

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



“La administración de progesterona momentos antes de la introducción de machos cabríos foto-estimulados disminuye la presentación de ciclos cortos en cabras en anestro estacional”

POR

ZAID DE JESUS RAMIREZ FLORES

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO
DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN COAHUILA, MEXICO

NOVIEMBRE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

ZAID DE JESUS RAMIREZ FLORES

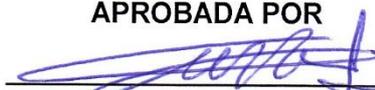
“LA ADMINISTRACIÓN DE PROGESTERONA MOMENTOS ANTES DE LA
INTRODUCCIÓN DE MACHOS CABRÍOS FOTO-ESTIMULADOS
DISMINUYE LA PRESENTACIÓN DE CICLOS CORTOS EN CABRAS EN
ANESTRO ESTACIONAL”

TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

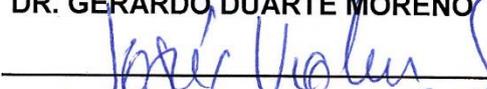
APROBADA POR

PRESIDENTE:



DR. GERARDO DUARTE MORENO

VOCAL:



DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

VOCAL:

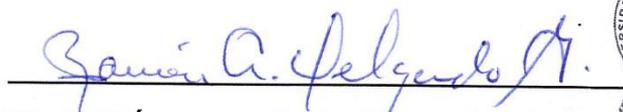


DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

VOCAL SUPLENTE:



DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ



MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ
CORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN COAHUILA MÉXICO

NOVIEMBRE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

ZAID DE JESUS RAMIREZ FLORES

La administración de progesterona momentos antes de la introducción de machos cabríos foto-estimulados disminuye la presentación de ciclos cortos en cabras en anestro estacional

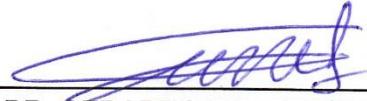
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

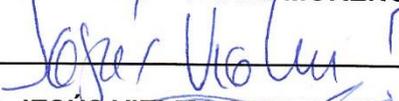
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

COMITÉ PARTICULAR:

ASESOR PRINCIPAL:


DR. GERARDO DUARTE MORENO

ASESOR:


DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

ASESOR:


DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

ASESOR:


DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

CORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN COAHUILA MÉXICO

NOVIEMBRE 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por permitirme vivir esta maravillosa vida que apenas va comenzando, por que cuando te pido algo de alguna u otra forma me haces saber que estás ahí y que me estás ayudando para siempre salir adelante.

A mis padres

Por la ayuda moral y económica, el dinero no es la felicidad pero si es de mucha ayuda y sin ellos no habría podido culminar esta bella y emocionante carrera, les debo todo lo que soy, si alguien quisiera comparar el amor de padre con algo físico creo que se parecería al espacio infinito.

Al Dr. Gerardo Duarte

El cual nos dio la oportunidad de trabajar con él y ayudarnos en todo momento resolviendo dudas y extendiéndonos la visión en temas académicos y sobre todo por brindarnos su amistad.

A los Doctores que laboran en el Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA)

Por el apoyo y las facilidades brindadas para realizar este estudio, que aparte de ser unos catedráticos de muy buena calidad son excelentes personas y amigos.

A mi Alma Terra Mater

Por ser la casa que me cobijo durante 5 emocionantes años en los cuales pude aprender mucho y no solo refiriéndome a lo académico, porque me hiciste ver un panorama más amplio de lo que es este pequeño mundo, nos da fortaleza, vigor y confianza para seguir adelante en esta larga carrera que es la vida.

DEDICATORIA

A mis padres

Santos Ramírez Pasarón y Guillermina Flores Sánchez

Por su incondicional apoyo que me han brindado en todo el transcurso de mi vida y en especial en esta etapa tan emocionante llena de altibajos, siempre son y serán el pilar número uno que me sostiene y me dan ánimo y alegría para continuar adelante y ser una persona muy exitosa.

A mi familia

La cual siempre está al pendiente de mí y de mi avance profesional, que en todo momento que he requerido de algún apoyo nunca dicen que no, siempre están dispuestos a ayudar.

