

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN EXTENSIVO DISMINUYE LA TASA DE  
GESTACIÓN EN LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO MACHO E  
INSEMINADAS CON SEMEN FRESCO**

Tesis

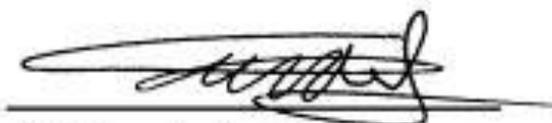
Que presenta LILIA IRÁN VENEGAS LÓPEZ como requisito  
parcial para obtener el Grado de  
**MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS**

Torreón, Coahuila Diciembre del 2017

EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN EXTENSIVO DISMINUYE LA TASA DE  
GESTACIÓN EN LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO MACHO E  
INSEMINADAS CON SEMEN FRESCO

Tesis

Elaborada por LILIA IRÁN VENEGAS LÓPEZ como requisito parcial  
para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agrarias con la  
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



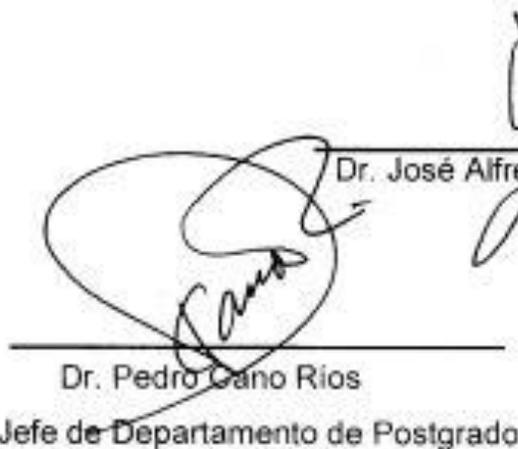
Dr. Gerardo Duarte Moreno  
Asesor Principal



Dr. José Alberto Delgado Sánchez



Dr. Jesús Vielma Sifuentes



Dr. Pedro Cano Ríos

Jefe de Departamento de Postgrado

Dr. José Alfredo Flores Cabrera



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Subdirectora de Postgrado UAAAN

### **Agradecimientos**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (U.A.A.A.N.) por proveerme la instrucción académica como Médico Veterinario Zootecnista necesaria para lograr un objetivo más en mi carrera profesional.

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

Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), junto con todos los doctores que integran este centro que con sus enseñanzas hicieron posible la culminación exitosa de este trabajo.

A todas las personas que aportaron un esfuerzo y su valioso tiempo en la realización del experimento; alumnos de licenciatura, compañeros de postgrado y al personal de la universidad.

### **Dedicatoria**

A mi mamá Luz Elena Venegas López a quien amo, admiro y respeto por siempre ser mi ejemplo a seguir, demostrándome que no importan las dificultades hay siempre que prepararse y aprender para aportar soluciones para conseguir con esfuerzo, perseverancia y dedicación cada uno de los logros.

A los que aún son mis amigos y a los que lo fueron por enseñarme con duras lecciones, habilidades para la vida, las que han servido para aplicar en muchas situaciones cotidianas.

A mi asesor el Dr. Gerardo Duarte Moreno por su guía y apoyo, antes durante y después de la realización de este trabajo.

Mi más profundo agradecimiento a los doctores del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA): Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, Dr. Jesús Vielma Sifuentes, Dr. José Alfredo Flores Cabrera y Dr. Horacio Hernández por compartir sus enseñanzas, vivencias y experiencias, además de contar con todo su apoyo para realizar y finalizar exitosamente esta investigación.

## Índice General

	<b>Página</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice General .....</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>8</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>9</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>10</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Planteamiento del Problema .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Revisión de Literatura .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Producción Caprina en México .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Estacionalidad Reproductiva de los Caprinos .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.1 Fotoperiodo Regulador de la Estacionalidad Reproductiva .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Machos .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Ciclo Estral de las Cabras .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5 Métodos de Inducción y Sincronización del Estro y la Ovulación de las Hembras Caprinas.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.1 Tratamientos Hormonales.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.2 Bioestimulación Sexual.....</b>	<b>25</b>
<b>2.6 Inseminación Artificial (IA) .....</b>	<b>29</b>
<b>2.6.1 Recoleccion, Manejo y Preservacion del Semen Para IA .....</b>	<b>31</b>
<b>2.7 Estrés y su Efecto en la Reproducción .....</b>	<b>32</b>
<b>3. Objetivo.....</b>	<b>36</b>

<b>4. Hipótesis.....</b>	<b>36</b>
<b>5. Materiales y Métodos.....</b>	<b>37</b>
<b>5.1 Ubicación del Área de Estudio.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2 Animales Experimentales.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2.1 Machos.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2.2 Hembras.....</b>	<b>38</b>
<b>5.3 Colecta de Semen y Preparación de Pajillas.....</b>	<b>39</b>
<b>5.4 Inseminación Artificial.....</b>	<b>40</b>
<b>5.5 Variables Evaluadas en el Semen.....</b>	<b>40</b>
<b>5.5.1 Volumen de Eyaculado.....</b>	<b>40</b>
<b>5.5.2 Concentración Espermática.....</b>	<b>41</b>
<b>5.5.3 Motilidad Espermática.....</b>	<b>41</b>
<b>5.5.4 Espermatozoides Vivos y Muertos.....</b>	<b>41</b>
<b>5.6 Variables Evaluadas en las Hembras Caprinas.....</b>	<b>41</b>
<b>5.6.1 Detección de Estro.....</b>	<b>41</b>
<b>5.6.2 Latencia al Estro.....</b>	<b>42</b>
<b>5.6.3 Duración del Estro.....</b>	<b>42</b>
<b>5.6.4 Tasa Ovulatoria.....</b>	<b>42</b>
<b>5.6.5 Porcentaje de Cabras Gestantes Después de la Inseminación Artificial con Semen Fresco.....</b>	<b>42</b>
<b>5.7 Análisis Estadístico.....</b>	<b>43</b>
<b>6. Resultados y Discusión.....</b>	<b>44</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>44</b>
<b>6.1 Porcentaje de Cabras en Estro.....</b>	<b>44</b>
<b>6.2 Latencia al Estro.....</b>	<b>45</b>

<b>6.3 Duración del Estro .....</b>	<b>46</b>
<b>6.5 Tasa Ovulatoria .....</b>	<b>47</b>
<b>6.7 Porcentaje de Cabras Gestantes Después de la Inseminación Artificial con Semen Fresco.....</b>	<b>48</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>49</b>
<b>7. Conclusión .....</b>	<b>51</b>
<b>8. Referencias.....</b>	<b>52</b>

## Lista de Figuras

### Página

- Figura 1.** Porcentaje de cabras que manifestaron estro en dos sistemas de explotación el Grupo en pastoreo (□) y Grupo estabulado (■). ..... 44
- Figura 2.** Latencia al estro entre la introducción de los machos foto-estimulados y la manifestación del estro en dos sistemas de explotación: Grupo en pastoreo (□) y Grupo estabulado (■). ..... 45
- Figura 3.** Duración del estro en las cabras sometidas al efecto macho en dos sistemas de explotación: Grupo en pastoreo (□) y Grupo estabulado (■). ..... 46
- Figura 4.** Tasa ovulatoria de las cabras expuestas al efecto macho en dos sistemas de explotación: Grupo en pastoreo (□) y Grupo estabulado (■). ..... 47
- Figura 5.** Porcentaje de cabras gestantes en dos sistemas de explotación: Grupo en pastoreo (□) y Grupo estabulado (■). ..... 48

## Resumen

El sistema de explotación extensivo disminuye la tasa de gestación en las cabras sometidas al efecto macho e inseminadas con semen fresco. Tesis elaborada por: Lilia Irán Venegas López para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agrarias por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Director de tesis: Dr. Gerardo Duarte Moreno.

El objetivo del estudio fue determinar la influencia del sistema de explotación sobre la tasa de gestación en cabras expuestas al efecto macho e inseminadas con semen fresco. Se utilizaron 18 machos cabríos (6 vasectomizados y 12 enteros), todos sexualmente activos mediante tratamiento fotoperiódico; 84 cabras anéstricas en dos grupos, un grupo fue estabulado (GE, n=42) y otro estuvo en pastoreo (GP, n=42), aplicándoles 20 mg de progesterona 48 horas antes de la introducción de los machos vasectomizados. En abril, los machos vasectomizados fueron puestos en contacto con las cabras de ambos grupos. El GP salía en la mañana al pastoreo, encerrándolas al regreso por la tarde con los machos vasectomizados. El GE permaneció en contacto continuo con los machos. La actividad estral se detectó dos veces/día (AM-PM), 12 horas después las cabras en estro fueron inseminadas con semen fresco. Se determinó la latencia y duración del estro, tasa ovulatoria y gestación. El 90.5% de ambos grupos presentaron estro dentro de los 11 días de bioestimulación. La latencia al estro fue mayor en el GP ( $64.4 \pm 7.2$ h) que en GE ( $50.8 \pm 8.3$ h;  $P < 0.05$ ). La duración del estro no fue diferente entre grupos, GP ( $28.7 \pm 2.4$ h) y GE ( $26.5 \pm 2.4$ h;  $P > 0.05$ ). En la tasa ovulatoria tampoco existió diferencia, GP ( $1.5 \pm 0.1$ ) y GE ( $1.7 \pm 0.1$ ;  $P > 0.05$ ). El porcentaje de cabras gestantes fue menor en el GP (50.0%) que en GE (82%;  $P < 0.05$ ). El sistema de explotación de pastoreo disminuye la tasa de gestación en las cabras expuestas al efecto macho e inseminadas con semen fresco.

### Palabras clave:

Caprinos, inseminación artificial, sistemas de explotación, pastoreo, fertilidad.

### **Abstract**

The extensive exploitation system decreases gestation rate in goats submitted to male effect and inseminated with fresh semen. Thesis elaborated by: Lilia Irán Venegas López to get Master of Science degree at Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Thesis director: Dr. Gerardo Duarte Moreno.

The aim of this study was to determinate the influence of exploitation system over gestation percent in does exposed to male effect artificially inseminated with fresh semen. Were used 18 bucks, (6 vasectomized and 12 bucks) all of them sexually active due to photoperiodic treatment, 84 anestrous does divided into two groups, one group was penned (GE, n=42) and the other was taken to graze (GP, n=42), in both groups were applied 20 mg progesterone 48 h before the introduction of the vasectomized males. In April, the vasectomized males were put in contact with the does of both groups. GP group every morning were to graze, being penned every evening with the vasectomized males. The GE was in continuous contact with the males. The estrous were detected two times per day (AM-PM), 12 h after the does were inseminated with fresh semen. The latency, estrous duration, ovulatory rate and gestation were determined. The 90.5% of both groups presented estrus during the 11 days of biostimulation. The estrus latency was greater in GP ( $64.4 \pm 7.2$ h) than in GE ( $50.8 \pm 8.3$ h;  $P < 0.05$ ). The estrus duration had no difference between both groups, GP ( $28.7 \pm 2.4$ h) and GE ( $26.5 \pm 2.4$ h;  $P > 0.05$ ). There was no difference in ovulatory rate, GP ( $1.5 \pm 0.1$ ) and GE ( $1.7 \pm 0.1$ ;  $P > 0.05$ ). The pregnant does percentage was lower in the GP (50.0%) than in GE (82%;  $P < 0.05$ ). The exploitation system of grazing decreases gestation rate in does exposed to male effect and artificially inseminated with fresh semen.

### **Keywords:**

Goats, artificial insemination, exploitation systems, grazing, fertility.

## 1. Introducción

En México la caprinocultura es de gran importancia, siendo los estados de: Coahuila, Zacatecas, Puebla, Oaxaca y Guerrero los mayores productores de carne caprina aportando el 50% de la producción nacional. La producción caprina se ha convertido en una buena alternativa de producción animal por su capacidad para convertir la materia seca en leche más eficientemente que otros rumiantes (Amoah, *et al.*, 1996). En cuestión de producción de leche caprina los estados de Coahuila, Guanajuato y Durango aportan el 73% de la producción del país; en la Región Lagunera para el año del 2015 se contaba con una cifra de 413,217 cabezas de ganado caprino, mientras que la producción nacional de caprinos para el mismo año era de 8,724,946 cabezas (SIAP, 2017a). Para el año de 2016, en el estado de Coahuila se estimó una producción de leche de cabra de 43, 809 toneladas y para Durango fue de 26,453 toneladas (SIAP, 2017b).

