la producción de carne y leche. El otro sistema es el semi-intensivo, representa una combinación de los dos anteriores. Los animales pastorean y ramonean durante el día y en la tarde-noche los animales se resguardan en corrales al aire libre, se les proporciona ocasionalmente un suplemento alimenticio. Requiere la inversión en instalaciones y alimentos concentrados. Generalmente, presenta mejores rendimientos productivos que el sistema extensivo (Aréchiga *et al.*, 2008).

En los caprinos locales del Norte de México, en particular los de la Comarca Lagunera, existe la estacionalidad reproductiva. En los machos el periodo de reposo sexual ocurre en enero a abril, mientras que las hembras, el periodo de anestro sucede de marzo a agosto (Delgadillo *et al.*, 2003). En ambos sexos, esta estacionalidad es provocada por las variaciones de la duración del día. Los días cortos estimulan la actividad sexual y los días largos la inhiben (Delgadillo *et al.*, 2003).

## **2.2. Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva de los caprinos**

La estacionalidad reproductiva en mamíferos es una estrategia que consiste en establecer una programación de los nacimientos de las crías, para que nazcan en temporadas propicias para su supervivencia, que coincida con factores propicios como los ambientales (Bronson, 1998). Lo que da la señal para el inicio y la duración de la estación reproductiva es el fotoperiodo (fp), además de otros factores en los animales como: raza, origen geográfico, lactación, estado nutricional y las interacciones de tipo social. En este mecanismo, la luz es captada en el ojo, a través

de la retina, la señal luminosa se transforma en una señal nerviosa que es conducida de la retina al hipotálamo por medio del tracto retino hipotalámico; en el hipotálamo, el núcleo supraquiasmático capta la señal nerviosa y posteriormente se transfiere al núcleo paraventricular; finalmente al cerebro posterior, especialmente al ganglio cervical superior; el ganglio cervical superior libera noradrenalina, la cual es captada por receptores alfa y beta adrenérgicos en la membrana celular de los pinealocitos, se induce la síntesis de la N-acetil-transferasa, enzima fundamental en la síntesis de melatonina; de esta manera, la hormona se sintetiza en los pinealocitos de la glándula pineal durante las horas de oscuridad a partir del aminoácido triptófano. La menor duración en la secreción de melatonina durante los días largos permite la síntesis de dopamina e induce el anestro estacional en caprinos. Durante los días cortos, la mayor duración en la síntesis y secreción de melatonina inhibe la producción de dopamina, con el subsecuente restablecimiento de la actividad estral y la ovulación (Arrollo, 2011).

El efecto sobre la reproducción se estudió al someter los animales a alternancia de días largos y cortos por periodos. En los machos de la Comarca Lagunera que se sometieron a 3 meses de días largos alternados con 3 meses de días cortos durante dos años, la secreción de testosterona se incrementó durante los días cortos y se inhibió durante los días largos (Delgadillo *et al.*, 2004). De manera similar, en las cabras sometidas al tratamiento fotoperiódico antes citado, las ovulaciones se estimularon durante los días cortos y se inhibieron en días largos (Duarte *et al.*, 2010).

En ovinos y caprinos sometidos a los días cortos, el tiempo de secreción de melatonina es más prolongada que en aquellos sometidos a días largos. El perfil de secreción de melatonina en los animales en días cortos estimula la secreción pulsátil del Hormona Liberadora de Gonadotropina (GnRH) por el hipotálamo, que a su vez incrementa la biosíntesis y secreción de Hormona Foliculoestimulante (FSH) y Hormona Luteinizante (LH), induciendo la temporada reproductiva durante los días cortos (Ovinos: Lincoln *et al.*, 1982; Karsch *et al.*, 1984; Caprinos: Delgadillo y Chemineau, 1992). Por este motivo los caprinos son considerados como animales de “días cortos”

### **2.2.1. El fotoperiodo como regulador de la estacionalidad reproductiva**

En el norte árido de México, principalmente en la Comarca Lagunera (26°N), gran parte de las pariciones en cabras locales sucede entre los meses de noviembre a febrero, lo que indica que la actividad reproductiva sexual ocurre en junio (Delgadillo *et al.*, 2004). La actividad reproductiva en los caprinos domésticos se regula por distintos factores como son la raza, la nutrición y el fotoperiodo (Chemineau, 1983). Las características reproductivas de machos y hembras caprinas han permitido demostrar la intervención del medio ambiente, como una herramienta para desarrollar técnicas relevantes para manipular la actividad sexual de los animales. El fp es el mayor indicador que acciona y sincroniza la estación reproductiva en los caprinos subtropicales de México (Delgadillo., 2011)

### 2.3. Fisiología del ciclo estral en cabras

En la época de actividad sexual, las cabras presentan estro y ovulación en promedio cada 21 a 22 días y en la época de anestro se caracteriza por la ausencia total de esta actividad sexual. Existen ciclos cortos de <17 días y ciclos largos >25 días. En la mayoría de las hembras caprinas se presenta la temporada de reproducción en otoño-invierno y el anestro en primavera-verano. Malpaux *et al.*, (1997) mencionan que esto es el resultado de un ritmo circanual endógeno y el principal factor determinante es el fp que sincroniza el inicio y el final de la actividad sexual. El eje hipotálamo-pituitario-ovárico controla la actividad reproductiva, principalmente, a través de las interacciones entre la FSH, LH, el Estradiol (E2) y la P4. El ciclo estral de la hembra caprina se divide en 2 fases: la fase folicular (comprende desde el crecimiento de los folículos hasta la ovulación; Driancourt, 2001). Las gonadotropinas (FSH y LH) estimulan el desarrollo de los folículos, promoviendo la proliferación de las células de la granulosa por parte de la FSH; su pico está asociado al surgimiento de la onda u oleada folicular, después de la cual decrece la concentración plasmática de FSH, originando la dominancia folicular, que permite al folículo dominante expresar receptores para la LH, producir inhibina y E2. El alto nivel circulante de E2 induce la liberación de GnRH desde el hipotálamo, resultando en un pico preovulatorio, por retroalimentación positiva de LH, de amplitud y frecuencia suficiente para estimular la maduración final del folículo y la posterior ovulación (Franco y Uribe-Velázquez, 2012), la fase lútea comprende desde la formación del cuerpo lúteo hasta su destrucción o luteolisis (Driancourt, 2001). la fase luteal, después de la ovulación, el folículo se transforma en cuerpo lúteo (CL),

que es el que produce la progesterona (P4), en ausencia de gestación, el útero libera prostaglandina F2 $\alpha$  para producir la lisis del CL e iniciar un nuevo ciclo (Abecia *et al.*, 2011). Durante la estación sexual, las hembras no gestantes presentan varios ciclos estrales y ovulatorios (Chemineau *et al.*, 1992).