A mis amigos

Pocos pero honestos y sinceros, siempre dándome buenos consejos, con los cuales no se necesito un lazo de sangre para unirnos en tan fuerte hermandad, aparte de mis amigos los considero mi equipo, “uno para todos y todos para uno”.

A mis catedráticos

Que todo el transcurso de esta ardua carrera me transmitieron sus conocimientos, todos de distintas maneras pero con un objetivo en común, me llevo un granito de arena de cada uno el cual me servirá para construir un muy sólido castillo, algunos tuve la oportunidad de conocerlos más a fondo y agradezco encontrar en algunos de ustedes un amigo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS | i |
| DEDICATORIA..... | ii |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | v |
| RESUMEN | vi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| OBJETIVO..... | 3 |
| HIPÓTESIS | 4 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1 La estacionalidad reproductiva de la especie caprina | 5 |
| 2.2 Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva..... | 5 |
| 2.3 Fisiología del ciclo estral | 7 |
| 2.3.1 Foliculogénesis..... | 8 |
| 2.3.2 Desarrollo del cuerpo lúteo (CL)..... | 9 |
| 2.4 Métodos para la inducción y sincronización del estro y la ovulación en la especie caprina | 10 |
| 2.4.1 Tratamientos fotoperiódicos y el efecto macho | 11 |
| 2.4.2 Tratamientos hormonales | 11 |
| 2.4.3 Bioestimulación sexual | 12 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 16 |
| 3.1 Ubicación del estudio | 16 |
| 3.2 Animales experimentales | 17 |
| Hembras | 17 |
| Machos | 18 |
| 3.3 Manejo de los animales experimentales | 18 |
| 3.4 Variables evaluadas en las cabras..... | 19 |
| 3.4.1 Detección del Estro..... | 19 |
| 3.4.2 Latencia al estro | 19 |
| 3.4.3 Duración del estro..... | 20 |
| 3.4.4 Porcentaje de cabras que manifestaron estro del día 1 al 5 y del 6 al 10 | 20 |
| 3.4.5 Porcentaje de cabras que presentaron ciclo estral corto..... | 20 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.5 | Análisis estadísticos | 20 |
| IV. | Resultados..... | 21 |
| 4.1 | Actividad estrol..... | 21 |
| 4.1.1 | Detección del esto | 21 |
| 4.1.2 | Latencia al esto | 22 |
| 4.1.3 | Porcentaje de cabras que manifestaron estro entre el día 1 al 5 y del día 6 al 10 | 23 |
| 4.1.4 | Duración del estro..... | 24 |
| 4.1.5 | Porcentaje de hembras que manifestaron ciclo estrol corto | 25 |
| V. | DISCUSIÓN..... | 26 |
| VI. | CONCLUSIÓN..... | 29 |
| | Literatura citada..... | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Proporción de cabras detectadas en estro cada día al ser expuestas a machos foto-estimulados. El grupo control no recibió ningún tratamiento hormonal (GC). Al otro grupo (GP) se le aplicó 20 mg de progesterona momentos antes de la introducción del macho. 21
- Figura 2.** Latencia al estro entre la introducción de los machos foto-estimulados y la manifestación del estro del grupo control (GC) y del grupo de cabras tratadas con progesterona (GP). 22
- Figura 3.** Porcentaje de cabras del grupo control (GC) y del grupo de cabras tratadas con progesterona (GP) que manifestaron comportamiento estral entre el día 1 al 5 y del día 6 al 10 posteriores a la introducción de los machos foto-estimulados. 23
- Figura 4.** Duración del primer y segundo estro después de la introducción de los machos foto-estimulados, de las cabras del grupo control (GC) y del grupo tratado con progesterona (GP). 24
- Figura 5.** Proporción de cabras que manifestaron ciclo corto después de la introducción de los machos foto-estimulados, del grupo control (GC) y del grupo tratado (GP). 25