La especie caprina presenta 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 supervivencia sean mayores (primavera: Malpoux, 2001). Este método de supervivencia se presenta en los ovinos y caprinos de las regiones templadas y subtropicales (Chemineau *et al.*, 1988; Chemineau *et al.*, 1992; Delgadillo, 2011). En la Comarca Lagunera, un alto porcentaje de partos en las cabras locales sucede entre noviembre y febrero, esto indica que el inicio de la actividad sexual ocurre en junio (Delgadillo *et al.*, 2004). Dicha estacionalidad limita la disponibilidad de los productos caprinos como son la leche y el cabrito, ya que lleva a una concentración al final del invierno y durante la primavera, ocasionando 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 favorecer la producción caprina en la temporada natural de inactividad sexual, se han desarrollado diferentes técnicas reproductivas, tales como el uso de hormonas exógenas y de bioestimulación sexual. Una técnica de bioestimulación sexual que ofrece ventajas es la llamada “efecto macho”. Los machos cabríos inducidos artificialmente a una intensa actividad sexual durante el período natural del reposo son capaces de modificar el anestro estacional de las cabras con las que tengan contacto, induciéndolas al estro y a la ovulación fuera del periodo natural de reproducción. Después de que las cabras inducidas por esta bioestimulación entran en actividad ovárica y se pueden utilizar diferentes técnicas para conseguir preñez como: la monta natural, inseminación artificial, por mencionar algunas. En la inseminación artificial (IA), el éxito de la fertilidad de las cabras depende del momento de la inseminación y la técnica en relación con la ovulación, por lo tanto, se requiere de una detección precisa del estro (Baril *et al.*, 1996). En la Comarca lagunera existen varios tipos de sistemas de producción, el de mayor auge entre los caprinocultores es el sistema de producción de pastoreo sedentario, donde los animales tienen áreas conocidas por su pastor para ir a consumir la vegetación disponible que las cabras seleccionan. Salen por la mañana y al regresar por la tarde-noche son resguardadas en corrales rústicos.

### **1.1 Planteamiento del Problema**

La IA es una tecnología ampliamente utilizada en el mundo para el mejoramiento genético en diferentes especies. En Francia, este mejoramiento en caprinos ha tenido gran relevancia al seleccionar sementales para el mejoramiento en la calidad de la leche (proteína y grasa). En México, ésta tecnología no es utilizada ampliamente en cabras productoras de leche, y prácticamente no ha sido utilizada en cabras de doble propósito explotadas en un sistema semi-extensivo, también conocido como pastoreo sedentario. Sin

embargo, en un programa de IA en caprinos es necesario que un grupo grande de hembras estén en estro en un corto período de tiempo de manera sincronizada. Cuando es utilizado el efecto macho en caprinos, se ha demostrado que un alto porcentaje de cabras presentan ciclos cortos, convirtiéndose en un problema para el desarrollo de un programa de IA.

La modificación de la estacionalidad reproductiva característica de los caprinos de las latitudes subtropicales, conllevará a que el productor obtenga crías adelantándose al periodo reproductivo natural de las cabras y por lo tanto un mejor ingreso por la venta de cabritos.

El estudio de la aplicación de la IA en caprinos en los sistemas de producción de pastoreo sedentario propio de la Región Lagunera, aportará beneficios a los productores caprinos.

## 2. Revisión de Literatura

### 2.1 Producción Caprina en México

En México existen diferentes sistemas de producción caprina, por ejemplo: los sistemas extensivos que requieren de grandes extensiones de terreno ya que las cabras se alimentan de la vegetación existente en forma semi-nómada o sedentaria. Este sistema, presenta la ventaja de abaratar costos en alimentación e instalaciones, pero generalmente sus rendimientos productivos son menores (Aréchiga *et al.*, 2008). Las cabras encastadas de México están caracterizadas por su variada morfología, bajos índices de producción de carne y leche. Sin embargo, a su favor tienen una gran capacidad de adaptación para sobrevivir en ambientes difíciles. Se distribuyen principalmente en zonas áridas y semiáridas (Hernández *et al.*, 2005). Los caprinos tienen la capacidad de subir árboles cuando la estructura de las ramas lo permita. Como son capaces de desplazarse a grandes distancias, tienen la oportunidad de consumir una mayor variedad de especies de forraje, además de tener una mayor tolerancia al sabor amargo maximizando su capacidad de pastoreo (Gihad *et al.*, 1980; Lu, 1988). En la Comarca lagunera, la alimentación de las cabras en pastoreo consiste en arbustos (*Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplex acantocarpa*, *Agave scabra*, *Mimosa biuncifera*), 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). Los sistemas intensivos que requieren de infraestructura para una producción establecida, además requieren de la provisión de concentrados alimenticios de gran valor proteico y energético. Este sistema, presenta la desventaja de tener mayores costos, pero facilita el manejo de los animales y se obtienen mejores índices productivos en producción de carne y leche (Aréchiga *et al.*, 2008). También existen los sistemas que son la combinación de los anteriores, donde los animales pastorean y ramonean durante el día y en la tarde-noche los animales son encerrados en instalaciones rústicas y ocasionalmente se les proporciona un suplemento alimenticio en el

corral. Algunas veces requiere la inversión en instalaciones y alimentos concentrados (Aréchiga *et al.*, 2008).

Los resultados de Duarte *et al.*, (2008) demuestran que las cabras locales expresan variaciones estacionales en actividad reproductiva en un ambiente subtropical. De hecho, muestran un claro contraste entre la temporada reproductiva que va desde septiembre hasta febrero, caracterizada por ciclos regulares ováricos y estrales en todas las hembras, y una temporada de reposo sexual con un número muy limitado de ciclos ováricos y estrales en algunos animales.

En los caprinos locales del norte de México, en particular los de la Comarca Lagunera (26°N), existe una estacionalidad reproductiva. En los machos el periodo de reposo sexual ocurre de enero a abril, mientras que en las hembras, el periodo de anestro sucede de marzo a agosto. 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 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, 1988). Lo que da la señal para el inicio y la duración de la estación reproductiva es el fotoperiodo, aunado a otros factores en los animales como: raza, origen geográfico, lactación, estado nutricional y las interacciones de tipo social (Arroyo, 2011). Los animales de reproducción estacional exhiben un ciclo anual de actividad sexual, alternado con periodos de reposo sexual. Esto implica una neuroplasticidad estructural y cambios funcionales en la actividad de las neuronas GnRH en el cerebro (Malpaux *et al.*, 2001; Lehman, 2002). La estacionalidad de la reproducción,

como parte del proceso de selección natural, es un mecanismo de adaptación desarrollado por algunos mamíferos como estrategia para minimizar el impacto adverso del medio ambiente. La estacionalidad reproductiva en la oveja, condujo al desarrollo de mecanismos especializados en la detección de señales ambientales que permiten determinar el momento óptimo para la reproducción. De todos los factores ambientales, el fotoperiodo es el más repetible y con variabilidad nula entre años. Por lo tanto, la duración de las horas luz, sincroniza el ciclo reproductivo anual de la oveja (Arroyo, 2011). Los venados, ovinos y caprinos tienen duraciones similares de actividad sexual, donde su época natural reproductiva es en otoño, por esta razón, son llamados especies de días cortos, en estos días se tiene mayor tiempo de secreción de melatonina, que actúa como señal neuroendocrina de la activación del eje reproductivo (Malpaux *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1992; Ebling, 2014). En los pequeños rumiantes como los caprinos y ovinos, la gestación tiene una duración de 148-153 (150 días promedio), la actividad sexual ocurre durante el otoño y el invierno, y los partos se producen a finales de invierno o principios de primavera (Ortavant *et al.*, 1985; Gerlach y Aurich, 2000). En zonas subtropicales, así como en latitudes medias y altas, las diferentes razas de ovinos y caprinos muestran cambios estacionales de la actividad reproductiva (Gómez-Brunet *et al.*, 2012). El comportamiento reproductivo de los caprinos es resultado de las variaciones estacionales de un ritmo circanual endógeno que se ve sincronizado y promovido por la sincronización de la luz y la melatonina, controlando la pulsatilidad de Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH), que procede del área preóptica y mediobasal del hipotálamo (Chemineau, 2010). La acción de la melatonina sobre la actividad reproductiva implica cambios en la secreción pulsátil de LH lo que probablemente refleja cambios similares en la liberación de LHRH (Malpaux *et al.*, 1994). En cabras anovulatorias la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH se incrementan a medida que se acerca la temporada reproductiva (Chemineau *et al.*, 1988). En los caprinos se ha mantenido esta capacidad de estacionalidad reproductiva, manifestando variaciones importantes en su actividad reproductiva anual de acuerdo a su

origen, localización geográfica (Duarte *et al.*, 2008), lactación, nutrición, interacciones sociales y fotoperiodo (Chemineau *et al.*, 2010) En muchas especies de mamíferos con estación reproductiva, la importancia del fotoperiodo como modulador del ritmo reproductivo estacional está bien definido (Fitzgerald *et al.*, 2002). En algunas razas caprinas existen diferencias en las fechas de inicio y fin de la temporada reproductiva, según la latitud geográfica en la que se encuentra el animal, las horas de luz diarias son diferentes (Chemineau *et al.*, 2010).

En machos locales de México subtropical, un descenso en comportamiento sexual fue reportado en marzo y abril (Delgadillo, 2011). Sin embargo, las actividades anuales sexuales y endocrinas (secreción de testosterona, comportamiento sexual, producción de esperma cuantitativa y cualitativa), coinciden con la temporada seca y consecuentemente con una reducción marcada en cantidad y calidad de disponibilidad natural de alimento en nuestra localización, se hipotetizó que falta de nutrientes fue el factor responsable por este descenso en actividad sexual en machos durante este periodo del año, como se reportó anteriormente en otras razas subtropicales (Walkden-Brown *et al.*, 1994).

En un estudio de Delgadillo *et al.* (1999), en los machos: el peso testicular, concentración de testosterona y producción de semen, varió estacionalmente cuantitativa y cualitativamente, siendo mayor durante la temporada reproductiva, la cual dura desde finales de primavera a otoño, que durante la temporada no reproductiva. Estos resultados mostraron que los machos cabríos exhibían variación estacional en su actividad sexual incluso si vivían en lugares cerrados y recibían un nivel nutricional compatible con sus requerimientos, por lo que sugiere que la reducción en disponibilidad de alimento observada durante la el periodo de descanso estacional no es el factor responsable por la reducción en actividades sexuales y endocrinas en estos machos subtropicales.

### 2.2.1 Fotoperiodo Regulador de la Estacionalidad Reproductiva

Las características reproductivas de machos y hembras caprinos han permitido demostrar el rol del medio ambiente, como una herramienta para desarrollar técnicas relevantes para manipular la actividad sexual de los animales. El fotoperiodo es el mayor indicador que acciona y sincroniza la estación reproductiva en los caprinos subtropicales de México (Delgadillo, 2011).

En el norte árido mexicano, en particular 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 presencia de macho, la nutrición y el fotoperiodo (Chemineau, 1983). En los caprinos originarios de latitudes templadas y subtropicales, el fotoperiodo es el principal factor medio ambiental que determina la estacionalidad de la actividad sexual (Malpaux *et al.*, 1996; Martin *et al.*, 1999). La percepción de la cantidad de horas luz, es decir, la información fotoperiódica de los días cortos (8 horas de luz al día), es captada por la retina y el impulso pasa a través del tracto retinohipotalámico (TRH), hasta el hipotálamo en los núcleos supraquiasmáticos (NSQ), donde los ganglios superiores (GCS) atraviesan los núcleos paraventriculares hasta llegar a la glándula pineal, donde los pinealocitos captan el triptófano para convertirlo melatonina y llegue a los lugares donde tendrá su función (Karsch *et al.*, 1988; Chemineau *et al.*, 1992b; Thiery *et al.*, 2006). La melatonina se une a receptores que se encuentran en el eje hipotálamo-pituitario-gonadal, para luego modular la pulsatilidad de GnRH que a través del sistema porta hipofisiario llega a la adenohipófisis estimulando la síntesis de las hormonas folículo estimulantes (FSH) y hormona estimulante de las células intersticiales (LH) o también llamada luteinizante, para luego viajar hacia las gónadas (Malpaux *et al.*, 1993).

El efecto macho “clásico” que en las hembras provoca un incremento en la frecuencia de pulsos de LH y resulta en una ovulación 2 a 3 días después

parecer ser una descripción muy restrictiva del fenómeno. Parece posible que, en genotipos altamente estacionales por lo menos, los machos pueden inducir una aceleración gradual de pulsos, y adelantando el inicio de ciclación espontánea (Delgadillo *et al.*, 2009).