En cabras y ovejas puede existir disociación entre el estro y la ovulación, es decir, se pueden presentar estros sin que ocurra la ovulación y también ovulaciones sin manifestación de estros. En las cabras, los estros sin ovulación se presentan al inicio de la pubertad o estación sexual, así como al final del anestro postparto o durante el efecto macho (Camp *et al.*, 1993; Flores *et al.* 2000). Las ovulaciones que no son acompañadas de estro se observan al final de la estación sexual (Chemineau *et al.*, 1992). Además, en las cabras y ovejas, los ciclos estrales de corta duración son más frecuentes al inicio de la pubertad o de la estación sexual, al final del anestro postparto, así como cuando se utiliza el efecto macho para inducir el estro y la ovulación en el anestro estacional o lactacional (Chemineau, 1983; Flores *et al.*, 2000). En cambio, en cabras y ovejas, los ciclos largos son más frecuentes al final de la estación sexual (Camp *et al.* 1983; Flores *et al.* 2000).

#### **2.4. Método de inducción y sincronización del estro y la ovulación de las hembras caprinas**

Es factible modificar y controlar la reproducción en la especie caprina aplicando varias técnicas que han demostrado ser eficaces. Dentro de estas técnicas podemos citar el modificar el patrón de percepción del fotoperiodo, las relaciones socio sexuales con otros individuos, así como la aplicación de hormonas exógenas,

como la P4 o los progestágenos habitualmente impregnados en dispositivos intravaginales y también, el efecto macho.

#### **2.4.1. Tratamientos hormonales**

##### *Progestágenos + eCG*

La progesterona y sus análogos son las principales hormonas comúnmente utilizadas para la inducción y sincronización del estro en pequeños rumiantes (Bretzlaff y Romano, 2001). Se utilizan esponjas intravaginales impregnadas con acetato de fluorogestona (FGA) o acetato de medroxiprogesterona (MAP) y el CIDR (Controlled Internal Drug Release) que contienen progesterona (Wildeus, 2000; Abecia *et al.*, 2011).

En un comienzo, la duración de los tratamientos de progestágenos fue de 21 días, para imitar la duración promedio de un ciclo estral normal (Corteel, 1975). Sin embargo, los tratamientos con progestágenos por periodos prolongados han sido asociados con baja fertilidad (Viñoles *et al.* 2001; Menchaca y Rubianes, 2004). Esto se debe a cambios fisiológicos en el útero que alteran el transporte espermático (Pearce y Robinson, 1985). En la actualidad existen tratamientos cortos con duración de 6 a 12 días, los cuales han demostrado ser más efectivos que el tratamiento largo, ya que no afecta la fertilidad (Viñoles *et al.*, 2001). Dos días antes de retirar las esponjas vaginales, o al momento de retirarlas, cada hembra recibe una dosis de 200 a 800 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) de acuerdo con su producción láctea para estimular el desarrollo folicular y la ovulación (Motlomelo *et al.*, 2002). En años recientes se han desarrollado métodos de duración ultracorta

(5 a 7 días) con progestágenos intravaginales en ovejas en Uruguay, los cuales han demostrado tener buena efectividad al inducir el estro y la ovulación alrededor de 60 horas después de retirar el dispositivo intravaginal en más de 90% de las hembras que se encuentran en reposo sexual natural (Viñoles *et al.*, 2001; Ungerfeld y Rubianes, 2002).

En cabras, el protocolo hormonal ultracorto, también es utilizado durante 5-7 días para inducir, sincronizar el estro y la ovulación. El tratamiento consistió en la aplicación de esponjas intravaginales conteniendo acetato de medroxiprogesterona (MAP) 60 mg. Se aplicó un análogo de prostaglandina F<sub>2</sub> $\alpha$  (delprostenato, 160  $\mu$ g) por vía intramuscular (IM) al momento de la inserción de la esponja. Al retiro de la esponja, se les aplicó IM 250 UI de eCG (Ungerfeld y Rubianes, 2002; Menchaca *et al.*, 2007).

En las últimas décadas en varias partes del mundo ha aumentado la demanda de productos “limpios”, es decir productos que estén libres de hormonas exógenas. Para comercializar productos de origen animal se han modificado algunas prácticas de manejo y producción reduciendo al mínimo los tratamientos químicos y hormonales de los animales (Martin, 2004). Existen hormonas que llegan a provocar efectos adversos, como la eCG, por el uso prolongado de esta hormona, la fertilidad empieza a descender, puesto que se crean anticuerpos que evitan la efectividad de la eCG. En los últimos años se han buscado métodos y tratamientos libres de hormonas, para inducir y sincronizar la ovulación que permita una IA efectiva (Pellicer-Rubio *et al.*, 2016). Aunque, la P4 ha sido utilizada en métodos como la bioestimulación para reducir la presentación de ciclos cortos (Adib *et al.*, 2014).

Efectivamente, la aplicación de P4 en cabras 48 hora antes o al momento de la introducción de machos foto-estimulados, redujo el número de ciclos cortos (17.6 y 33.3 % respectivamente), logrando una mejor sincronización y elevada fertilidad (76%) al ser inseminadas durante la primera ovulación después de la introducción del macho (Cortinas, 2015).

#### **2.4.2. Bioestimulación sexual**

Existen métodos de bioestimulación sexual, esto se refiere a la estimulación reproductiva que un animal provoca a otro de la misma especie (Álvarez y Quintero, 2001). La bioestimulación o comunicación feromonal juega un papel importante en los procesos reproductivos del comportamiento de los mamíferos. Las feromonas en la orina, heces y glándulas cutáneas pueden ser percibidas a través del sistema olfatorio para obtener respuesta de comportamiento y respuesta endocrina. También puede ejercer efectos en la actividad reproductiva vía sistema hipotalámico generando pulsos de GnRH. Se han mostrado los beneficios económicos usando la bioestimulación a través de feromonas para mejorar la aparición de la pubertad temprana y una significativa reducción de anestro postparto en animales domésticos (Rekwot *et al.*, 2001).