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue determinar si la aplicación de progesterona previa al efecto macho, reduce la incidencia de ciclos cortos en cabras en anestro estacional. Se utilizaron 35 cabras multíparas distribuidas en dos grupos. Un grupo control (GC, n=17) el cual no recibió tratamiento hormonal, al otro grupo se le administró 20 mg de progesterona a cada cabra momentos antes de la introducción del macho foto-estimulado (GP, n=18). Se utilizaron dos machos adultos vasectomizados, sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos, los cuales fueron cambiados cada 12 horas entre ambos grupos de cabras durante el periodo de detección del estro. La mayoría de las cabras presentaron actividad estral (>80%) no difiriendo entre grupos ($P>0.05$). La latencia al primer estro en el GP fue 70.2 ± 1.7 h, y en el GC fue 52.8 ± 8.8 h. El porcentaje de hembras que presentaron ciclos cortos fue menor en el grupo GP (33.3%) que en el grupo GC (88.2% $P<0.05$). La duración del primer y segundo estro no difirió entre grupos ($P>0.05$). Concluyendo que la administración de progesterona momentos antes de la introducción de machos cabrios foto-estimulados durante el periodo de anestro estacional de las cabras de la Comarca Lagunera, reduce la presentación de ciclos cortos.

Palabras clave: progesterona, ciclo corto, fotoperiodo, anestro, efecto macho.

I. INTRODUCCIÓN

En México, y particularmente en la Comarca Lagunera (26°N), la producción caprina presenta una marcada estacionalidad, determinada principalmente por la actividad reproductiva estacional que manifiestan los caprinos. En efecto, en las cabras locales de la Comarca Lagunera sin la presencia constante del macho, la actividad reproductiva determinada por niveles plasmáticos de progesterona, inicia en septiembre y termina en febrero (Duarte *et al.*, 2010). En los machos aislados de las hembras, la estación sexual, determinada por niveles plasmáticos de testosterona inicia en mayo-junio y termina en diciembre-enero (Delgadillo *et al.*, 1999). Este fenómeno biológico de la estacionalidad reproductiva representa a nivel mundial una limitante en la disponibilidad de los productos caprinos como lo son leche y el cabrito, ya que lleva a una concentración de la oferta de estos productos al final del invierno y durante la primavera, lo que provoca importantes variaciones en sus precios (Chemineau *et al.*, 2007).

Para romper la estacionalidad en la disponibilidad de productos de origen caprino, se han utilizado diferentes métodos tanto hormonales como naturales. Dentro de los tratamientos naturales, existe el “efecto macho”, el cual consiste en introducir machos sexualmente activos en un grupo de cabras anéstricas, para estimular la secreción de la hormona luteinizante (LH), y por consecuencia la manifestación del estro y la ovulación, (Walkden-Brown *et al.*, 1993, Delgadillo *et al.*, 2002).

Sin embargo, la respuesta de las hembras al efecto macho se caracteriza por que la mayoría de ellas, presentan un ciclo estral de corta duración. Se considera

ciclo corto cuando dura menos de 17 días y como consecuencia, no hay una sincronía en los estros. Para que haya cabras preñadas ya sea por monta natural o por medio de la inseminación artificial es necesario la uniformidad de estros en las cabras. Por tal motivo, se ha utilizado la aplicación de progesterona (P4) en conjunto con el del efecto macho. La aplicación previa de esta hormona demostró que reduce los ciclos cortos y conduce a una mejor sincronización de los estros en las hembras caprinas (Chemineau, 1985; López-Sebastián *et al.*, 2007). En la Comarca Lagunera en un estudio realizado en mayo-junio por García (2008), en el cual a las cabras utilizadas se les aplicaron 25 mg de P4 al momento de la introducción del macho foto-estimulado, y se observó una menor presentación de ciclos cortos en las cabras tratadas.

Sin embargo, en nuestro conocimiento, existen pocos estudios en caprinos donde se utilice el efecto macho en conjunto con la aplicación de progesterona previa a la introducción del macho. Por ello, el propósito del presente estudio fue determinar si la aplicación de progesterona momentos antes de la introducción del macho acorta la latencia al estro y disminuye la frecuencia de presentación de los ciclos estrales cortos.

OBJETIVO

Determinar si la aplicación de progesterona en las cabras anéstricas de la Comarca Lagunera momentos antes de la introducción de machos cabríos sexualmente activos, foto-estimulados, reduce la frecuencia de los ciclos cortos.