### **2.3 Machos**

Los resultados de Delgadillo y Vélez (2010), demuestran que un tratamiento fotoperiódico de días largos puede inducir actividad sexual en machos alpinos durante la temporada no reproductiva bajo una latitud subtropical. En efecto, 16 horas de luz al día entre diciembre 1 y febrero 15 indujo en machos un estímulo significativo sobre la secreción de testosterona, olor y comportamiento sexual. Además, la activación de estos indicadores de actividad sexual por este tratamiento de fotoperiodo permitió que estos machos indujeran actividad estral y ovárica en hembras alpinas anéstricas criadas bajo la misma latitud subtropical, pero manejadas bajo condiciones fotoperiódicas naturales. La actividad sexual y respuesta al tratamiento fotoperiódico de machos alpinos (criollos: Delgadillo *et al.*, 2011) en el experimento estuvo en el rango de lo que pudo haber sido esperado de estudios bajo latitudes templadas. La actividad sexual de machos alpinos puede ser inducida en los subtrópicos usando solamente días largos artificiales, a pesar de la estacionalidad reproductiva de esta raza. Además, el estímulo provisto por los machos tratados de esta manera puede inducir actividad sexual en hembras anovulatorias de la misma raza sin necesidad de dar un tratamiento diferente a las hembras de lo que resultó para la misma raza bajo latitudes templadas.

En los machos la FSH actúa en las células de Sertoli, secretando proteínas de unión a testosterona (Androgen Binding Protein, ABP), además de la producción de activina e inhibina que regulan la liberación de FSH, mientras que la LH tiene acción en las células de Leydig para estimular la síntesis y secreción de testosterona (Bustos y Torres-Díaz, 2012). La testosterona es la hormona responsable de la espermatogénesis y el comportamiento sexual;

durante la época de reposo cuando disminuye la testosterona, también disminuye el olor y el comportamiento sexual (Walkden-Brown *et al.*, 1993; Delgadillo *et al.*, 1999,). Los machos encastados del subtrópico de México en latitud de 26°N, muestran variaciones estacionales en la secreción de testosterona, peso testicular, cantidad y calidad del semen presentan niveles más altos durante la época de actividad sexual, por el contrario en el periodo de reposo sexual, la secreción de testosterona, calidad y cantidad del semen presentando valores bajos y en consecuencia el comportamiento y las respuestas hormonales dependientes de esta hormona se ven disminuidos o nulos en la mayoría de los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 1999). Los machos de razas caprinas originarias de latitudes templadas (>40°), manifiestan estacionalidad reproductiva (Malpoux, 1996; Delgadillo *et al.*, 1999). En los machos de las razas Alpina y Saanen mantenidos en el hemisferio norte, la actividad sexual se desarrolla de septiembre (otoño) a febrero (invierno). En consecuencia, el periodo de reposo sexual se presenta de marzo (primavera) a agosto (verano; Delgadillo *et al.*, 1991; Delgadillo y Chemineau., 1992).

En los machos existen también tratamientos hormonales con los que se puede inducir una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo. En los machos cabríos de la raza Payoya, la aplicación de 3 implantes subcutáneos de melatonina (18 mg/cu) durante la temporada de reposo sexual en el hemisferio norte (primavera), provoca que la concentración de testosterona sea mayor en los machos que recibieron melatonina que en los machos no tratados; y el comportamiento sexual es más intenso que en los machos testigo (Zarazaga *et al.*, 2009; Zarazaga *et al.*, 2010). En carneros, en el hemisferio norte, Rosa *et al.*, (2000) trataron machos con un implante subcutáneo de melatonina (18 mg) durante la temporada de reposo sexual (mayo-junio), y observaron que los machos tratados mejoraron su comportamiento sexual y fueron más eficientes para estimular la respuesta ovulatoria de las hembras expuestas al efecto macho, que los machos sin tratamiento de melatonina (56% vs. 24%, respectivamente  $P < 0.01$ ). Por su parte, en Australia, Signoret *et al.* (1982)

trataron carneros de la raza Merino con testosterona (105 mg. IM) durante la temporada de reposo sexual en el hemisferio sur (octubre-noviembre) y a su vez tuvo un grupo de machos testigos los cuales se encontraban en época natural los machos que fueron tratados desplegaron mayor comportamiento sexual al ser expuestos a la hembras, dando como resultado que la respuesta ovulatoria de las hembras durante el efecto macho fuera mejor en el grupo de hembras que estuvieron expuestas a los machos tratados en comparación de aquellas que estuvieron en contacto con el grupo testigo los cuales presentaron un comportamiento sexual débil.

En otro estudio realizado por Ungerfeld *et al.* (2014) durante la temporada de reposo sexual en el hemisferio sur (octubre-noviembre), los carneros recibieron 1000 UI de eCG por vía intra-muscular (IM) los días -7 y -3 antes ponerlos en contacto con las ovejas para el efecto macho. Ellos, observaron que la concentración de testosterona fue mayor en los machos tratados con eCG que en los machos testigo no tratados (60 nmol/L vs. 15 nmol/L; respectivamente); además, estos machos tratados con eCG, fueron más eficientes para estimular la actividad estral de las ovejas que los machos testigo (63% vs. 38%, respectivamente).

#### **2.4 Ciclo Estral de las Cabras**

Las cabras presentan en la época de actividad sexual, estro y ovulación en promedio, cada 21 ó 22 días aproximadamente y en la época de anestro se caracteriza por la ausencia total de actividad sexual. Sin embargo, existen ciclos cortos (<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 fotoperiodo 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 Hormona Folículo Estimulante (FSH), la

Hormona Luteinizante (LH), el Estradiol (E2) y la Progesterona (P4). Durante la fase folicular (comprende desde el crecimiento de los folículos hasta la ovulación; Driancourt, 2001). Las gonadotropinas 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 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 la Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH) desde el hipotálamo, resultando en un pico pre-ovulatorio, por Feed Back positivo de LH, de amplitud y frecuencia suficiente para estimular la maduración final del folículo y la posterior ovulación (Franco y Uribe-Velásquez, 2012), entonces la fase lútea comprende desde la formación del cuerpo lúteo hasta su destrucción o luteólisis (Driancourt, 2001). El ciclo estral de la hembra caprina se divide en 2 fases: la folicular y la luteal, después de la ovulación del 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.*, 1983; Flores *et al.*, 2000). En cambio, las ovulaciones que no son acompañadas de estro se observan al final de la estación sexual (Chemineau *et al.*, 1992; Rivera *et al.*, 2003).

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; Hunter, 1991; 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; Chemineau *et al.*, 1992; Cerbito *et al.*, 1995; Flores *et al.*, 2000).

## **2.5 Métodos de Inducción y Sincronización del Estro y la Ovulación de las Hembras Caprinas**

### **2.5.1 Tratamientos Hormonales**

Se han utilizado varias técnicas para inducir el estro fuera de la época reproductiva natural (Ungerfeld y Rubianes, 2002). La sincronización del estro es una herramienta importante en el extenso uso de la inseminación artificial en los pequeños rumiantes (Baril *et al.*, 1996). Para inducir y sincronizar la actividad reproductiva de las ovejas y cabras se han utilizado diferentes tratamientos como son el uso de progestágenos como MAP FGA y progesterona. Desde 1960, los dispositivos intravaginales impregnados con progesterona o progestágenos se han usado exitosamente para inducir y sincronizar los ciclos estrales y la ovulación en los pequeños rumiantes (Braden *et al.*, 1960; Robinson, 1965; Corteel *et al.*, 1975; Ritar *et al.*, 1984; Leboeuf *et al.*, 1998). Sin embargo, el uso de progesterona reduce el transporte y la supervivencia espermática (Allison y Robinson, 1970).

Inicialmente el tiempo del tratamiento con las esponjas dentro de la vagina era de 21 días; sin embargo, estos tratamientos por periodos prolongados han sido asociados con baja fertilidad (Viñoles *et al.*, 2001; Menchaca y Rubianes, 2004), la cual es atribuida a cambios en la contractilidad cérvico-uterina con una subsecuente alteración en el transporte espermático (Allison y Robinson, 1970; Pearce y Robinson, 1985; Holtz, 2005). Por tal motivo se han desarrollado otros

tratamientos de duración más corta, los cuales consisten en la inserción intravaginal de esponjas impregnadas con 20 o 45 mg de acetato de fluorogestona (FGA), que permanecen en la vagina por un periodo de  $11 \pm 1$  día y 48 horas antes de retirar las esponjas se aplican de 400 a 600 UI de eCG (Viñoles *et al.*, 2001; Ungerfeld y Rubianes, 2002) En años recientes se han desarrollado métodos de duración ultra corta (5 a 7 días) con progestágenos intravaginales en ovejas de Uruguay, los cuales han demostrado tener buena eficacia al inducir el estro y la ovulación ocurrió alrededor de 60 horas después de retirar el dispositivo intravaginal en más del 90% de las hembras que se encuentran en reposo sexual (Viñoles *et al.*, 2001; Ungerfeld y Rubianes, 2002).

En cabras, el protocolo hormonal nombrado como ultra-corto, es también utilizado durante 5-7 días para inducir, sincronizar el estro y la ovulación. En efecto, el tratamiento consistió en la aplicación de esponjas intravaginales conteniendo MAP (60 mg) adicionalmente, se aplicó un análogo de prostaglandina F<sub>2</sub> $\alpha$  (delprostenato, 160  $\mu$ g) por vía intra-muscular (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; Menchaca y Rubianes, 2007).

Durante las últimas décadas en gran parte del mundo ha aumentado la demanda de productos "limpios", es decir productos que estén libres de hormonas exógenas. Para poder comercializar este tipo de productos se han tenido que modificar algunas prácticas de manejo y producción reduciendo al mínimo o evitando completamente los tratamientos químicos y hormonales de los animales (Martin, 2006).

En los países europeos las normas son cada vez más restrictivas y en el caso de la administración de progestágenos, los contenidos liberados en la leche de las cabras mientras están sometidas a estos tratamientos, superan los límites máximos de residuos marcados en estas normas. Además, existen hormonas

que llegan a provocar efectos adversos, como es la eCG (gonadotropina coriónica equina), después de un uso prolongado de esta hormona la fertilidad empieza a descender, pues se crean anticuerpos que evitan la efectividad de la eCG. Por estos y más motivos, 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).

Sin embargo, la progesterona ha sido utilizada en métodos como la bioestimulación para reducir la presentación de ciclos cortos (Adib *et al.*, 2014). En efecto, la aplicación de P4 en cabras 48 horas 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).

### **2.5.2 Bioestimulación Sexual**

La interacción social entre parejas de la misma especie puede llevar a cambios importantes en su status reproductivo. La exposición de cabras y ovejas estacionalmente anovulatorias a machos puede estimular y sincronizar su actividad sexual (Chemineau, 1987; Rosa *et al.*, 2000). Este fenómeno de bioestimulación sexual se conoce como el “efecto macho” y ha sido estudiado extensamente en cabras y ovejas (Flores *et al.*, 2000; Gelez y Fabre-Nys, 2004). En estas especies, la respuesta de las hembras a la introducción de machos involucra un incremento rápido de secreción de hormona luteinizante (LH) la cual culmina en un pico preovulatorio provocando la ovulación (Ungerfeld *et al.*, 2004).

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; Rekwot *et al.*, 2001). La bioestimulación o comunicación feromonal juega un importante papel 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 del anestro postparto en animales domésticos (Rekwot *et al.*, 2001).

La bioestimulación sexual conocida como “efecto macho”, es un método de inducción a la actividad sexual, consiste en inducir la actividad ovulatoria en las hembras anéstricas mediante la introducción de un macho sexualmente activo (Underwood *et al.*, 1944; Shelton, 1960; Delgadillo *et al.*, 2015). Este fenómeno es multisensorial e involucra: olfato, vista, tacto y el oído (Delgadillo *et al.*, 2003). La máxima respuesta estral de las cabras se obtiene cuando todas las señales (feromonas; Gelez y Fabre-Nys, 2004) y conductas sexuales de los machos son exhibidas (aproximaciones, olfateo ano-genital, montas, intentos de monta, flehmen, automarraje con orina; 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), además de esto, la eficiencia del efecto macho puede ser influenciada por factores como: el tiempo de contacto entre los sexos, la novedad o familiaridad de los machos (Loya-Carrera *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2017).

En caprinos durante el efecto macho el cual es un método de bioestimulación en el cual se induce la actividad reproductiva en las hembras anéstricas, los ciclos ovulatorios de duración corta son comunes y las ovulaciones pueden dissociarse 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).

Utilizando machos sexualmente activos, se ha demostrado que la presencia continua del macho hasta la ovulación no es necesaria para maximizar la

respuesta al efecto macho. 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), subrayan 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 de estro y ovulación pueden ser obtenidos en cabras en descanso 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).

Por medio 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; Ungerfeld *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 entre el macho y las hembras.

La presencia continua de machos estimuladores parece 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. Parece probable que cada reintroducción de machos inducirá pulsos de LH, especialmente con machos sexualmente activos, y que estos estallidos de

pulsos de LH sucesivos son suficientes para promover desarrollo ovárico folicular a través de retroalimentación positiva, el surgimiento de LH y ovulación. 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 nuevos (Delgadillo *et al.*, 2009).