Una técnica natural y sustentable para la inducción y sincronización de la actividad sexual en cabras anéstricas, es el manejo de las relaciones socio-sexuales, particularmente el “efecto macho”. Es un método multisensorial e implica: olfato, vista, tacto y el oído (Delgadillo *et al.*, 2003). Esta técnica de inducción consiste en introducir un macho en un grupo de hembras anéstricas para estimular la secreción de LH, el estro y la ovulación (Martin *et al.*, 1986; Walkden-Brown *et al.*, 1993; Flores

*et al.*, 2000; Chemineau *et al.*, 2006; Delgadillo *et al.*, 2009). A través de las señales sensoriales emitidas por el macho durante el efecto macho, se ejerce un estímulo el cual provoca un incremento de la pulsatilidad de LH, sincroniza el estro y la ovulación (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2004b; Martin *et al.*, 2004). Inmediatamente después de la introducción del macho en un grupo de hembras anéstricas se estimula en ellas la secreción de LH, pasando de 0.3 pulsos a 2.2 pulsos en las primeras 3 horas de contacto macho-hembra. La secreción de LH se mantiene elevada siempre y cuando se mantenga el contacto entre los sexos (Vielma *et al.*, 2009), dicho aumento en la secreción de LH originará un pico preovulatorio ocasionando la ovulación en los primeros 5 días posteriores al primer contacto ente el macho y las hembras.

La presencia continua de machos estimuladores debe ser necesaria para mantener una alta frecuencia de pulsos de LH. Sin embargo, la ovulación puede ser inducida incluso si los machos están presentes de manera intermitente. Cada reintroducción de machos inducirá pulsos de LH, especialmente con machos sexualmente activos, y que estos pulsos de LH sucesivos son suficientes para promover desarrollo ovárico folicular a través de retroalimentación positiva. Por lo tanto, el contacto continuo no parece ser un requisito absoluto y la validez de este dogma puede ser cuestionada. Si la eficiencia de exposición intermitente fuera confirmada, puede significar que las hembras responden a cada exposición sucesiva a machos como si los machos fueran diferentes (Delgadillo *et al.*, 2009).

La máxima respuesta estral de las cabras se obtiene cuando las señales exteroceptivas, feromonas y conductas sexuales (aproximaciones, olfateo ano-

genital, montas, intentos de monta, flehmen, auto marcaje con orina de los machos son exhibidas; Bedos *et al.*, 2016), entonces la calidad del estímulo que el macho cabrío proporcione a la hembra afecta directamente su respuesta estral y ovulatoria (Delgadillo *et al.*, 2003), asimismo, la eficiencia del efecto macho puede ser influenciada por factores como: el tiempo de contacto entre los diferentes sexos, la novedad o familiaridad de los machos (Loya-Carrera *et al.*, 2014; Ramírez *et al.*, 2017).

En caprinos los ciclos ovulatorios de duración corta son comunes y las ovulaciones pueden disociarse de los estros. La mayoría de las veces las hembras vuelven a ovular en un periodo de 5 a 7 días después de la primera ovulación. En esta segunda ovulación suele presentarse conducta estral en la mayoría de los casos, y el ciclo ovulatorio es de duración normal (Chemineau, 1987).

Se ha demostrado que la presencia continua de machos sexualmente activos hasta la ovulación no es necesaria para maximizar la respuesta al efecto macho (Bedos *et al.*, 2012; Ramírez *et al.*, 2017). En cabras locales del subtrópico mexicano expuestas a machos por 16 horas al día, el porcentaje de hembras que mostraron comportamiento estral (96%) fue similar al del grupo control de hembras que estuvo en contacto con un macho por 24 horas (92%). Los resultados obtenidos por Delgadillo *et al.*, (2006), acentúan la importancia mayor de la calidad de los machos usados para el resultado del efecto macho. Aunque el tipo de cabras usado, en estos estudios, claramente muestra actividad reproductiva estacional, la estimulación de machos con tratamientos y la administración de melatonina aseguran una activación del comportamiento sexual. Como resultado, promedios

altos de éxito en inducción del estro y ovulación pueden ser obtenidos en cabras en reposo sexual. El uso de machos activos permite eliminar muchas de las condiciones que normalmente deben ser tomadas en cuenta para el éxito de la inducción (temporada del año, separación previa, contacto continuo).

En un estudio realizado por Rivas-Muñoz *et al.*, (2007) demostraron que la respuesta estral de las hembras caprinas locales de la Comarca Lagunera no disminuye cuando se reduce el tiempo de contacto con los machos foto-estimulados de 24 a 16 horas por día durante 18 días consecutivos, pues más de 90% de las cabras presentaron estro. Bedos *et al.*, (2012), señalaron que 4 horas diarias durante 15 días exponiendo cabras criollas de la Comarca Lagunera (en anestro estacional, marzo) a machos cabríos foto-estimulados, también más del 90% presentaron ovulación. Ramírez *et al.* (2017) han demostrado con cabras criollas de la Comarca Lagunera que el contacto directo entre los dos sexos, 15 minutos diarios durante 15 días consecutivos son suficientes para inducir la ovulación en el 93% de las cabras. La condición corporal y la jerarquía social también influyen en la respuesta de las cabras al efecto macho, donde las cabras de alta jerarquía son las primeras en ovular y concebir (Álvarez *et al.*, 2003).

Durante el efecto macho (periodo de contacto de los machos cabríos sexualmente activos que han sido foto-estimulados cuando son puestos en contacto con hembras anèstricas), ocurre que la mayoría de las cabras (90 %) ovulan al ser expuestas a esos machos, los cuales despliegan un intenso comportamiento sexual. Por el contrario, pocas cabras (<10%) ovulan cuando son expuestas a machos en reposo sexual, ya que los machos foto-estimulados suelen presentar un mayor despliegue

de comportamiento sexual durante el efecto macho a comparación de aquellos machos que fueron tratados con luz (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002).

## **2.5. Estrés y su efecto en la reproducción**

El estrés desarrolla mecanismos de adaptación al medio ambiente donde el organismo sufre una descarga de cortisona que sobrepasa las capacidades normales y originando cambios en las funciones biológicas y que pudieran conducir a un estado patológico (Bohus *et al* 1987; Mucio, 2007). Cuando el sistema nervioso central percibe una amenaza desarrolla una combinación de las cuatro respuestas generales de defensa biológica: comportamiento, sistema nervioso autónomo, inmune y neuroendocrino (Trevis y Bertoni. 2009).

Las altas temperaturas del medio ambiente pueden causar una disminución en la fertilidad, calidad y producción de semen. La reacción específica puede depender del grado del incremento en la temperatura. Los óvulos de las hembras bajo constantes altas temperaturas, pueden verse afectados directamente antes de la fertilización, pero las variaciones menos severas en la temperatura podrían producir cambios en el ambiente uterino y así, causar la muerte del embrión antes del tiempo de implantación (Ulberg, 1958).