HIPÓTESIS

La aplicación de progesterona a las cabras anéstricas de la Comarca Lagunera momentos antes del contacto directo con machos cabríos fotoestimulados, reduce la frecuencia de los ciclos cortos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La estacionalidad reproductiva de la especie caprina

En México la mayoría de las razas caprinas manifiestan estacionalidad reproductiva independientemente de la disponibilidad de alimento. En hembras, la actividad reproductiva inicia en los meses de agosto-septiembre finalizando en los meses de enero febrero y el periodo de inactividad sexual comprende de los meses de enero-febrero a agosto-septiembre (Duarte *et al.*, 2008). Mientras que el reposo sexual de los macho cabríos en el subtrópico mexicano ocurre de enero-febrero a mayo-junio (Delgadillo *et al.*, 1999)

En las razas caprinas que son estacionales, el fotoperiodo es el factor del medio ambiente que permite sincronizar la actividad reproductiva anual (Chemineau *et al.*, 1992; Delgadillo *et al.*, 2004).

2.2 Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva

Las variaciones de la duración del día son traducidas por la glándula pineal (pinealicitos). Al recibir la señal nerviosa se transforma en un mensaje endocrino, siendo esté la secreción de melatonina. La melatonina es secretada durante la noche y su duración ayuda a interpretar la diferencia entre un día corto y un día largo, regulando así la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Karsch *et al.*, 1984; Karsch *et al.*, 1988). En efecto, la información lumínica recibida en los foto-receptores ubicados en la retina, es transmitida por vía nerviosa al núcleo supraquiasmático (NSQ), luego al ganglio cervical superior (GCS) hasta alcanzar la glándula pineal, modificando el ritmo circadiano en la

secreción de melatonina (Karsch *et al.*, 1984). La melatonina es secretada durante la noche y es la duración de su secreción la que ayuda a interpretar la diferencia entre un día corto y uno largo, regulando así la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal (Karsch *et al.*, 1988).

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

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

2.3 Fisiología del ciclo estral

El ciclo estral es el intervalo de tiempo entre dos estros y hace referencia a los sucesos fisiológicos, morfológicos y de comportamiento que se producen en la hembra. Desde el punto de vista biológico, es la oportunidad de las hembras para quedar gestantes (Fatet *et al.*, 2011), ya que permite el contacto de gametos femeninos con los masculinos. Constituye un proceso cíclico que es inducido por la interacción entre el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios y el útero (Spencer *et al.*, 2004). El hipotálamo juega un papel importante en la regulación del ciclo estral porque produce la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) que es la responsable de la estimulación de liberación de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) hormonas liberadas por la hipófisis anterior. Estas gonadotropinas controlan el crecimiento folicular, la ovulación y el crecimiento del cuerpo lúteo en el ovario y son reguladas por retroalimentación (Feed-Back) positivo de los estrógenos y la retroalimentación negativa de los estrógenos y la progesterona (Senger, 2003).

En la cabra cíclica, la duración del periodo de celo, estro o receptividad sexual, es de 24 a 48 horas con un promedio de 36 horas; mientras que la duración del ciclo estral es de 18 a 22 días, siendo el promedio de duración de 21 días (Fatet *et al.*, 2011).

2.3.1 Foliculogénesis

El folículo constituye la unidad estructural y funcional de los ovarios de los mamíferos. Los folículos pasan por diferentes etapas de desarrollo, proceso llamado foliculogénesis. En este proceso se da la diferenciación desde folículos primordiales hasta terciarios, de acuerdo a las características histológicas de las células de la granulosa que rodean el ovocito y al grado de maduración del mismo (Gigli *et al.*, 2006). Además, como la foliculogénesis es un proceso continuo, en el ovario existen folículos de diferentes etapas de desarrollo. Los folículos terciarios o preovulatorios, son los que llegan a ovular. La dinámica folicular se divide en tres etapas diferentes:

1. Reclutamiento, es la etapa de la activación de un grupo de folículos primarios.
2. Selección, es la etapa en que un folículo se selecciona sobre los otros y secretan inhibina que causa una retroalimentación negativa en la secreción de FSH.
3. Dominancia, es la etapa en la que un folículo dominante actúa de forma parácrina inhibiendo el desarrollo de los folículos subordinados y en forma sistémica, por un mecanismo de retroalimentación negativo a la FSH a nivel de la hipófisis, el folículo dominante continua creciendo mientras los subordinados se atresian (Driancourt, 2001).