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 del 90% de las cabras presentaron estrus. 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. Recientemente 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, es decir, en el periodo de contacto de los machos sexualmente activos que han sido foto-estimulados cuando son puestos en contacto con hembras anéstricas, ocurre que la mayoría de las cabras (>90%) ovulan al ser expuestas a esos machos, los cuales despliegan un intenso comportamiento sexual. En cambio, pocas cabras (<10%) ovulan cuando son expuestas a machos en reposo sexual, ya que los machos foto-estimulados suelen presentar mayor despliegue de comportamiento sexual durante el efecto

macho a comparación de aquellos machos que no fueron tratados con luz (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002).

El efecto macho es un método multisensorial, es decir en el intervienen todas las señales sensoriales, sin embargo, existen más factores que intervienen en la eficacia del efecto macho entre ellos el tiempo de contacto. Se ha demostrado que la respuesta estral de las hembras caprinas locales de la Comarca Lagunera no disminuye (>90%) cuando se reduce el tiempo de contacto con los machos foto-estimulados de 24 a 16 horas por día durante 18 días consecutivos (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007).

## **2.6 Inseminación Artificial (IA)**

La inseminación artificial es la técnica más importante creada para el mejoramiento genético de los animales (Aisen y Medina, 2000). El éxito de la IA está basado en la eficiencia para coleccionar y criopreservar los espermatozoides provenientes de machos de calidad (Amoah y Gelaye, 1997).

El uso de IA con espermatozoides de machos seleccionados ha conducido a un incremento en la producción en cantidad y calidad de leche en cabras. Más allá de las mejoras genéticas, el uso generalizado de IA depende si el tratamiento utilizado para inducir y sincronizar el estro resulta en una buena tasa de fertilidad (Baril *et al.*, 1996).

Resulta más fácil trabajar con IA a tiempo fijo, pues se tiene la ventaja de no tener que detectar el estro y establecer el tiempo en que se realizará la inseminación dependiendo del método que se utilice para la sincronización de las cabras. Aunque en animales sincronizados, esta metodología reduce la fertilidad luego de la inseminación artificial. Es por eso que se recomienda la detección de estro y posterior inseminación a las 12 horas de detectado el mismo (Aisen y Medina, 2000).

La IA puede ser vaginal, cervical o intrauterina, los métodos difieren en cuanto a su complejidad y expectativas de éxito. El éxito de la inseminación se debe al buen funcionamiento de las diversas etapas que la comprenden y que se pueden sintetizar en: recolección, evaluación, dilución, conservación, aplicación y el control de los diversos factores que influyen en la calidad del mismo (Forcada, 1996).

La inseminación con semen fresco y/o refrigerado es la técnica de elección cuando los machos se encuentran en el establecimiento o en un radio cercano (cooperativas de productores de la región compartiendo el uso de reproductores). En estos casos, la inseminación vaginal (fresco) o intracervical (refrigerado) sobre estro natural o sincronizado, permiten obtener altas tasas de gestación (>60%) y no requieren equipamiento costoso o entrenamiento sofisticado (Baldassarre, 2007).

La IA vaginal es la más simple y rápida, además es la más utilizada con semen fresco diluido, pero requiere más dosis de semen, generalmente más de 100 millones de espermatozoides, que si se utilizara alguno de los otros métodos. Consiste en la deposición de semen dentro de la vagina anterior sin intento de localizar el cérvix, y esta técnica es fácil para realizarla, ya que solo se requiere sujetar a la oveja o cabra, introducir profundamente una pipeta en la vagina donde el semen es depositado (Ritar, 1993).

La IA cervical puede realizarse con semen fresco o descongelado. Con la vulva limpia, se introduce el espéculo (8–10 cm) utilizando una fuente de luz, se localiza la entrada del cérvix en la base de la vagina, el inseminador pone la pistola de inseminación en el cérvix y lo empuja suavemente no penetrando más de 2 cm. Salamon y Maxwell (2000), analizando diferentes estudios sobre el sitio de deposición del semen en ovejas inseminadas por diferentes métodos, determinaron que la IA trans cervical-intrauterino y cervical dependiendo de la profundidad, tuvieron una fertilidad del 74.5% y de 25 a 76%, respectivamente.

Aisen y Medina, (2000), en un estudio realizado con 77 cabras (raza Angora) en Patagonia, Argentina, concluyen que si bien la inseminación cervical a tiempo fijo, lo que significa que no se tienen que detectar estros para la inseminación, resulta una herramienta sencilla en los programas de mejora genética utilizando semen fresco y/o refrigerado, la detección de estro ayuda a mejorar los valores de fertilidad cuando se utiliza la inseminación artificial cervical con semen congelado-descongelado.

La IA intrauterina por laparoscopia, para esta técnica es necesario el uso de anestésicos, ya que el animal deberá permanecer postrado en la posición decúbito dorsal, se debe utilizar un sistema óptico y una fuente de luz fría a través de una fibra óptica. En esta técnica se procede a introducir el trocar y la cánula en la cavidad abdominal en el lado izquierdo de la línea media. El trocar es retirado y el telescopio es insertado. Después un pequeño volumen de bióxido de carbono o aire que es necesario para observar el contenido abdominal e identificar el útero que está cerca de la vejiga. El trocar y la cánula por donde entrarán los instrumentos para la IA, se insertan en la parte derecha de la línea media (Delgadillo, 2005). A diferencia de los demás métodos de IA en el de laparoscopía en hembras caprinas Cashmere se utilizaron dosis más bajas de espermatozoides totales (5-60 millones: Ritar *et al.*, 1990). Este método de inseminación tiene un éxito que varía con respecto a la profundidad de penetración, consumen tiempo y son estresantes para el animal.

### **2.6.1 Recolección, Manejo y Preservación del Semen Para IA**

La recolección de semen se hace mediante el uso de una vagina artificial, previo estímulo por hembras en estro, antes se realiza limpieza del área prepucial para eliminar la presencia de material contaminante y de pelos circundantes, una vez que el macho eyaculó en la vagina artificial, la muestra de semen llega al tubo cónico de cristal y graduado de 15 ml, adaptado al cono de la vagina artificial y se agrega el diluyente, en la cantidad proporcional para

la concentración espermática que se desea en las pajillas (de 5 a 200 millones: Evans y Maxwell, 1987; Ritar y Ball, 1993; Nieto-Escorcía *et al.*, 2012).

La crio-preservación de semen de mamíferos es un proceso complejo, en el que intervienen muchos factores. La posibilidad de preservar espermatozoides congelados de las especies domésticas es todo un reto, debido a que las células deben soportar condiciones de estrés físico relacionadas con los procesos de crio-conservación (Nieto-Escorcía *et al.*, 2012). Baldassarre (2007) menciona que, para evitar daño espermático, al menos 2 estrategias han sido utilizadas con éxito: la centrifugación del eyaculado eliminando así el plasma seminal previo al uso de diluyentes convencionales (20% yema de huevo); el uso de diluyente con bajo porcentaje de yema (2%) aunque estos diluyentes pueden resultar en insuficiente protección de membranas durante la refrigeración. Valencia *et al.*, (1994), describen el proceso de congelación de la siguiente manera: se vacía nitrógeno líquido en una caja de poliestireno hasta obtener un nivel de 15 cm, después, las pajillas (el llenado de las pajillas con 0.25 ml, (Ritar *et al.*, 1993) con un promedio de 200 millones de espermatozoides cada una y previamente identificadas, colocadas en un vaso de precipitado con agua a 37 °C, posteriormente se llevan a refrigeración, para disminuir su temperatura a 5 °C en el transcurso de 2.5 h, como periodo de equilibrio), luego son expuestas a vapores de nitrógeno (-75 °C), colocándose en posición horizontal a 5 cm sobre el nivel del mismo durante 15 min. Posteriormente se sumergen al nitrógeno líquido para su congelación a -196 °C.

## **2.7 Estrés y su Efecto en la Reproducción**

El estrés desarrolla mecanismos de adaptación al medio ambiente donde el organismo sufre una descarga que sobrepasa las capacidades normales y originando cambios en las funciones biológicas y que pudiera 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 (Trevisi y Bertoni, 2009). Se ha denominado "diestrés", cuando la respuesta del animal al factor estresante provoca riesgos a su bienestar y su vida (Morméde *et al.*, 2007; Mucio, 2007). De acuerdo con la duración y sus efectos, el estrés puede ser agudo (transitorio) o crónico (de largo efecto; Mucio, 2007).

Las altas temperaturas del medio ambiente pueden causar una disminución en la fertilidad, calidad y producción de semen. La producción de crías por las hembras de muchas especies es afectada por las altas temperaturas del medio ambiente. De cualquier manera, 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).

Se considera que la temperatura de confort de ovinos y caprinos es de 29-32 y de 35 a 40 °C, respectivamente, sin embargo, hay que considerar el origen de las razas (De Lucas Tron, 1986). Los trastornos en la reproducción por causa del estrés calórico 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 de corticotrópicas de la glándula hipófisis, esto promueve la liberación de la

hormona adrenocorticotrópica (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 corticoesteroides provoca que los testículos disminuyan la producción de andrógenos (Ulberg, 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).

La mayor liberación de la hormona LH induce la ovulación y posterior luteinización del folículo dominante, da lugar a la formación de un cuerpo lúteo que debe ser capaz de producir niveles de P4 adecuados para que se establezca un ambiente receptivo en el útero para la implantación del embrión (Gonella *et al.*, 2010). En la implantación embrionaria, que inicia con la fijación del blastocito al útero, y termina con la formación definitiva de placenta en ovinos y caprinos, sucede en el día 17, pero solo puede ocurrir cuando el embrión y el endometrio han alcanzado un estado de madurez preciso (Carsson *et al.*, 1998; Fleming *et al.*, 2001; Castañeda, 2011). Durante el proceso de estrés crónico el embrión puede morir debido a que no produce una cantidad necesaria de interferón TAU para no inhibir la luteólisis. (Gonella *et al.*, 2010).

En los rumiantes la tasa de fecundación después de la IA es alta, en la mayoría de los casos corresponde al 80%; mientras que la de supervivencia embrionaria disminuye hasta el 56% (Quesnel *et al.*, 2010). En la oveja, existen ciertos factores que van a perjudicar la supervivencia de los embriones, limitando de esta manera la función reproductiva de los rebaños (Gonella *et al.*, 2010). La pérdida embrionaria puede ser causada por factores ambientales, nutricionales

y sociales estresantes los cuales alteran la concentración de las hormonas que controlan la supervivencia embrionaria. (Tabarez *et al.*, 2009).

### **3. Objetivo**

Determinar la influencia del sistema de explotación sobre el porcentaje de gestación en cabras expuestas al efecto macho e inseminadas con semen fresco.

### **4. Hipótesis**

El sistema de explotación influye en la tasa de gestación en cabras que son expuestas al efecto macho e inseminadas con semen fresco.

## 5. Materiales y Métodos

### 5.1 Ubicación del Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en el ejido La Crisis perteneciente al municipio de Matamoros, Coahuila. El ejido forma parte de la Comarca Lagunera, localizada al norte de México a una latitud de 26° 37'N y a una altitud de 1100 msnm. El sistema de producción que predomina es el semi-extensivo o pastoreo sedentario, donde los animales salen al campo diariamente por la mañana guiadas por un pastor a buscar alimento y regresan a por la tarde a resguardarse durante la noche en un corral rústico.

### 5.2 Animales Experimentales

#### 5.2.1 Machos

Se utilizaron 18 machos cabríos encastados con edad promedio de 3 años, sexualmente activos por foto-estimulación. Doce machos se conservaron enteros y seis fueron vasectomizados. La alimentación que se les proporcionó se basó en alfalfa henificada (18% de PC y 1.95 Mcal/kg de energía) y en concentrado comercial (18% de PC y 2.05 Mcal/kg de energía). El agua y las sales minerales se les proporcionaron *ad libitum*.

El tratamiento fotoperiódico de los machos inició el 2 de noviembre de 2014 y terminó el 16 de enero de 2015. Así, los machos recibieron 2.5 meses de días largos artificiales (16 horas luz/día), posteriormente al día 16 de enero, los machos percibieron las variaciones de la luz natural de días crecientes.

Los corrales donde se alojaron los machos cabríos fueron equipados con lámparas fluorescentes comprobando que la intensidad luminosa en todo el corral fuera en promedio de 300 lux a nivel de los ojos de los machos. Las lámparas fueron programadas para encenderse automáticamente de las 06:00 y se apagaban a las 09:00 h. Posteriormente, se volvían a encender de las

17:00h y se apagaban a las 22:00h, con ello se proporcionaron 16 h luz y 8 h oscuridad. A partir del 16 de enero de 2016, se suspendió la luz artificial.