La temperatura en caprinos de 35 a 40 °C puede afectar la reproducción, no obstante, por necesidades es tolerada, sin embargo, debemos considerar el origen de las razas (De Lucas Tron, 1986). Los trastornos en la reproducción por causa del estrés calóricos se deben a la activación del eje hipófisis-corteza suprarrenal que

se presenta durante el periodo de estrés, tiene efectos negativos sobre la secreción de las hormonas hipofisarias que controlan el funcionamiento de los órganos sexuales (gonadotropinas; Bilandzic *et al.*, 2006). El estrógeno se requiere para la maduración de los folículos, el incremento del número de cuerpos lúteos puede deberse al aumento de los niveles de estrógeno sérico (De Castro, *et al.*, 1999; Rubianes y Menchaca, 2003). Durante el estrés se estimula el hipotálamo produciendo la corticotrofina, estimulando la secreción noradrenalina, serotonina y acetilcolina, la modulación inhibitoria está controlada por el cortisol. La corticotrofina liberada viaja por los capilares del sistema portahipofisario y se une a receptores específicos en las células corticótropas de la glándula hipófisis, esto promueve la liberación de la hormona adrenocorticotropa (ACTH), dicha hormona viaja por el torrente sanguíneo hasta la corteza de la glándula suprarrenal, quien produce cortisona y corticosterona (Mucio, 2007). Se ha reportado que la administración de ACTH en las hembras durante la maduración folicular, interfiere en la ovulación y conduce a la aparición de folículos quísticos, por medio de la supresión de la descarga de LH, en cambio en el macho, la administración de ACTH o de corticosteroides provoca que los testículos disminuyan la producción de andrógenos (Uberg, 1958; Bilandzic *et al.*, 2006). El estrés calórico inhibe el desarrollo del folículo dominante durante el periodo preovulatorio. Como consecuencia las concentraciones séricas de estradiol se reducen, por lo que la disminución tardía de la progesterona retrasa la fase lútea (Wilson *et al.*, 1998).

### **3. OBJETIVO**

Determinar si la administración de progesterona en cabras mantenidas bajo un sistema de producción estabulado tiene un efecto en la respuesta de su actividad sexual al ser sometidas al efecto macho.

### **4. HIPÓTESIS**

La administración de progesterona en cabras de diferentes sistemas de explotación expuestas al efecto macho tendrá un reducido número de ciclos cortos y una menor latencia al estro en las cabras estabuladas.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Ubicación del estudio

Esta investigación se realizó en el Ejido “La Crisis” en el municipio de Matamoros, Coahuila, México (latitud 25° 33´ N; longitud 103° 12´O) con una altura de 1113 msnm. El clima es de subtipos muy secos, muy cálidos y cálidos; la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 100 a 200 milímetros.

El principal sistema de producción caprina en la Comarca Lagunera es el semiextensivo o pastoreo sedentario que consiste en sacar a los caprinos a pastorear por la mañana y regresan a los corrales por las tardes-noches.

### 5.2. Animales experimentales

#### 5.2.1. Machos

Se utilizaron 6 machos cabríos vasectomizados con 3 años de edad en promedio. La alimentación fue proporcionada de acuerdo con sus requisitos nutricionales y se basó en alfalfa henificada (18%PC;1.95 Mcal/EM/kg) y en concentrado comercial (18%PC;2.05 Mcal/EM/kg). El agua y los minerales se les proporcionó *ad libitum*.

Estos machos se sometieron a 2.5 meses de días largos (16 horas de luz por día) utilizando luz artificial de 06:00 h a 09:00 h y 17:00 h a 22:00 h en total los animales percibían 16 h luz y 8 h de oscuridad. El tratamiento fotoperíodo de los machos inició el 2 de noviembre y terminó el 15 de enero. A partir del día 16 de enero, los machos percibieron las variaciones de la luz natural de días crecientes. Este tratamiento fotoperiódico produce el aumento en la liberación de melatonina disminuyendo la retroalimentación negativa de la testosterona y del estradiol sobre las neuronas que

secretan kisspeptina y GnRH. Además de aumentar el volumen testicular y estimular el comportamiento sexual de los machos (Delgadillo et al., 2002).

### **5.2.2. Hembras**

Se utilizaron dos grupos, el grupo estabulado (GE; n=42), se alojó en un corral dividido en tres subgrupos con 14 cabras c/u. Las medidas fueron de 5x7 m por cada corral. El grupo extensivo (GP; n=42) salía pastorear la flora nativa del campo de la región de 9:00 a 19:00, después de esa hora las hembras fueron encerradas en un corral donde permanecían en contacto con el macho toda la noche (14 h), la rutina se siguió durante todo el tiempo del experimento (11 días).

En el experimento se utilizaron cabras que en promedio tenían 3 años de edad. A los 15 días del mes de marzo antes de iniciar el experimento, las cabras fueron sometidas a una ultrasonografía transrectal, con un dispositivo de Aloka SSD-500 conectado a un transductor transrectal de 7.5 MHz para determinar si las cabras se encontraban en estado anovulatorio.

#### *La alimentación*

El GE fue alimentado con alfalfa henificada con (18%PC;1.95 Mcal/EM/kg), de acuerdo a sus requisitos nutricionales y suplementadas con grano de sorgo escobero (10.2% PC, grasa 1%, CHO's 73.2%). El agua y las sales minerales en bloques, se les proporcionaron *ad libitum*.

El GP fue alimentado con flora nativa de la región que consiste en arbustos (*Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplex acantocarpa*, *Agave scabra*,

*Mimosa biocifera*), plantas herbáceas (*Heliantus ciliaris*, *Salsola kali*, *Solanum elaeagnifolium*) y pastos (*Sorghum halepense*, *Chloris virgata*, *Setaria verticillata*, *Eragrostis pectinacea*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua barbata* y *Aristida purpurea*; Duarte *et al.*, 2008), por las tardes se les proporciono grano de sorgo escobero (*Sorghum bicolor*). El agua y sales minerales se proporcionó a libre acceso.

Dos días antes del experimento, las hembras fueron distribuidas homogéneamente de acuerdo con su condición corporal ( $2.1 \pm 0.05$ ). La condición corporal de las hembras se evaluó palpando indirectamente la musculatura de la región lumbar de la columna vertebral (apófisis espinales y laterales), con una escala que va de 1 (animales muy delgados) a 4 (animales con mucha masa muscular y grasa) en incrementos de 0.5 (Walkden-Brown *et al.*, 1997).

Todas las hembras se les aplicó 20 mg de progesterona 48 hrs antes de la introducción de los machos.

El día 4 de abril a las 19:00 hrs, los machos vasectomizados foto-estimulados fueron puestos en los subgrupos de hembras experimentales. Los machos fueron intercambiados entre los subgrupos cada 12 horas (07:00 hrs y 19:00 hrs).