La FSH y la LH estimulan el crecimiento folicular, los folículos a su vez secretan niveles elevados de estradiol, que por retroalimentación positiva de GnRH y LH, para que ocurra la dehiscencia o liberación del óvulo (Senger, 2003; Gigli *et al.*, 2006).

2.3.2 Desarrollo del cuerpo lúteo (CL)

Luego de la ovulación se forma el cuerpo lúteo (CL) a partir de la hipertrofia de las células de la granulosa las cuales se denominan células luteales grandes (GCL) y las células de la teca por su cambio morfológico se denomina células luteales pequeñas (PCL) (Senger, 2003). Las células de la granulosa se convierten a células lúteas grandes afines a $\text{PGF2}\alpha$, estas células responden a estímulos luteolíticos y producen P4 y oxitocina. Las células de la teca interna se transforman en células pequeñas las cuales muestran receptores a LH, responden a los estímulos luteotrópicos y producen P4 ; (McCracken *et al.*, 1999).

La $\text{PGF2}\alpha$ que es la luteolisina, se produce en las células endometriales y también en el cuerpo lúteo en menor concentración; es transportada a través de un mecanismo de contracorriente de la vena uterina, a la arteria ovárica ipsilateral al ovario donde se ha formado el cuerpo lúteo. Para que el CL sea sensible a la $\text{PGF2}\alpha$ debe de alcanzar cierto estado de madurez, caracterizado por una amplia vascularización y por la producción de progesterona que lleva a niveles por encima de 1ng/ml (McCracken *et al.*, 1999; Niswender *et al.*, 2000; Senger, 2003; Fatet *et al.*, 2011).

Al final de la etapa ocurre la caída de los niveles plasmáticos de P4 , los receptores de oxitocina (ROT) inducidos por el estradiol en el endometrio son activados por la secreción pulsátil de oxitocina hipofisaria y ovárica. Esto determina que a cada pulso de oxitocina corresponde otro de $\text{PGF2}\alpha$, siendo un caso de retroalimentación positiva (Niswender *et al.*, 2000), la $\text{PGF2}\alpha$ provoca la vasoconstricción a nivel del ovario con destrucción de las células pequeñas y

reducción de tamaño de las grandes y como consecuencia la degradación del CL (McCracken *et al.*, 1999; Senger, 2003; Fatet *et al.*, 2011).

Cuando existe fertilización, el óvulo fecundado (huevo o cigoto) desciende al útero, donde tendrá lugar su desarrollo hasta el nacimiento. En ruminantes la señal anti-luteolítica es el interferón tau (INF-t) producido por las células del trofoblasto, inhibe el acoplamiento OT-PGF2 α por la inhibición de la expresión endometrial de los ROT. Subsecuentemente se mantiene la síntesis y secreción de P4 por el CL. En consecuencia, permite el desarrollo del embrión en el medio ambiente intrauterino adecuado y propiciado por la P4, la cual produce un aumento de la vascularización del útero y la secreción de las glándulas endometriales (histotrofe o leche uterina). Lo anterior crea un medio favorable para el embrión y contribuye a prevenir el aborto prematuro (Driancourt, 2001).

2.4 Métodos para la inducción y sincronización del estro y la ovulación en la especie caprina

Es posible modificar y controlar la reproducción en la especie caprina aplicando varias técnicas que han demostrado ser eficaces. Dentro de estas técnicas podemos citar el modificar el patrón de percepción del fotoperiodo, las relaciones socio-sexuales con otros individuos, como el efecto macho y la aplicación de hormonas exógenas, como la P4 o los progestágenos comúnmente impregnados en dispositivos intravaginales.