### 5.2.2 Hembras

Se utilizaron cabras locales de Comarca Lagunera. Se conformaron dos grupos de hembras pertenecientes a un mismo hato caprino. Un grupo de cabras continuó en pastoreo (GP, n=42) y otro grupo cabras que fue estabulado (GE, n=42) y separadas del grupo de pastoreo, estos dos grupos fueron divididos a su vez en 3 corrales (n=14), que estuvieron contiguos, con medidas de 5 x7m por cada corral.

La edad promedio de las cabras utilizadas fue de 3 años. En marzo, 15 días antes de iniciar el experimento, todas las cabras experimentales fueron sometidas a un estudio de ultrasonografía transrectal, para ello se utilizó un dispositivo de Aloka SSD-500 conectado a un transductor transrectal de 7.5 MHz para determinar si las hembras se encontraban en estado anovulatorio. La alimentación de las hembras del grupo pastoreo se basó en el aprovechamiento de la vegetación nativa arbustos (*Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplexacantocarpa*, *Agave scabra*, *Mimosa biuncifera*), plantas herbáceas (*Heliantusciliaris*, *Salsolakali*, *Solanum elaeagnifolium*) y pastos (*Sorghumhalepense*, *Chlorisvirgata*, *Setaria verticillata*, *Eragrostispectinacea*, *Bouteloua curtispindula*, *Bouteloua barbata* y *Aristida purpurea*), ocasionalmente de esquilmos agrícolas como: maíz (*Zea mays*), avena (*Avena sativa*), sorgo (*Sorghum*), remolacha (*Beta vulgaris*) y también se les proporcionó grano de sorgo escobero (*Sorghum bicolor*) como suplementación alimenticia.

El grupo estabulado tuvo una alimentación basada en alfalfa henificada con 18% de PC y 1.95 Mcal/kg de energía, de acuerdo a sus requisitos nutricionales y suplementadas con grano de sorgo escobero (10.2% PC, grasa 1%, CHOs 73.2%). El agua y las sales minerales se les proporcionaron *ad libitum* en los dos grupos.

Dos días antes del inicio del experimento las hembras fueron separadas en dos grupos, distribuidas homogéneamente según su condición corporal ( $2.1 \pm 0.05$  en ambos grupos); la condición corporal se determinó mediante la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.*, (1997) que va de la escala del 1-4, donde 1 corresponde a animales emaciados y 4 a obesos.

A todas las hembras utilizadas en el experimento, se les aplicaron 20 mg de progesterona 48 horas antes de la introducción de los machos.

El 4 de abril a las 19:00 h, los machos vasectomizados y foto-estimulados fueron puestos simultáneamente en los dos grupos experimentales. Dichos machos fueron intercambiados entre subgrupos cada 12 horas (07:00 y 19:00 h) y permanecieron con las hembras durante 11 días. Para esto se utilizó una proporción de 1 macho por cada 14 hembras.

El grupo de pastoreo sedentario (extensivo) permanecía en el campo 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), esta rutina se siguió durante todo el tiempo del experimento (11 días).

El grupo estabulado permaneció en contacto con el macho las 24 horas del día durante todo el tiempo del experimento.

### **5. 3 Colecta de Semen y Preparación de Pajillas**

La colecta se realizó mediante vagina artificial; para estimular la monta y la consecuente eyaculación se utilizó una hembra previamente inducida al estro con la aplicación intramuscular de 4 mg de cipionato de estradiol. La recolección del semen se realizó por la mañana o por la tarde de acuerdo a la detección de hembras en estro. Inmediatamente después de la colecta, el semen fue evaluado determinándose la concentración espermática, la motilidad

y el porcentaje de vivos y muertos para después hacer el cálculo del diluyente a agregar para el empajillado con la concentración deseada.

El diluyente se preparó con leche descremada en polvo, dextrosa anhidra y agua bidestilada de acuerdo con la técnica descrita por el manual para la inseminación en ovejas y cabras (Chemineau *et al.*, 1991). La solución se sometió a baño maría y se mantuvo durante 10 minutos a 90°C, posteriormente fue enfriada a temperatura ambiente. Las pajillas utilizadas fueron de 0.25 ml y se les llenó con una concentración aproximada de 200 millones de espermatozoides. Inmediatamente después de la preparación de las pajillas, éstas se colocaron en una hielera para conservar el semen, hasta el momento de la inseminación. Desde la extracción del semen hasta la inseminación transcurrieron en promedio 40 minutos.

#### **5.4 Inseminación Artificial**

Las cabras fueron inseminadas 12 horas después de ser detectadas en estro. A partir de que las cabras fueron detectadas en estro, se apartaron en un corral para su posterior inseminación. Las cabras fueron inseminadas según el siguiente procedimiento: en el caso de ser detectadas en estro durante la mañana, se inseminaron por la tarde. A su vez las hembras detectadas en estro en la tarde, se inseminaron a la mañana del día siguiente.

#### **5.5 Variables Evaluadas en el Semen**

##### **5.5.1 Volumen de Eyaculado**

El volumen del eyaculado fue determinado con la ayuda del tubo colector de vidrio, graduado en divisiones de 0.01 ml, que se conectaba al cono de la vagina artificial. La medición se hizo por observación directa de la marca del volumen en el tubo.

### **5.5.2 Concentración Espermática**

Para determinar la concentración espermática se utilizó el Goat Spermacue™, marca Minitube®, que de manera automática calcula dicha variable de cada muestra.

### **5.5.3 Motilidad Espermática**

La medición de la motilidad espermática se realizó inmediatamente después de la recolección de la muestra, colocando una gota del semen sin diluir en un porta objetos y colocándole encima un cubreobjetos. Los espermatozoides se observaron mediante un microscopio óptico a 400X, se evaluó la motilidad, la formación de las ondas producidas por el desplazamiento de los espermatozoides, la escala de la motilidad se asigna de 0 al 5 (cero representa ningún movimiento detectado y cinco el valor máximo en que el movimiento forma olas y remolinos).

### **5.5.4 Espermatozoides Vivos y Muertos**

Por observación de la muestra al microscopio se determinó el porcentaje de espermatozoides vivos y muertos.

## **5.6 Variables Evaluadas en las Hembras Caprinas**

### **5.6.1 Detección de Estro**

La detección de estro se realizó dos veces al día, una durante la mañana y otra por la tarde (7:00 y 19:00 h), se utilizaron los machos vasectomizados, a dichos machos se les colocó un peto para evitar que penetraran a las hembras. Se consideró que las hembras se encontraban en estro si estas permanecían inmóviles permitiendo que el macho las montara (Fabre-Nys y Gelez, 2007).

Para facilitar la detección del estro al momento de la detección, por la mañana y la tarde, se realizó un intercambio entre los machos de los diferentes grupos.

De esta manera se aprovechó el estímulo del efecto novedad al contacto con hembras diferentes a las que convivían (Loya-Carrera *et al.*, 2014).

Al detectar cabras en estro, éstas fueron separadas del grupo en otro corral, posteriormente fueron inseminadas y después fueron reintegradas a sus respectivos grupos.

### **5.6.2 Latencia al Estro**

Para cada cabra se contó el tiempo en horas, desde la introducción de los machos (día 0) hasta que se detectó el estro, esto se designó como latencia.

### **5.6.3 Duración del Estro**

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

### **5.6.4 Tasa Ovulatoria**

El día 18 post introducción de los machos vasectomizados, mediante el US transrectal, se identificó el número de cuerpos lúteos presentes en los ovarios y determinó que la presencia de un CL existió una ovulación. La tasa ovulatoria se calculó al dividir el número de cuerpos lúteos entre el número de hembras que ovularon.

### **5.6.5 Porcentaje de Cabras Gestantes Después de la Inseminación Artificial con Semen Fresco**

Se realizó mediante ultrasonografía transrectal a los 73 días después de la introducción de los machos vasectomizados a las 84 cabras del experimento. Se consideró gestante a las cabras a las cuales se les observó saco vitelino y/o embriones.

### **5.7 Análisis Estadístico**

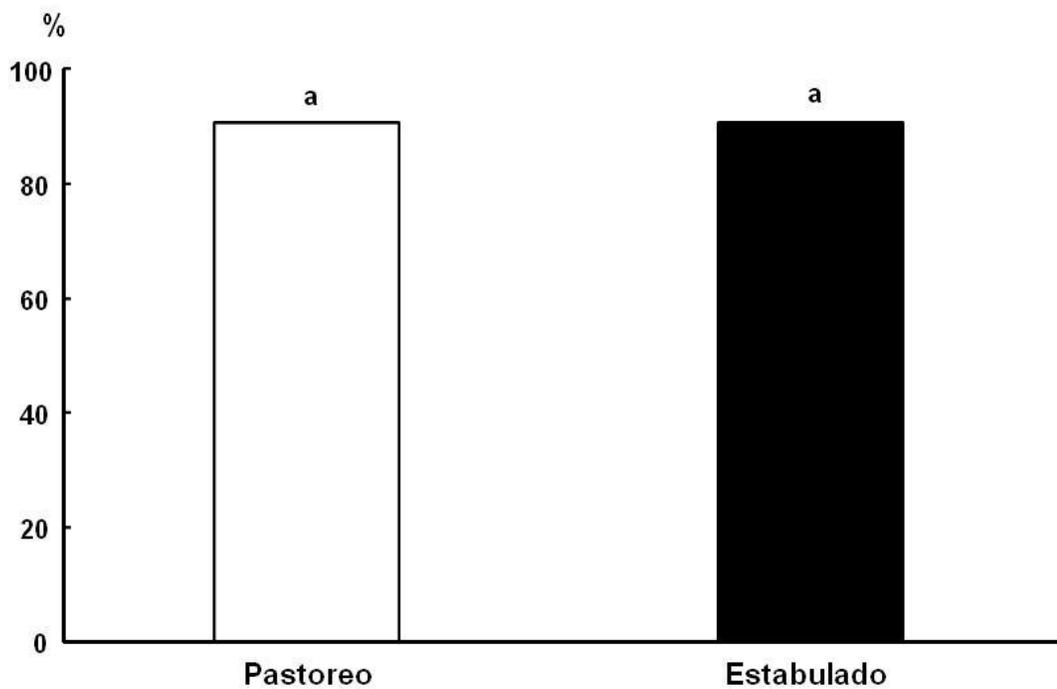
La proporción de cabras que mostraron estro, tasa ovulatoria y la cantidad de hembras gestantes del primer y segundo estro, se analizaron con prueba de Fisher. La latencia y duración de estro se analizaron con una prueba de t para dos poblaciones independientes. La cantidad de hembras gestantes se analizó mediante la prueba de  $\text{Chi}^2$  (SYSTAT 13; Chicago, IL).

## 6. Resultados y Discusión

### Resultados

#### 6.1 Porcentaje de Cabras en Estro

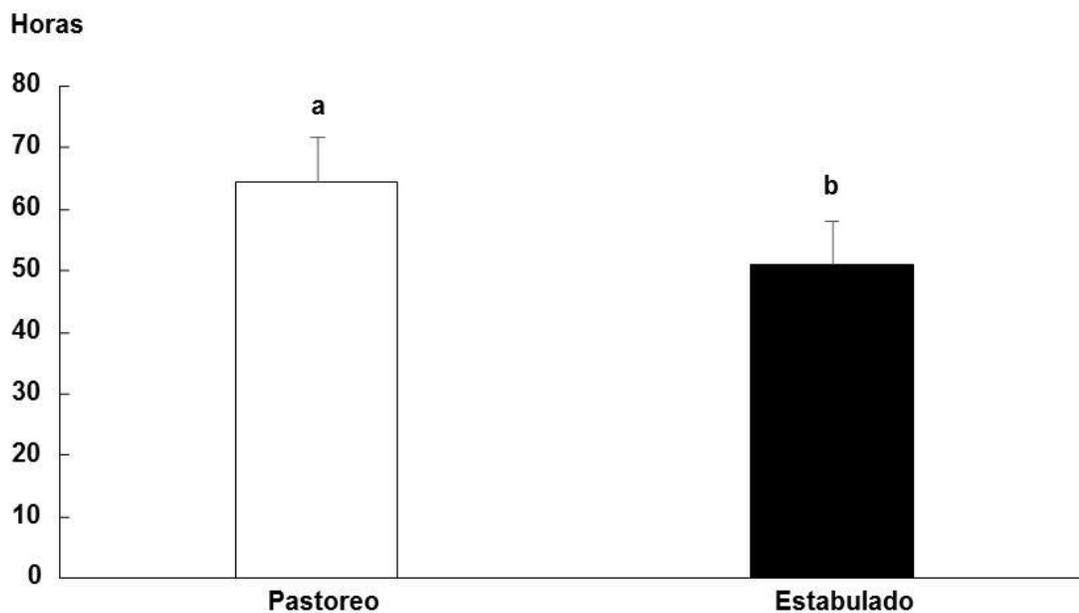
La mayoría de las cabras pertenecientes a los dos grupos experimentales presentaron estro durante los 11 días de exposición a los machos fotoestimulados, (GP= 38/42 Y GE= 38/42), 90.5% de las hembras en ambos grupos ( $P=1.00$ ; Figura 1).