### **5.3. Variables evaluadas en las cabras**

#### **5.3.1. Comportamiento estral**

El comportamiento estral se determinó dos veces al día (AM-PM) 7:00 y 19:00 durante 30 min. Se utilizaron machos vasectomizados a los cuales se les colocó un mandil o peto para evitar la penetración. Los machos fueron cambiados entre los grupos de las hembras para que fueran estimulados por la novedad de estar en contacto con otras hembras (Loya-Carrera *et al.*, 2014). Las cabras que estaban en estro mostraban un comportamiento de aceptación de monta de los machos (Fabre-Nys y Gelez, 2007). Las cabras que estaban en estro fueron inseminadas.

#### **5.3.2. Latencia al estro**

En cada cabra se determinó el tiempo en horas transcurridas desde el momento de la introducción de los machos (día 0) hasta la detección del primer estro.

#### **5.3.3. Duración del estro**

La duración del estro se consideró como el número de horas en las que durante la detección del estro, cada cabra permitió la monta del macho permaneciendo inmóvil.

### **5.7. Análisis estadístico**

La proporción de cabras que mostraron estro, se analizaron con prueba de Fisher.

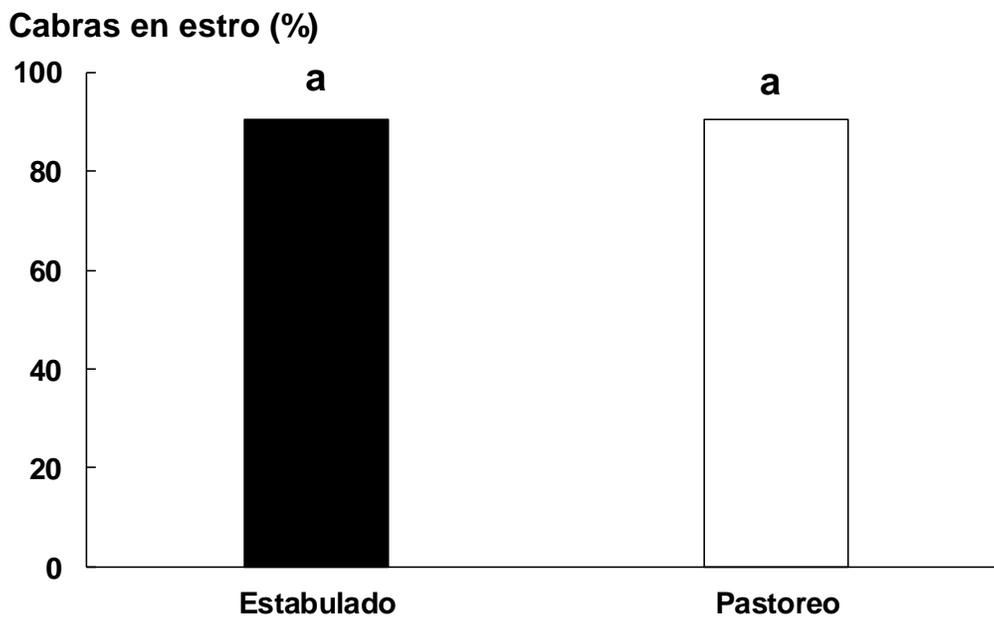
La latencia y duración de estro se analizaron con una prueba de t para dos poblaciones independientes (SYSTAT 13; Chicago, IL).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Resultados

#### 6.1.1. Porcentaje de cabras en estro

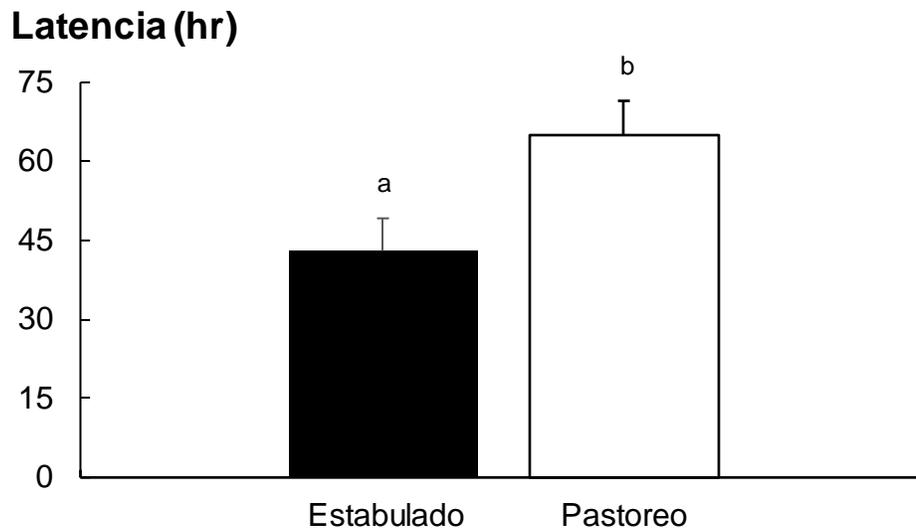
Un alto porcentaje de las cabras de los dos grupos presentaron estro durante los 11 días de exposición a los machos cabríos foto-estimulados (GE= 38/42 y GP= 38/42), 90.5 % de las hembras en ambos grupos (P= 1.00; Figura 1).



**Figura 1.** Porcentaje de cabras que manifestaron estro en dos sistemas de explotación en los 11 días de exposición a los machos cabríos foto-estimulados. Grupo estabulado (■) Grupo en pastoreo (□).

### 6.1.2. Latencia al estro

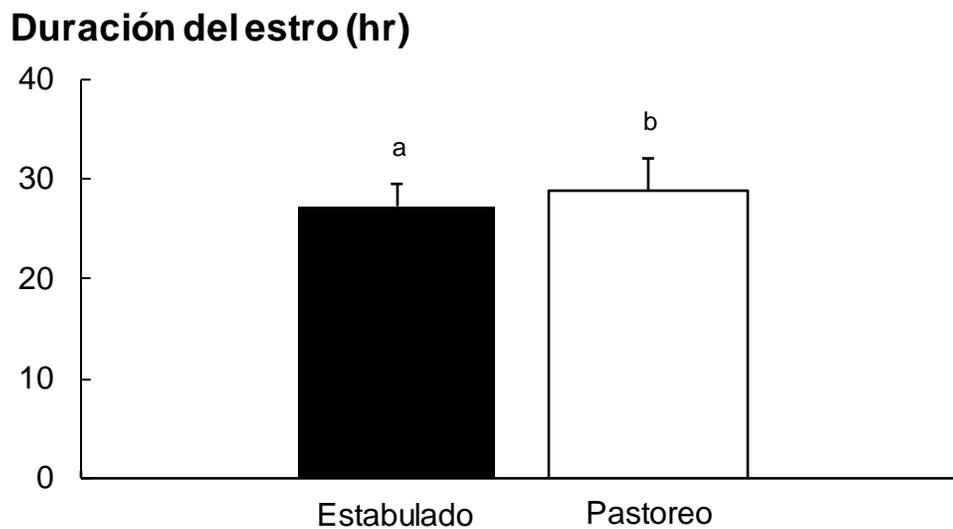
La latencia al estro después de la introducción de los machos foto-estimulados a los grupos de cabras, fue menor en el grupo estabulado que en el grupo en pastoreo ( $p=0.01$ ; Figura 2).