2.4.1 Tratamientos fotoperiódicos y el efecto macho

En los machos cabríos de las razas Alpino y Saanen, la alternancia entre dos meses de días largos (16 h de luz/día) y dos meses de días cortos (8 h de luz/día) modifican la estacionalidad de su comportamiento sexual, del peso testicular y de la producción espermática cuantitativa y cualitativa (Delgadillo *et al.*, 1991; Delgadillo *et al.*, 1999). En los machos cabríos de la Comarca Lagunera, el tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses a partir del 1 de Noviembre (16 h luz / 8 h de oscuridad), estimula su actividad sexual de marzo y abril, meses de reposo sexual natural (Delgadillo *et al.*, 2002). Estos machos foto-estimulados son muy eficientes para inducir la actividad estral y ovulatoria en las cabras en anestro estacional (Flores *et al.*, 2000; Bedos *et al.*, 2012).

2.4.2 Tratamientos hormonales

Progestágenos + gonadotropina coriónica equina (eCG)

La P4 y sus análogos son las principales hormonas comúnmente utilizadas para la inducción y sincronización del estro en pequeños rumiantes (Bretzlaff y Romano, 2001). Se utilizan esponjas intravaginales impregnadas con acetato de fluorogestona (FGA) o acetato de medroxiprogesterona (MAP) y el CIDR (Controlled Internal Drug Release) que contiene P4 (Wildeus, 2000; Holtz, 2005; Abecia *et al.*, 2011).

En cabras, en un inicio la duración de los tratamientos con progestágenos era de 21 días, para imitar la duración promedio de un ciclo estral normal (Corteel, 1975). Sin embargo, los tratamientos con progestágenos por periodos prolongados han sido asociados con baja fertilidad (Viñoles *et al.*, 2001;

Menchaca y Rubianes, 2004). Esto se debe a cambios fisiológicos en el útero que alteran el transporte espermático (Pearce y Robinson, 1985). Actualmente existen tratamientos cortos con una duración de 6 a 12 días, los cuales han demostrado ser más efectivos que el tratamiento largo, ya que no afectan la fertilidad (Viñoles *et al.*, 2001). Dos días antes de retirar las esponjas vaginales o al momento de retirarlas, cada hembra recibe una dosis de 200 a 800 UI de eCG para estimular el desarrollo folicular y la ovulación (Motlomelo *et al.*, 2002).

2.4.3 Bioestimulación sexual

Una técnica natural y sustentable para la inducción y sincronización de la actividad sexual en cabras anéstricas, es el manejo de las relaciones socio-sexuales, particularmente el “efecto macho”. Esta técnica de inducción consiste en introducir un macho sexualmente activo en un grupo de hembras anéstricas para estimular la secreción de LH, el estro y la ovulación (Martin *et al.*, 1986; Walkden-Brown *et al.*, 1993; Flores *et al.*, 2000; Chemineau *et al.*, 2006; Delgadillo *et al.*, 2009).

La intensidad de la actividad sexual del macho modifica la respuesta de las hembras expuestas a los machos. En los machos cabríos de la Comarca Lagunera, por ejemplo, la actividad sexual se puede estimular al exponerlos a 2.5 meses de días largos artificiales a partir del 1 de noviembre y dos meses de días cortos naturales. Este tratamiento estimula la secreción de testosterona, el comportamiento sexual, el olor y las vocalizaciones en marzo y abril, meses que corresponden al periodo de reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002; Bedos *et al.*, 2012). Los machos foto-estimulados son más eficientes para inducir la actividad

sexual de las hembras que los machos no tratados por foto-estimulación que presentan actividad sexual débil (Delgadillo *et al.*, 2002).

2.4.3.1 Respuesta fisiológica de la hembra al efecto macho

En las cabras criollas de la isla de Guadalupe en el Caribe, el 95% de éstas ovularon tres días después del primer contacto con el macho. Esta primera ovulación se asoció solamente con un 6% de presentación de comportamiento estral. La mayoría de las cabras que ovularon (75%) presentaron un ciclo ovulatorio corto de 5.3 días de duración, y 6 días después ocurrió una segunda ovulación que fue acompañada de estro en el 90% de los casos, en esta segunda ovulación la fase lútea tuvo una duración normal, es decir, el ciclo duró aproximadamente 21 días (Chemineau, 1983). En cabras de la raza Cashmere de Australia expuestas al efecto macho, el 74% de ellas ovularon y sólo el 59% manifestó al menos un estro durante los 10 días después de la introducción de los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1993). En las cabras de la Comarca Lagunera, se ha descrito el mismo fenómeno: un alto porcentaje presenta estro y ovula en los primeros 3 días de contacto con los machos; la mayoría manifiesta un ciclo corto y ovula nuevamente entre el día 6 y 10, posteriormente desarrollan una fase lútea de duración normal (Flores *et al.*, 2000; Carrillo *et al.*, 2007).