**Figura 1.** Porcentaje de cabras que manifestaron estro en dos sistemas de explotación el Grupo en pastoreo (□) y Grupo estabulado (■).

## 6.2 Latencia al Estro

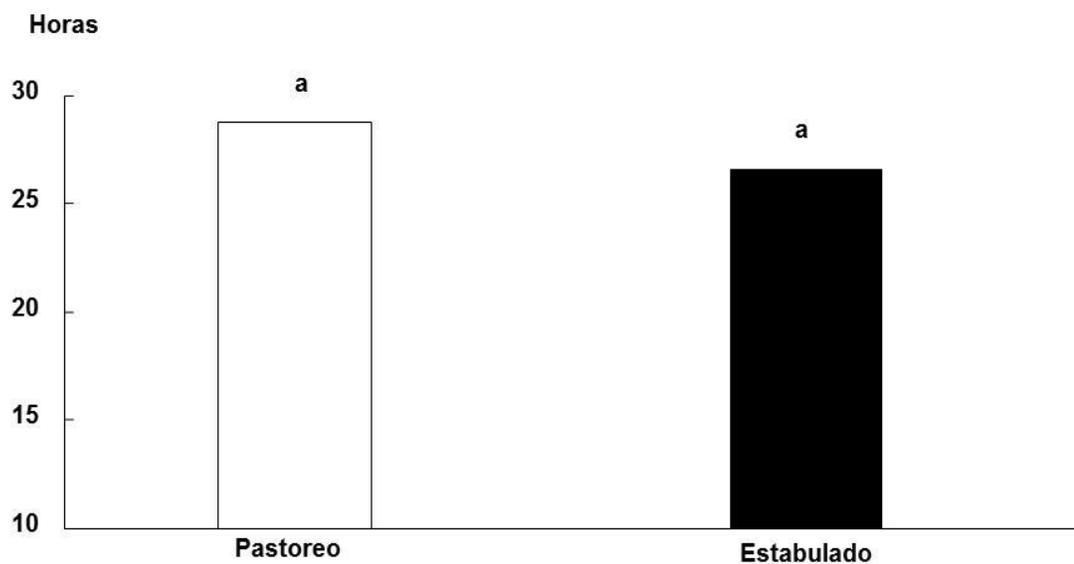
La latencia al estro después de la introducción de los machos foto-estimulados a los grupos de cabras, fue menor en el grupo estabulado que en el grupo en pastoreo ( $P=0.011$ ; Figura 2).



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

### 6.3 Duración del Estro

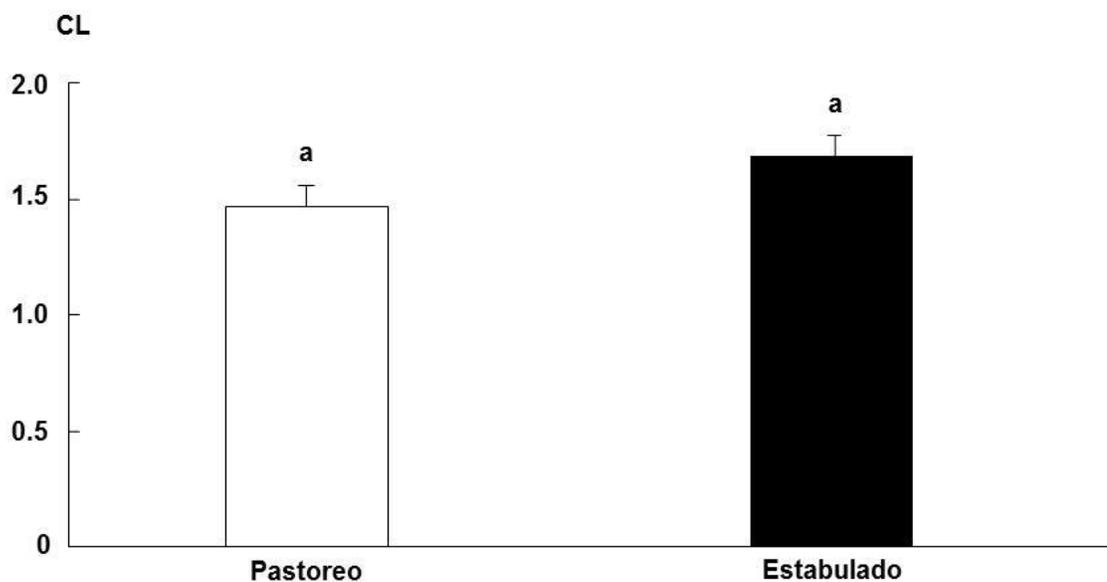
En la duración del estro no se presentó diferencia significativa entre el grupo de cabras en pastoreo y el grupo de cabras estabuladas ( $P=0.65$ ; Figura 3).



**Figura 3.** Duración del estro en las cabras sometidas al efecto macho en dos sistemas de explotación: Grupo en pastoreo (□) y Grupo estabulado (■).

### 6.5 Tasa Ovulatoria

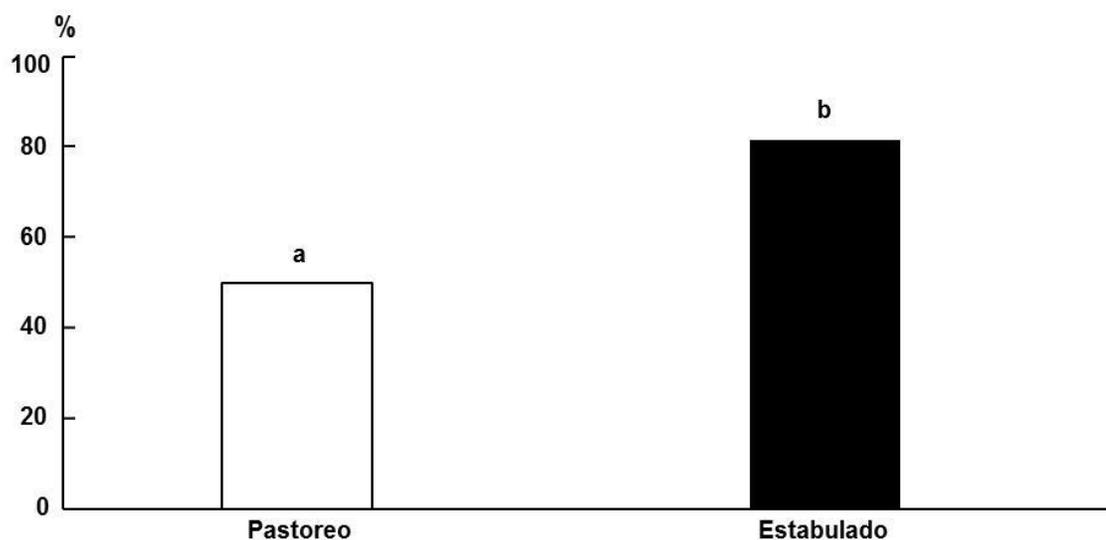
En la tasa ovulatoria se observó diferencia significativa entre grupos. Sin embargo, la probabilidad indicó una tendencia a ser mayor en el grupo estabulado (■) que en el grupo en pastoreo (□;  $P=0.08$ ; Figura 4).



**Figura 4.** Tasa ovulatoria de las cabras expuestas al efecto macho en dos sistemas de explotación: Grupo en pastoreo (□) y Grupo estabulado (■).

### 6.7 Porcentaje de Cabras Gestantes Después de la Inseminación Artificial con Semen Fresco.

El porcentaje total de cabras diagnosticadas como gestantes mediante el US al día 73 post introducción de los machos vasectomizados y sexualmente activos por tratamiento fotoperiódico fue mayor en las cabras del grupo estabulado (81.6%) contra el grupo en pastoreo (50%;  $P=0.03$ ; Figura 5).



**Figura 5.** Porcentaje de cabras gestantes en dos sistemas de explotación: Grupo en pastoreo (□) y Grupo estabulado (■).

## Discusión

En las cabras del subtrópico mexicano sometidas al efecto macho en abril, periodo de reposo o anestro estacional natural, tratadas con progesterona e inseminadas con semen fresco, el sistema de explotación en pastoreo influye disminuyendo la tasa de gestación comparada con las cabras en sistema estabulado.

El tiempo transcurrido de inicio de la actividad estral o latencia después de poner en contacto los machos con las cabras, fue mayor en el grupo en pastoreo. 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 mayor latencia en el grupo en pastoreo fue debida probablemente, a que el contacto en ambos sexos fue interrumpido e intermitente cuando las cabras salían a pastorear y los machos permanecían en los corrales. Aunque existió esta diferencia entre ambos grupos, 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).

Con respecto a la tasa ovulatoria no existió diferencia significativa, sin embargo, existió una tendencia en el grupo de cabras en estabulación, ésta tasa fue mayor y en términos de productividad, una mayor ovulación traería como consecuencia una mayor tasa de nacimientos.

El número de cabras gestantes después de haber sido inseminadas, en el grupo de estabuladas fue muy alta (82%). Efectivamente, en otros estudios realizados en cabras y ovejas explotadas e inseminadas en mejores condiciones materiales que las nuestras, la fertilidad reportada en cabras tratadas con progestágenos intravaginales e inseminadas cervicalmente fue tan alta como del 75.3% o menores e intrauterinamente con fertilidad del 64.3%

(Leboeuf *et al.*, 2003; Vilariño *et al.*, 2011; Dos Santos-Neto *et al.*, 2015) con semen descongelado o fresco. Paulenz *et al.* (2005), reportaron un promedio del 86.2% de fertilidad cuando inseminaron vaginal y cervicalmente cabras durante la estación natural de reproducción, en un rango de 3 a 8 horas después de haber obtenido y preparado las pajillas de 0.25 ml con una concentración de 200 millones y mantenidas a una temperatura de 18-22°C.

Por el contrario, en el grupo en pastoreo, el número de cabras que quedaron gestantes fue menor, sin embargo, es superior a lo reportado en otros estudios donde han obtenido hasta un 30% de gestaciones por inseminación artificial. Esta baja fertilidad comparada con la de las cabras estabuladas pudo haber sido consecuencia de varios factores: uno, fue la nutrición de las cabras en pastoreo, pues sus efectos en la reproducción son bien conocidos y ampliamente reportados, los niveles inadecuados en las hembras tienen repercusiones en la foliculogénesis y desarrollo de las crías (Scaramuzzi *et al.*, 2006), otro, a que existió una pérdida de semen de forma retrógrada pues las cabras que fueron inseminadas en la mañana, salían inmediatamente al pastoreo. Dentro de las recomendaciones de manejo de las hembras en un programa de IA se recomienda que sean colocadas en un lugar tranquilo y no someterlas a estrés (Chemineau *et al.*, 1991), otro factor sería el estrés, muy probablemente el calórico, pues las cabras que salían al pastoreo además de la deficiente alimentación tenían que desplazarse diariamente 8 km al área del pastoreo y los 8 km de regreso al corral y la mayor parte de ellos, bajo la influencia directa de los rayos solares. En efecto, el estrés calórico tiene una gran influencia en la reproducción animal, al haber un incremento en la secreción de cortisol y esté afectando la dinámica folicular, el desarrollo de cuerpo lúteo, la producción insuficiente de progesterona, o en el desarrollo embrionario deficiente.

## **7. Conclusión**

El sistema de explotación de pastoreo disminuye la tasa de gestación en las cabras expuestas al efecto macho e inseminadas con semen fresco.