**Figura 2.** Latencia al estro desde la introducción de los machos foto-estimulado y la manifestación del estro en dos sistemas de explotación. Grupo estabulado (■) grupo en pastoreo (□).

### 6.1.3. Duración del estro

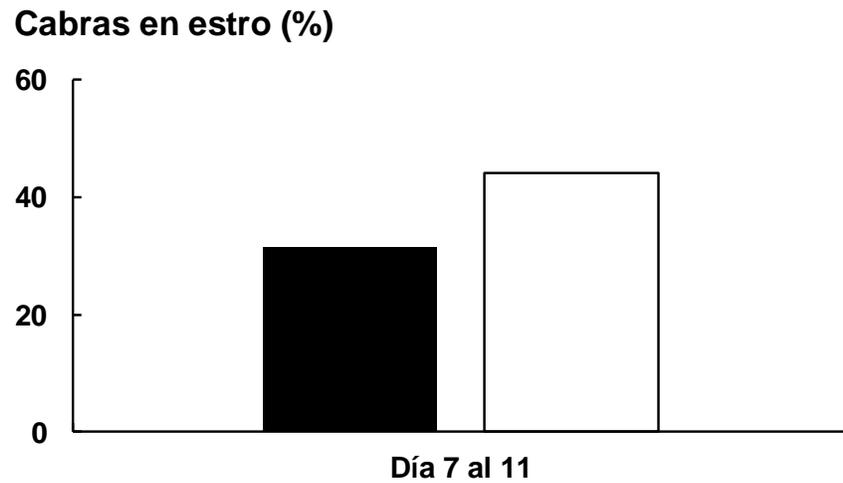
En la duración del estro no se presentó diferencia estadística significativa entre el grupo de cabras estabuladas y el grupo de cabras en pastoreo ( $p= 0.65$ ; Figura 3).



**Figura 3.** Duración de estro en las cabras sometidas al efecto macho en dos sistemas de explotación en los 11 días de exposición a los machos cabríos foto-estimulados. Grupo estabulado (■) Grupo en pastoreo (□).

#### 6.1.4. Ciclos cortos

En la presentación de un segundo estro, no se presentó diferencia significativa entre los dos grupos (GE= 12/38 y GP= 17/38  $p= 0.23$ ; Figura 4).



**Figura 4.** Porcentaje de las cabras de los dos grupos que presentaron un segundo estro entre los días 7 al 11 de exposición a los machos cabríos foto-estimulados en dos sistemas de explotación. Grupo estabulado (■) Grupo en pastoreo (□).

## 6.2. Discusión

El tiempo transcurrido de inicio de la actividad estral o latencia después de poner en contacto los machos cabríos con las cabras, fue menor en el grupo estabulado. Sin embargo, la mayoría de las cabras de ambos grupos presentaron al menos un estro durante los 11 días que fueron expuestas a los machos sexualmente activos. La menor latencia en el grupo estabulado fue debida probablemente, a que el contacto entre ambos sexos fue durante las 24 horas del día, mientras que el grupo en pastoreo el contacto entre ambos sexos fue interrumpido e intermitente cuando las cabras salían a pastorear y los machos permanecían en los corrales. Aunque existió esta diferencia en la latencia entre ambos grupos, sin embargo, el porcentaje de cabras de ambos grupos que presentaron actividad estral fue similar. Se ha demostrado que el contacto de los machos foto-estimulados puede ser de solo algunos minutos para estimular a las cabras en anestro estacional induciéndolas a la ovulación (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Bedos *et al.*, 2012; Bedos *et al.*, 2014; Bedos *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2017).

El porcentaje de ciclos cortos fue menor en el grupo estabulado comparado con el grupo en pastoreo.

Estos resultados concuerdan con otros estudios en cabras y ovejas, donde la administración de progesterona exógena en conjunto con el efecto macho, es eficiente para reducir o suprimir la frecuencia de los ciclos cortos (Chemineau, 1985). Aunque aún no está muy claro el mecanismo de la supresión de los ciclos cortos con la aplicación de la progesterona en conjunto con el efecto macho. Diversos estudios proponen que la aplicación de progesterona sincroniza la

respuesta de las hembras al efecto macho y los folículos jóvenes crecerán y permitirán que ocurra la ovulación, por efecto del aumento de la frecuencia de secreción de LH inducida por el macho, mientras que los folículos viejos se atresian (Pearce y Robinson, 1985; Menchaca y Rubianes, 2001). La importancia de este estudio es que además de haber reducido la incidencia de los ciclos cortos en las cabras que se les aplicó progesterona, es que la fertilidad no disminuyó con la aplicación de esta hormona en el grupo estabulado.

Además, los resultados sugieren que el “efecto macho” con machos foto-estimulados, asociado con el uso de la progesterona pueden ser excelentes herramientas para el progreso genético de los hatos caprinos. En efecto, la cabra es considerada como un animal prolífico, esto es, que es capaz de tener más de una cría por parto. Se ha reportado que en las cabras que reciben la aplicación de progesterona previa al efecto macho, la tasa ovulatoria presenta diferencia significativa mayor que en aquellas que no reciben el tratamiento (Chemineau, 1985; Adib *et al.*, 2014).

En conjunto, los resultados del presente estudio confirman la hipótesis de que la administración de progesterona en cabras de diferentes sistemas de explotación expuestas al efecto macho tendrán un reducido número de ciclos cortos y una menor latencia al estro.

## CONCLUSIÓN

Se concluye que en las cabras que son tratadas con progesterona al ser sometidas al efecto macho el sistema de producción modifica el tiempo de respuesta sexual; en las cabras que se mantienen en un sistema de producción estabulado disminuye el número de ciclos cortos y la latencia al estro, mientras que en las cabras que se mantienen en un sistema de producción semiextensivo el porcentaje de ciclos cortos y la latencia al estro es mayor.

## 7. LITERATURA CITADA

Abecia, J. A., Forcada F., and F. González-Bulnes. 2011. Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 27(1)67-79.