Los ciclos cortos se presentan frecuentemente en las hembras expuestas al efecto macho. Se han realizado estudios tratando de explicar por qué se manifiestan dichos ciclos cortos, y se propone un mecanismo fisiológico secuencial acerca de la corta vida del CL asociado a los ciclos estrales cortos:

- a) Los folículos inducidos a ovular por el efecto macho son de mala calidad, debido a que presentan una baja calidad de células de la granulosa en comparación con los folículos en desarrollo durante la época natural de reproducción.
- b) El cuerpo lúteo desarrollado a partir de estos folículos tiene un desarrollo anormal que conduce a una proporción insuficiente de células lúteas grandes y por lo tanto secretan cantidades bajas de progesterona.
- c) El mecanismo contracorriente actúa amplificando localmente la diferencia de la concentración de P4 en las arterias uterinas y ováricas.
- d) Debido a estas concentraciones de P4 insuficientes que alcanzan el ovario y el útero, la cadena responsable de la liberación de la oxitocina y la PGF2 α es más sensible a los estrógenos.
- e) Debido a la baja concentración de progesterona plasmática no se bloquea la actividad gonadotrópica en los días posteriores a la ovulación.
- f) La nueva oleada de folículos iniciados los días 3 y 4 del primer ciclo inducido por el macho, siguen creciendo y secretan más estrógenos, por lo que el CL inicia su capacidad de respuesta a las prostaglandinas.
- g) Estos estrógenos estimulan la secreción de prostaglandina por el útero y la liberación de oxitocina por el cuerpo lúteo causando así una luteólisis temprana (Chemineau *et al.*, 2006).

Efecto macho + progesterona

La aplicación de progesterona antes de la introducción del macho, reduce la incidencia de los ciclos cortos, logrando una mejor sincronización (Chemineau *et al.*, 2006) y elevada fertilidad en la primera ovulación después de la

introducción del macho (>70%; Chemineau, 1985; Díaz-Delfa *et al.*, 2002; García, 2008). En las cabras de Túnez, la manifestación de ciclos cortos fue de 15% al estar tratadas con progesterona (Lassoued *et al.*, 1995), siendo similar la respuesta en las cabras de la raza Murciano-Granadina donde se observaron una mejor sincronía y un 6.9% con ciclos cortos; Gonzalez-Bulnes *et al.*, 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó durante 13 días en el mes de marzo en donde las cabras locales de la Comarca Lagunera presentan un periodo de reposo sexual o anestro estacional. Este estudio se realizó en el ejido Morelos, ubicado en el municipio de Matamoros en Coahuila de Zaragoza, al norte de México (latitud 26° 23'N y longitud 104° 47'O; a una altitud de 1100 msnm). La Comarca Lagunera se caracteriza por tener un clima seco, con un promedio de precipitación anual de 266 mm que ocurre generalmente entre junio y septiembre con una amplia variabilidad entre los años con un rango de: 163-504 mm (CONAGUA 2016. <http://www.cna.gob.mx>-fecha de consulta: febrero 25 de 2016). La temperatura media anual es de 21° C (Montemayor-Trejo *et al.*, 2012). El fotoperiodo en esta región varía de 13 h 41 min de luz en el solsticio de verano y 10 h 19 min en el solsticio de invierno. El principal sistema de producción caprina en la Comarca Lagunera es el de pastoreo sedentario que consiste en que las cabras salen a pastorear en la mañana y regresan a corrales rústicos por la tarde donde permanecen toda la noche hasta el día siguiente (Sáez-Escárcega *et al.*, 1991). La vegetación nativa que pueden consumir las cabras en esta región es: Arbustos: *Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplex acantocarpa*, *Scabra agave*, *Mimosa biuncifera*. Plantas herbáceas: *Ciliaris heliantus*, *Salsola kali*, *Solanum eleaegnifolium*. Gramíneas: *Sorghum halepense*, *Chloris virgata*, *Setaria verticillata*, *Eragrostis pectinacea*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua barbata* y *Aristida purpurea* (Duarte *et al.*, 2008). Esquilmos agrícolas: sorgo, melón, sandía algodón, alfalfa, zacate y ballico, entre otros.