## 8. Referencias

- ABECIA, J. A., F. FORCADA, and F. GONZÁLEZ-BULNES. Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 2011, 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. Progesterone improves the maturation of male-induced preovulatory follicles in anoestrous ewes. *Reproduction*, 2014, 148(4)403-416.
- AISEN, E. y V. MEDINA. Inseminación artificial de cabras angora de la patagonia con semen congelado. *Producción Ovina y Caprina, n° XXV, SEOC*, 2000, 591-594.
- ALLISON, A. J. and T. J. ROBINSON. The effect of dose level of intravaginal progestagen on sperm transport, fertilization and lambing in the cyclic Merino ewe. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1970, 22(3)515-531.
- ÁLVAREZ, L., G. B. MARTIN, F. GALINDO and L. A. ZARCO. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Applied Animal Behaviour Science*, 2003. 84(2)119-126.
- ÁLVAREZ, L y L. A. QUINTERO. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*, 2001, 32(2)117.
- AMOAHA, E. A., S. GELAYE, P. GUTHRIE and C. E. REXROAD. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *Journal of Animal Science*, 1996, 74(4)723-728.
- AMOAHA, E. A. and S. GELAYE. Biotechnological advances in goat reproduction. *Journal of Animal Science*, 1997, 75(2)578-585.
- ARÉCHIGA, C. F., J. I. RINCÓN, S. MÉNDEZ DE LARA, V. R. BAÑUELOS y C. A. MEZA-HERRERA. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2008, 9(1) 1-14.
- ARROYO, J. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2011, 14(3)829-845.
- BALDASSARRE, H. Reproducción asistida en la especie caprina: inseminación artificial a clonación. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 2007, 31(2)274-282.
- BARIL, G., B. REMY, B. LEOEUF, J. F. BECKERS and J. SAUMADE. Synchronization of estrus in goats: the relationship between eCG

- binding in plasma, time of occurrence of estrus and fertility following artificial insemination. *Theriogenology*, 1996, 45(8)1553-1559.
- BEDOS, M., G. DUARTE, J. A. FLORES, G. FITZ-RODRÍGUEZ, H. HERNÁNDEZ, J. VIELMA, I. G. FERNÁNDEZ, P. CHEMINEAU, M. KELLER and J. A. DELGADILLO. Two or 24 h of daily contact with sexually active males results in different profiles of LH secretion that both lead to ovulation in anestrus goats. *Domestic Animal Endocrinology*, 2014, 48, 93-99.
- BEDOS, M., A. L. MUÑOZ, A. ORIHUELA and J. A. DELGADILLO. The sexual behavior of male goats exposed to long days is as intense as during their breeding season. *Applied Animal Behaviour Science*, 2016, 184, 35-40.
- 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. DELGADILLO. 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. Cortisol and immune measures in boars exposed to three-day administration of exogenous adrenocorticotrophic hormone. *Veterinary Research Communications*, 2006, 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. Neuroendocrine states and behavioral and physiological stress responses. *Progress in Brain Research*, 1987, 72, 57-70.
- BRADEN, W. H., D. R. LAMOND and H. M. RADFORD. Control of the time of ovulation in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1960, 11(3)389-401.
- BRONSON, F. H. Mammalian reproductive strategies: genes, photoperiod and latitude. *Reproduction Nutrition Développement*, 1988, 28,(2B)335-347.
- BUSTOS, E. y L. TORRES-DÍAZ. Reproducción estacional en el macho. *International Journal of Morphology*, 2012, 30(4)1266-1279.
- CAMP, J. C., D. E. WILDT, P. K. WARD, L. D. STUART and P. K. CHAKRABORTY. Ovarian activity during normal and abnormal length estrous cycles in the goat. *Biology of Reproduction*, 1983, 28(3)673-681.
- CERBITO, W. A., N. G. NATURAL, F. B. AGLIBUT and K. SATO. Evidence of ovulation in goats (*Capra hircus*) with short estrous cycle and its occurrence in the tropics. *Theriogenology*, 1995, 43(4)803-812.

- CHEMINEAU, P. Effect on oestrus and ovulation of exposing creole goats to the male at three times of the year. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1983, 67(1) 65-72.
- CHEMINEAU, P. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats-a review. *Livestock Production Science*, 1987, 17, 135-147.
- CHEMINEAU, P., J. PELLETIER, Y. GUERIN, G. COLAS, J. RAVAUULT, G. TOURE, G. ALMEIDA, J. THIMONIER and R. ORTAVANT. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction Nutrition Développement*, 1988, 28(2B)409-422.
- CHEMINEAU, P., G. BARIL Y. COGNIE, Y. GUERIN, B. LEOEUF, P. ORGEUR and J. C. VALLET. *Training manual on artificial insemination in sheep and goats*. Rome. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1991, 222 ISBN: 9251028087
- CHEMINEAU, P., A. DAVEAU, F. MAURICE and J. A. DELGADILLO. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*, 1992, 8(4)299-312.
- CHEMINEAU, P., B. MALPAUX, J. A. DELGADILLO, Y. GUÉRIN, J. P. RAVAUULT, J. THIMONIER and J. PELLETIER. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*, 1992b. 30(1-3)157-184.
- CHEMINEAU, P., B. MALPAUX, J. P. BRILLARD and A. FOSTIER. Seasonality of reproduction and production in farm fishes, birds and mammals. *Animal*, 2007, 1(3) 419-432.
- CHEMINEAU, P., L. BODIN, M. MIGAUD, J. C. THIÉRY and B. MALPAUX. Neuroendocrine and genetic control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 2010, 45(S3)42-49.
- CORTEEL, J. M., G. BARIL, F. BARITEAU, J. BUSSIERE, B. LEOEUF and G. DE MONTIGNY. The use of progestagens to control the oestrous cycle of the dairy goat. *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*, 1975, 353-363.
- CORTINAS, R. D. M. La administración de progesterona reduce la presentación de ciclos cortos sin disminuir la fertilidad en cabras anéstricas expuestas a machos cabríos foto-estimulados. 2015.  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7310/DORA%20MARIA%20CORTINAS%20REYES.pdf;sequence=1>
- DE LUCAS TRON, J. Reproducción. Santos Arbiza Aguirre, *Producción de caprinos*. AGT Editores SA México, 1986, 183-233.

- DELGADILLO, J. A., B. LEBOEUF, and P. CHEMINEAU. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology*, 1991, 36(5)755-770.
- DELGADILLO, J. A. and P. CHEMINEAU. 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*, 1992, 94(1)45-55.
- DELGADILLO, J. A., G. A. CANEDO, P. CHEMINEAU, D. GUILLAUME and B. MALPAUX. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 1999, 52(4)727-737.
- DELGADILLO, J. A., J. A. FLORES, F. G. VÉLIZ, H. HERNÁNDEZ, G. DUARTE, J. VIELMA, P. POINDRON, P. CHEMINEAU and B. MALPAUX. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *Journal of Animal Science*, 2002, 80(11)2780-2786.
- DELGADILLO, J. A., J. A. FLORES, F. G. VÉLIZ, G. DUARTE, J. VIELMA, P. POINDRON and B. MALPAUX. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Veterinaria México*, 2003, 34(1).
- DELGADILLO, J. A. G. FITZ-RODRÍGUEZ, G. DUARTE, F. G. VELIZ, E. CARRILLO, J. A. FLORES, J. VIELMA, H. HERNÁNDEZ and B. MALPAUX. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reproduction, Fertility and Development*, 2004, 16(4)471-478.
- DELGADILLO, J. A., M. E. CORTEZ, G. DUARTE, P. CHEMINEAU and B. MALPAUX. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reproduction Nutrition Development*, 2004b, 44(3)183-193.
- DELGADILLO, S. J. A. *Inseminación artificial en caprinos*. México: Editorial Trillas. 2005. Primera edición, 91, ISBN: 968-24-6242-8.
- DELGADILLO, J. A., J. A. FLORES, F. G. VÉLIZ, G. DUARTE, J. VIELMA, H. HERNÁNDEZ and I. G. FERNÁNDEZ. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reproduction Nutrition Development*, 2006, 46(4)391-400.
- DELGADILLO, J. A., H. GELEZ, R. UNGERFELD, P. A. R. HAWKEN and G. B. MARTIN. The 'male effect' in sheep and goats revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*, 2009, 200(2)304-314.

- DELGADILLO, J. A and L. I. VÉLEZ. Stimulation of reproductive activity in anovulatory Alpine goats exposed to bucks treated only with artificially long days. *Animal*, 2010, 4(12)2012-2016.
- DELGADILLO, J. A., E. CARRILLO, J. MORAN, G. DUARTE, P. CHEMINEAU and B. MALPAUX. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *Journal of Animal Science*, 2011, 79(9)2245-2252.
- DELGADILLO, J. A. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropics. *Animal*, 2011, 5(1)74-81.
- DELGADILLO, J. A., G. DUARTE, J. A. FLORES, J. VIELMA, H. HERNÁNDEZ, G. FITZ-RODRÍGUEZ, M. BEDOS, I. G. FERNÁNDEZ, M. MUÑOZ-GUTIÉRREZ, MA. RETANA-MÁRQUEZ y M. KELLER. Control de la actividad sexual de los caprinos sin hormonas exógenas: uso del fotoperiodo, efecto macho y nutrición. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2012. 15(1)S15-S17.
- DELGADILLO, J. A., J. VIELMA, H. HERNÁNDEZ, J. A. FLORES, G. DUARTE, I. G. FERNÁNDEZ, M. KELLER and H. GELEZ. Male goat vocalizations stimulate the estrous behavior and LH secretion in anestrus goats that have been previously exposed to bucks. *Hormones and Behavior*, 2012, 62(4)525-530.
- 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. Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. *Hormones and Behavior*, 2015, 69, 8-15.
- DOS SANTOS-NETO, P. C., C. GARCÍA-PINTOS, A. PINCZAK and A. MENCHACA. Fertility obtained with different progestogen intravaginal devices using Short-term protocol for fixed-time artificial insemination (FTAI) in sheep. *Livestock Science*, 2015, 182, 125-128.
- DRIANCOURT, M. A. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*, 2001, 55(6)1211-1239.
- DUARTE, G., J. A. FLORES, B. MALPAUX and J. A. DELGADILLO. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*, 2008, 35(4)362-370.
- EBLING, F. J. P. On the value of seasonal mammals for identifying mechanisms underlying the control of food intake and body weight. *Hormones and Behavior*, 2014, 66(1)56-65.

- FABRE-NYS, C. and H. GELEZ. Sexual behavior in ewes and other domestic ruminants. *Hormones and Behavior*, 2007, 52(1)18-25
- FATET, A., M. T. PELLICER-RUBIO, and B. LEBOEUF. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*, 2011, 124(3)211-219.
- FITZGERALD, B., S. E. REEDY, D. R. SESSIONS, D. M. POWELL and C. J. MCMANUS. Potential signals mediating the maintenance of reproductive activity during the non-breeding season of the mare. *Reproduction (Cambridge, England) Supplement*, 2002, 59, 115-129.
- FLEMING, T. P., B. SHETH and I. FESENKO. Cell adhesion in the preimplantation mammalian embryo and its role in trophectoderm differentiation and blastocyst morphogenesis. *Frontiers in Bioscience*, 2001, 6(1)D1000-D1007.
- FLORES, J. A., F. G. VÉLIZ, J. A. PÉREZ-VILLANUEVA, G. MARTÍNEZ DE LA ESCALERA, P. CHEMINEAU, P. POINDRON, B. MALPAUX and J. A. DELGADILLO. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction*, 2000, 62(5)1409-1414.
- FRANCO, J. y L. F. URIBE-VELÁSQUEZ. Hormonas reproductivas de importancia veterinaria en hembras domésticas rumiantes. *Biosalud*, 2012, 11(1)41-56.
- GELEZ, H. and C. FABRE-NYS. The “male effect” in sheep and goats: a review of the respective roles of the two olfactory systems. *Hormones and Behavior*, 2004, 46(3)257-271.
- GERLACH, T. and J. E. AURICH. Regulation of seasonal reproductive activity in the stallion, ram and hamster. *Animal Reproduction Science*, 2000, 58(3)197-213.
- GIHAD, E. A., T. M. EL-BEDAWY and A. Z. MEHREZ. Fiber Digestibility by Goats and Sheep. *Journal of Dairy Science*, 1980, 63(10)1701-1706.
- GÓMEZ-BRUNET, A., A. SANTIAGO-MORENO, A. TOLEDANO-DIAZ and A. LÓPEZ-SEBASTIÁN. Reproductive seasonality and its control in Spanish sheep and goats. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2012, 15(1)S47-S70.
- GONELLA, Á., H. GRAJALES, y A. HERNÁNDEZ. Ambiente receptivo uterino: control materno, control embrionario, muerte embrionaria. *Revista MVZ Córdoba*, 2010, 15(1)1976-1974.
- DE CASTRO, T., E. RUBIANES, A. MENCHACA and A. RIVERO. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology*, 1999, 52(3)399-411.