Adib, A., S. Freret, J. L. Touze, D. Lomet, L. Lardic, D. Chesneau, A. Estienne, P. Papillier, D. Monniaux and M. T. Pellicer-Rubio. 2014. Progesterone improves the maturation of male-induced preovulatory follicles in anoestrous ewes. *Reproduction*. 148(4)403-416.

Álvarez, L., G. B. Martin, F. Galindo and L. A. Zarco. 2003. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Applied Animal Behaviour Science*. 84(2)119-126.

Álvarez, L y L. A. Quintero. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*. 32(2)117.

Amoah, E. A., S. Gelaye, P. Guthrie and C. E. Rexroad. 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *Journal of Animal Science*. 74(4)723-728.

Aréchiga, C. F., J. I. Rincón, S. Méndez De Lara, V. R. Bañuelos y C. A. Meza-Herrera. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9(1) 1-14.

Baril, G., B. Remy, B. Leboeuf, J. F. Beckers and J. Saumade. 1996. Synchronization of estrus in goats: the relationship between eCG 53 binding in plasma, time of occurrence of estrus and fertility following artificial insemination. *Theriogenology*. 45(8)1553-1559.

Bedos, M., H. Velázquez, G. Fitz-Rodríguez, J. A. Flores, H. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, I. G. Fernández, M. S. Retana-Márquez, M. Muñoz-Gutiérrez, M. Keller and J. A. Delgado. Sexually active bucks are able to stimulate three successive groups of females per day with a 4-hour period of contact. *Physiology & Behavior*, 2012, 106(2)259-263.

Bilandzic, N., M. Zuric, M. Lojkic, B. Simic, D. Milic and I. Barac. 2006. Cortisol and immune measures in boars exposed to three-day administration of exogenous adrenocorticotrophic hormone. *Veterinary Research Communications*. 30(4)433-444.

Bohus, B., R. F. Benus, D. S. Fokkema, J. M. Koolhaas, C. Nyakas, G. A. Van Oortmerssen, A. J. H. De Ruiter, A. J. W. Scheurink and A. B. Steffens. 1987. Neuroendocrine states and behavioral and physiological stress responses. *Progress in Brain Research*. 72, 57-70.

Bretzlaff, KN., Romano. 2001. Advanced reproductive techniques in goats. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*. 2: 421-434.

Bronson, F. H. 1988. Mammalian reproductive strategies: genes, photoperiod and latitude. *Reproduction Nutrition Développement*. 28, (2B) 335-347.

Camp, J. C., D. E. Wildt, P. K. Ward, L. D. Stuart and P. K. Chakraborty. 1983. Ovarian activity during normal and abnormal length estrous cycles in the goat. *Biology of Reproduction*. 28(3)673-681.

Corteel, JM. 1975. The use of progestagens to control the oestrous cycle of the dairy goat. *Annls Biol. Anim. Biochim. Biophys*. 15: 353-363.

Chemineau, P. 1983. Effect on oestrus and ovulation of exposing creole goats to the male at three times of the year. *Journal of Reproduction and Fertility*. 67(1) 65-72.

Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats-a review. *Livestock Production Science*. 17, 135-147.

Chemineau, P., G. Baril Y. Cognie, Y. Guerin, B. Leboeuf, P. Orgeur and J. C. Vallet. 1991. *Training manual on artificial insemination in sheep and goats*. Rome. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 222 ISBN: 9251028087

Chemineau, P., A. Daveau, F. Maurice and J. A. Delgadillo. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*. 8(4)299-312.

Chemineau, P., Pellicer-Rubio, MT., Lassoued, N., Khaldi, G., Monniaux, D. 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reproduction, Nutrition and Development*. 46: 417-429.

Chemineau, P., B. Malpoux, J. P. Brillard and A. Fostier. 2007. Seasonality of reproduction and production in farm fishes, birds and mammals. *Animal*. 1(3) 419-432.

Cortinas, R. D. M. 2015. La administración de progesterona reduce la presentación de ciclos cortos sin disminuir la fertilidad en cabras anéstricas expuestas a machos cabríos foto-estimulados. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. 51 p.

De Lucas Tron, J. Y S. Arbiza 1986. Reproducción. *Producción de caprinos*. AGT Editores SA México. 183-233.

Delgadillo, J. A. and P. Chemineau. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *Journal of Reproduction and Fertility*. 94(1)45-55.

Delgadillo, J. A., G. A. Canedo, P. Chemineau, D. Guillaume and B. Malpoux. 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., Duarte, J. Vielma, P. Poindron, P. Chemineau, AND B. Malpoux. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *American Society of Animal Science*, 2002, 80:2780–2786.

Delgadillo, J. A., J. A. Flores, F. G. Véliz, H. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron, P. Chemineau and B. Malpoux. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *Journal of Animal Science*. 80(11)2780-2786

Delgadillo, J. A., J. A. Flores, F. G. Véliz, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron y B. Malpoux. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Veterinaria México*. 34(1).

Delgadillo, J. A., G. Fitz-Rodríguez, G. Duarte, F. G. Véliz, E. Carrillo, J. A. Flores, J. Vielma, H. Hernández and B. Malpoux. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reproduction, Fertility and Development*. 16(4)471-478.

Delgadillo, J. A., M. E. Cortez, G. Duarte, P. Chemineau and B. Malpoux. 2004b. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reproduction Nutrition Development*. 44(3)183-193

Delgadillo, J. A., J. A. Flores, F. G. Véliz, G. Duarte, J. Vielma, H. Hernández and I. G. Fernández. 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., H. Gelez, R. Ungerfeld, P. A. R. Hawken and G. B. Martin. 2009. The 'male effect' in sheep and goats revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*. 200(2)304-314.

Delgadillo, J. A. 2011. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropics. *Animal*. 5(1)74-81.

Delgadillo, J. A., J. A. Flores, H. Hernández, P. Poindron, M. Keller, G. Fitz-Rodríguez, G. Duarte, J. Vielma, I. G. Fernández and P. Chemineau. 2015. Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. *Hormones and Behavior*. 69, 8-15.

Duarte, G., Nava-Hernández, MP., Malpoux, B., Delgadillo, JA. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*. 120: 65-70

Driancourt, M. A. 2001. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*. 55(6)1211- 1239.

FAO (2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Población ganadera Caprina 2017. Consultada: 12 noviembre 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA>

Flores, J. A., F. G. Véliz, J. A. Pérez-Villanueva, G. Martínez De La Escalera, P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpoux and J. A. Delgadillo. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction*. 62(5)1409-1414.

Franco, J. y L. F. Uribe-Velázquez. 2012. Hormonas reproductivas de importancia veterinaria en hembras domésticas rumiantes. 11(1)41-56.

Hernández, J. S., M. Herrera, E. Rodero, S. Vargas, O. Villarreal, R. Reséndiz, L. Carreón y A. C. Sierra. 2005. Tendencia en el crecimiento de cabritos criollos en sistemas extensivos. *Archivos de Zootecnia*. 54, 206-207.

Gihad, E. A., T. M. El-Bedawy and A. Z. Mehrez. 1980. Fiber Digestibility by Goats and Sheep. *Journal of Dairy Science*. 63(10)1701-1706.

Karsch, F. J., B. Malpoux, N. L. Wayne and J. E. Robinson. 1998. Characteristics of the melatonin signal that provide the photoperiodic code for timing seasonal reproduction in the ewe. *Reproduction Nutrition Développement*. 28(2B)459-472.

Lincoln, GA., Almeida, OF., H., Cunningham, Ra. 1982. Hourly fluctuations in the blood levels of melatonin, prolactin, luteinizing hormone, follicle-stimulating hormona, testosterone, tri-iodothyronine, thyroxine and cortisol in rams under artificial photoperiods, and the effects of cranial sympathectomy. *Journal of Endocrinology*. 92: 237-250.

Lopez- Sebastian A., Gonzalez-Bulnes A., Carriosa J., Urrutia B., Diaz-Delfa C., Santiago-Moreno J., Gomez-Brunet A. 2007. New estrus synchronization and artificial insemination protocol for goats based on male exposure, progesterone and cloprostenol during the non-breeding season. *Theriogenology*. 68: 1081-1087.

Loya-Carrera, J., M. Bedos, J. L. Ponce-Covarrubias, H. Hernández, P. Chemineau, M. Keller and J. A. Delgadillo. 2014. Switching photo-stimulated males between groups of goats does not improve the reproductive response during the male effect. *Animal Reproduction Science*. 146(1)21-26

Malpoux, B., C. Viguie, D. C. Skinner, J. C. Thiéry and P. Chemineau. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Research Bulletin*. 44(4)431-438

Malpaux, B., M. Migaud, H. Tricoire and P. CHemineau. 2001. Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin. *Journal of Biological Rhythms*. 16 (4) 336-347.

Martin, GB., Oldham, C., Cognié, Y., Pearce, DT. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams (review). *Livestock Production Science*. 15: 219-247.

Martin, G. B., J. Rodger and D. Blache. 2004. Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*. 16(4)491-501.

Menchaca, A., Rubianes, E. 2001. Effect of high progesterone concentrations during the early luteal phase on the length of the ovulatory cycle of goats. *Animal Reproduction Science*. 68: 69-76.

Menchaca, A., V. Miller, V. Salveragilo and E. Rubianes. 2007. Endocrine, luteal and follicular responses after the use of the short-term protocol to synchronize ovulation in goats. *Animal Reproduction Science*. 102(1)76-87.

Motlomelo, KC., Greyling, JPC., Schwalbach, LMJ. 2002. Synchronisation of oestrus in goats: the use of different progestagen treatments. *Small Ruminant Research*. 45: 45-49.

Mucio-Ramírez, J. S. 2007. La neuroquímica del estrés y el papel de los péptidos opioides. *Revista Educación Bioquímica*. 26, 121-128.

Pearce, DT., Robinson, TJ. 1985. Plasma progesterone concentrations, ovarian and endocrinological responses and sperm transport in ewes with synchronized oestrus. *Journal Reproduction and Fertility*. 75: 49-62.

Pellicer-Rubio, M. T., K. Boissard, Y. Forgerit, J. L. Pougard, J. L. Bonné and B. Leboeuf. 2016. Evaluation of hormone-free protocols based on the “male effect” for artificial insemination in lactating goats during seasonal anestrus. *Theriogenology*. 85(5)960-969.

Quesnel, H., S. Boulot, S. Serriere, E. Venturi and F. Martinat-Botte. 2010. Post-insemination level of feeding does not influence embryonic survival and growth in highly prolific gilts. *Animal Reproduction Science*. 120(1)120-124.

Ramírez, S., M. Bedos, M. Chasles, H. Hernández, J. A. Flores, J. Vilema, G. Duarte, M. S. Renata-Márquez, M. Keller, P. Chemineau and J.A. Delgadillo. 2017. Fifteen minutes of daily contact with sexually active male induces ovulation but delays its timing in seasonally anestrous goats. *Theriogenology*. 87, 148-153.

Rekwot, P. I., D. Ogwu, E. O. Oyedipe and V. O. Sekoni. 2001. The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Animal Reproduction Science*. 65(3)157-170.

Rivas-Muñoz R., G. Fitz-Rodríguez, P. Poindron, B. Malpaux and J. A. Delgadillo. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *Journal of Animal Science*. 85(5)1257-1263.

Rubianes, E. and A. Menchaca. 2003. The pattern and manipulation of ovarian follicular growth in goats. *Animal Reproduction Science*, 2003, 78(3)271-287.

SIAP (2018a). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. SAGARPA. Caprino población ganadera 2006-2015 cabezas. Consultada: 22 abril 2018. Disponible en: <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165999/caprino.pdf>

SIAP (2017b). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. SAGARPA. Producción por estado. Consultada: 22 abril 2018. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceProd.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp)

Trevisi, E. and G. Bertoni. 2009. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*. 8(sup1)265-286.

Ulberg, L. C. 1958. The influence of high temperature on reproduction. *Journal of Heredity*. 49(2)62-64.

Underwood, E. J., F. L. Shier and N. Davenport. 1944. Studies in sheep husbandry in WAV The breeding season in Merino, crossbred and British breed ewes in the agricultural districts. *Journal of Agriculture Western Australia*. 11, 135-43.

Ungerfeld, R. and E. Rubianes. 2002. Short term primings with different progestogen intravaginal devices (MAP, FGA and CIDR) for eCG-estrous induction in anestrous ewes. *Small Ruminant Research*. 46(1)63-66.

Vielma, J., P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpoux and J. A. Delgadillo. 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats. *Hormones and Behavior*. 56(4)444-449.

Viñoles, C., Forsberg, M., Banchero, G., Rubianes, E. 2001. Effect of long term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Therionology*. 4:993-1004.

Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall and Henniawati. 1993. The male effect in the Australian cashmere goat. 2. Role of olfactory cues from the male. *Animal Reproduction Science*. 32(1-2)55-67.

Wilson, J., R. S. Marion, J. N. Spain, D. E. Spiers, D. H. Keisler and M. C. Lucy. 1998. Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. 1. Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*. 81(8)2124-2131.