- HERNÁNDEZ, J. S., M. HERRERA, E. RODERO, S. VARGAS, O. VILLARREAL, R. RESÉNDIZ, L. CARREÓN y A. C. SIERRA. Tendencia en el crecimiento de cabritos criollos en sistemas extensivos. *Archivos de Zootecnia*, 2005, 54, 206-207
- HOLTZ, W. Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research*, 2005, 60(1)95-110.
- KARSCH, F. J., B. MALPAUX, N. L. WAYNE and J. E. ROBINSON. Characteristics of the melatonin signal that provide the photoperiodic code for timing seasonal reproduction in the ewe. *Reproduction Nutrition Développement*, 1988, 28(2B)459-472.
- LEBOEUF, B., E. MANFREDI, P. BOUE, A. PIACERE, G. BRICE, G. BARIL, C. BROQUA, P. HUMBLOT and M. TERQUI. Artificial insemination of dairy goats in France. *Livestock Production Science*, 1998, 55(3)193-203.
- LEBOEUF, B., Y. FORGERITA, D. BERNELASA, J. L. POUGNARDA, E. SENTYA and M. A. DRIANCOURT. Efficacy of two types of vaginal sponges to control onset of oestrus, time of preovulatory LH peak and kidding rate in goats inseminated with variable numbers of spermatozoa. *Theriogenology*, 2003, 60(7)1371-1378.
- LEHMAN, M. N., L. M. COOLEN, R. L. GOODMAN, C. VIGUIÉ, H. J. BILLINGS and F. J. KARSCH. Seasonal plasticity in the brain: the use of large animal models for neuroanatomical research. *Reproduction (Cambridge, England) Supplement*, 2002, 59, 149-165.
- LOYA-CARRERA, J., M. BEDOS, J. L. PONCE-COVARRUBIAS, H. HERNÁNDEZ, P. CHEMINEAU, M. KELLER and J. A. DELGADILLO. Switching photo-stimulated males between groups of goats does not improve the reproductive response during the male effect. *Animal Reproduction Science*, 2014, 146(1)21-26.
- LU, C. D. Grazing behavior and diet selection of goats. *Small Ruminant Research*, 1988, 1(3)205-216.
- MALPAUX, B., J. E. ROBINSON, M. B. BROWN and F. J. KARSCH. Reproductive refractoriness of the ewe to inductive photoperiod is not caused by inappropriate secretion of melatonin. *Biology of Reproduction*, 1987, 36(5)1333-1341.
- MALPAUX, B., A. DAVEAU, F. MAURICE, A. LOCATELLI and J-C.THIERY. Evidence that melatonin binding sites in the pars tuberalis do not mediate the photoperiodic actions of melatonin on LH and prolactin secretion in ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1994, 101(3)625-632.

- MALPAUX, B., C. VIGUIÉ, D. C. SKINNER, J. C. THIÉRY, J. PELLETIER and P. CHEMINEAU Seasonal breeding in sheep: mechanism of action of melatonin. *Animal Reproduction Science*, 1996, 42(1-4)109-117.
- MALPAUX, B., C. VIGUIE, D. C. SKINNER, J. C. THIÉRY and P. CHEMINEAU. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Research Bulletin*, 1997, 44(4)431-438.
- MALPAUX, B., M. MIGAUD, H. TRICOIRE and P. CHEMINEAU. Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin. *Journal of Biological Rhythms*, 2001, 16 (4) 336-347.
- MARTIN, G. B., S. TJONDRONEGORO, R. BOUKHLIQ, C. MARGARET., A. BLACKBERRY, R. BRIEGEL, D. BLACHE, J. FISHER and N. ADAMS. Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: modification of endogenous rhythms by photoperiod. *Reproduction, Fertility and Development*, 1999. 11(6) 355-366.
- MARTIN, G. B., J. RODGER and D. BLACHE Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 2004. 16(4)491-501.
- MENCHACA, A. and E. RUBIANES. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 2004, 16(4)403-413.
- MENCHACA, A. and E. RUBIANES. Pregnancy Rate Obtained with Short-term Protocol for Timed Artificial Insemination in Goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 2007, 42(6)590-593.
- MENCHACA, A., V. MILLER, V. SALVERAGILO and E. RUBIANES. Endocrine, luteal and follicular responses after the use of the short-term protocol to synchronize ovulation in goats. *Animal Reproduction Science*, 2007, 102(1)76-87.
- MORMÈDE, P., S. ANDANSON, B. AUPÉRIN, B. BEERDA, D. GUÉMENÉ, J. MALMKVIST, X. MANTECA, G. MANTEUFFEL, P. PRUNET, C. G. VAN REENEN, S. RICHARD and I. VESSIER. Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior*, 2007, 92(3)317-339.
- MUCIO-RAMÍREZ, J. S. La neuroquímica del estrés y el papel de los péptidos opiodes. *Revista Educación Bioquímica*, 2007, 26, 121-128.
- NIETO-ESCORCIA, M. A., F. RUIZ-ZARATE, R. LÓPEZ-TRUJILLO y R. GARCÍA-ELIZONDO. Calidad Espermática Postcongelación de Semen del Macho Cabrío Saanen en Dos Épocas del Año. *Comité Editorial*, 2012, 9(2) 57.

- ORTAVANT, R., J. PELLETIER, J. P. RAVAUT, J. THIMONIER and N. P. VOLLAND. Photoperiod: main proximal and distal factor of the annual cycle of reproduction in farm mammals. *Oxford Review Reproduction Biology* 1985, 7, 305–45.
- PAULENZ, H., L. SÖDERQUIST, T. ÅDNØY, K. SOLTUN, P. A. SAETHER, K. R. FJELLSØY and K. A. BERG. Effect of cervical and vaginal insemination with liquid semen stored at room temperature on fertility of goats. *Animal reproduction science*, 2005, 86(1)109-117.
- PEARCE, D. T.; ROBINSON, T. J. Plasma progesterone concentrations, ovarian and endocrinological responses and sperm transport in ewes with synchronized oestrus. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1985, 75(1)49-62.
- PELLICER-RUBIO, M. T., K. BOISSARD, Y. FORGERIT, J. L. POUGNARD, J. L. BONNÉ and B. LEBOEUF . Evaluation of hormone-free protocols based on the “male effect” for artificial insemination in lactating goats during seasonal anestrus. *Theriogenology*, 2016, 85(5)960-969.
- QUESNEL, H., S. BOULOT, S. SERRIERE, E. VENTURI and F. MARTINAT-BOTTE. Post-insemination level of feeding does not influence embryonic survival and growth in highly prolific gilts. *Animal Reproduction Science*, 2010, 120(1)120-124.
- RAMÍREZ, S., M. BEDOS, M. CHASLES, H. HERNÁNDEZ, J. A. FLORES, J. VIELMA, G. DUARTE, M. S. RETANA-MÁRQUEZ, M. KELLER, P. CHEMINEAU and J. A. DELGADILLO. Fifteen minutes of daily contact with sexually active male induces ovulation but delays its timing in seasonally anestrous goats. *Theriogenology*, 2017, 87, 148-153.
- REKWOT, P. I., D. OGWU, E. O. OYEDIPE and V. O. SEKONI. The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Animal Reproduction Science*, 2001, 65(3)157-170.
- RITAR, A. J., W. M. C. MAXWELL and S. SALAMON. Ovulation and LH secretion in the goat after intravaginal progestagen sponge—PMSG treatment. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1984, 72(2)559-563.
- RITAR, A. J., P. D. BALL and P. J. O'MAY. Artificial insemination of Cashmere goats: effects on fertility and fecundity of intravaginal treatment, method and time of insemination, semen freezing process, number of motile spermatozoa and age of females. *Reproduction, Fertility and Development*, 1990, 2(4)377-384.
- RITAR, A. J. and P. D. BALL. The effect of freeze-thawing of goat and sheep semen at a high density of spermatozoa on cell viability and fertility after insemination. *Animal Reproduction Science*, 1993, 31(3-4)249-262.

- RIVAS-MUÑOZ R., G. FITZ-RODRÍGUEZ, P. POINDRON, B. MALPAUX and J. A. DELGADILLO. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *Journal of Animal Science*, 2007, 85(5)1257-1263.
- RIVERA, G. M., G. A. ALANIS, M. A. CHAVES, S. B. FERRERO and H. H. MORELLO. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Ruminant Research*, 2003, 48(2)109-117.
- ROBINSON, T. J. Use of progestagen-impregnated sponges inserted intravaginally or subcutaneously for the control of the oestrous cycle in the sheep. *Nature*, 1965, 206(4979)39-41.
- ROSA, H. J., D. T. JUNIPER and M. J. BRYANT. Effects of recent sexual experience and melatonin treatment of rams on plasma testosterone concentration, sexual behaviour and ability to induce ovulation in seasonally anoestrous ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*, 2000, 120(1)169-176.
- RUBIANES, E. and A. MENCHACA. The pattern and manipulation of ovarian follicular growth in goats. *Animal Reproduction Science*, 2003, 78(3)271-287.
- SALAMON, S. and W. M. C. MAXWELL. Storage of ram semen. *Animal Reproduction Science*, 2000, 62(1)77-111.
- SCARAMUZZI, R. J., B. K. CAMPBELL, J. A. DOWNING, N. R. KENDALL, M. KHALID, M. MUÑOZ-GUTIÉRREZ and A. SOMCHIT. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition Development*, 2006, 46(4)339-354.
- SHELTON, M. Influence of the presence of a male goat on the initiation of estrous cycling and ovulation of Angora does. *Journal of Animal Science*, 1960, 19(2)368-375.
- SIAP(2017a). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. SAGARPA. Caprino población ganadera 2006-2015 cabezas. Consultada: 4 junio 2017. 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: 4 junio 2017. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario\\_siapx/ProduccionEstado.do](http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx/ProduccionEstado.do)
- SIGNORET, J. P., W. J. FULKERSON and D. R. LINDSAY. Effectiveness of testosterone-treated wethers and ewes as teasers. *Applied Animal Ethology*, 1982, 9(1)37-45.

- THIERY, J.C., D. LOMET, M. SCHUMACHER, P. LIERE, H. TRICOIRE, A. LOCATELLI and B. MALPAUX. Concentrations of estradiol in ewe cerebrospinal fluid are modulated by photoperiod through pineal-dependent mechanisms. *Journal of Pineal Research*, 2006, 41(4)306-312.
- TREVISI, E. and G. BERTONI. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, 2009, 8(sup1)265-286.
- ULBERG, L. C. The influence of high temperature on reproduction. *Journal of Heredity*, 1958, 49(2)62-64.
- UNDERWOOD, E. J., F. L. SHIER and N. DAVENPORT. 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*, 1944, 11, 135-43.
- UNGERFELD, R. and E. RUBIANES. Short term primings with different progestogen intravaginal devices (MAP, FGA and CIDR) for eCG-estrous induction in anestrus ewes. *Small Ruminant Research*, 2002, 46(1)63-66.
- UNGERFELD, R., M. FORSBERG and E. RUBIANES. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reproduction Fertility and Development*, 2004, 16(4)479-490.
- UNGERFELD, R., N. CLEMENTE, L. BONJOUR and A. ORIHUELA. Equine chorionic gonadotrophin administration to rams improves their effectiveness to stimulate anoestrous ewes (the "ram effect"). *Animal Reproduction Science*, 2014, 149(3)194-198.
- VALENCIA, J., G. GONZÁLEZ, M. E. GONZÁLEZ y A. TREJO. Motilidad y daño acrosomal del semen caprino congelado en pajillas de 0, 25 ml y 0, 5 ml y descongelado a dos diferentes ritmos de temperatura. *Veterinaria Mexico*, 1994, 25(2)127-131.
- VIELMA, J., P. CHEMINEAU, P. POINDRON, B. MALPAUX and J. A. DELGADILLO. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats. *Hormones and Behavior*, 2009, 56(4)444-449.
- VILARIÑO, M., E. RUBIANES and A. MENCHACA. Re-use of intravaginal progesterone devices associated with the Short-term Protocol for timed artificial insemination in goats. *Theriogenology*, 2011, 75(7)1195-1200.
- VIÑALES, C., M. FORSBERG, G. BANCHERO and E. RUBIANES. Effect of long-term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*, 2001, 55(4)993-1004.

- WALKDEN-BROWN, S. W., B. J. RESTALL and HENNIAWATI. The male effect in the Australian cashmere goat. 2. Role of olfactory cues from the male. *Animal Reproduction Science*, 1993, 32(1-2)55-67.
- WALKDEN-BROWN, S. W., B. J. RESTALL, B. W. NORTON, R. J. SCARAMUZZI and G. B. MARTIN. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Journal of Reproduction and Fertility*, 1994, 102(2)351-360.
- WALKDEN-BROWN, S. W., B. J. RESTALL, R. J. SCARAMUZZI, G. B. MARTIN and M. A. BLACKBERRY. Seasonality in male Australian cashmere goats: long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research*, 1997, 26(3)239-252.
- WILSON, S. J., R. S. MARION, J. N. SPAIN, D. E. SPIERS, D. H. KEISLER and M. C. LUCY. Effects of Controlled Heat Stress on Ovarian Function of Dairy Cattle. 1. Lactating Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 1998, 81(8)2124-2131
- ZARAZAGA, L. A., J. L. GUZMAN, C. DOMÍNGUEZ, M. C. PÉREZ and R. PRIETO. Effects of season and feeding level on reproductive activity and semen quality in Payoya buck goats. *Theriogenology*, 2009, 71(8)1316-1325.
- ZARAZAGA, L. A., M. C. GATICA, I. CELI, J. L. GUZMÁN and B. MALPAUX. Effect of artificial long days and/or melatonin treatment on the sexual activity of Mediterranean bucks. *Small Ruminant Research*, 2010, 93(2)110-118.