3.2 Animales experimentales

Hembras

En el presente estudio se utilizaron 35 cabras locales adultas, multíparas, con una edad entre 2 y 4 años. Estas cabras presentan diferentes grados de encaste de razas como la Nubia, Saanen, Alpina Francesa, Toggenburg, Murciano-Granadina y Boer (Delgadillo *et al.*, 2011). Al inicio del experimento, las cabras tenían una condición corporal de 1.5 ± 0.1 , la cual fue determinada mediante la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.* (1997), que consiste en la palpación de la masa muscular y grasa entre las apófisis espinosas y laterales de la región lumbar, utilizando una escala de 1 a 4 (1 = magra o delgada y 4 = gorda). Una semana previa al estudio se realizó una ultrasonografía (US) transrectal utilizando un Scanner Modelo-B (Aloka SSD, Tokio, Japón), equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz para identificar la ausencia de cuerpos lúteos y determinar que estuvieran acíclicas.

Las cabras fueron distribuidas en dos grupos. En un grupo, cada cabra recibió una dosis intramuscular (IM) de progesterona (20 mg) momentos antes de la introducción del macho (GP: n=18). En el grupo control (GC; n=17), ninguna cabra recibió tratamiento hormonal de progesterona. A las 08:00 h del día 0, en cada grupo de cabras se introdujo un macho vasectomizado, sexualmente activo mediante tratamiento fotoperiódico de días largos.

Machos

Dos machos previamente vasectomizados fueron inducidos a la actividad sexual al someterlos artificialmente a 16 h de luz por día durante 2.5 meses del 1º de noviembre al 15 de enero estos dos machos fueron cambiados cada 12 horas entre ambos grupos de cabras durante el periodo diario de detección del estro (30 minutos).

3.3 Manejo de los animales experimentales

Las cabras estuvieron estabuladas durante el estudio, se desparasitaron con ivermectina adicionada con vitaminas A, D y E. La alimentación de las cabras consistió de 1.5 kg de heno de alfalfa (14% PC), 200 g de avena y 300 g de concentrado comercial (14% de PC; 1.7 MCal) por animal. Además, a los animales se les proporcionó sales minerales en bloques y agua potable *ad libitum*. Las hembras caprinas fueron ordeñadas manualmente una vez al día a partir de las 06:00 a.m. y antes de que se les proporcionara el alimento. Los machos vasectomizados recibieron la misma alimentación que las hembras.

3.4 Variables evaluadas en las cabras

3.4.1 Detección del estro

El estro se detectó dos veces al día (am-pm) durante 30 min. Antes de iniciar la detección del estro, los machos fueron cambiados entre los grupos de hembras para que estuvieran estimulados por la novedad de estar en contacto con otras hembras (Loya-Carrera *et al.*, 2014). Además, a cada macho se le colocó un mandil o peto para evitar la penetración y eyaculación, esto para mantener una intensa libido durante el tiempo de detección del estro. Se consideró que una cabra estaba en estro cuando permanecía inmóvil y permitía la monta del macho. La cabra que fue detectada en estro, fue separada del corral para permitir que el macho detectara a otras hembras en estro. Al finalizar la detección, estas hembras eran reintegradas a su respectivo corral para ser inseminadas 12 horas después, además a los machos se les retiró el mandil y permanecieron en el corral hasta cambiarlos para la siguiente detección de estro.

3.4.2 Latencia al estro

En cada cabra se determinó el número de horas transcurridas desde el momento de la introducción del macho (día 0) hasta la detección del primer estro (latencia 1).

3.4.3 Duración del estro

Se consideró la duración al estro como el número de horas que la hembra permaneció receptiva a la monta del macho.

3.4.4 Porcentaje de cabras que manifestaron estro del día 1 al 5 y del 6 al 10

Se determinó el porcentaje de cabras que manifestaron estro del día 1 al 5 y del 6 al 10 posteriores a la introducción del macho.

3.4.5 Porcentaje de cabras que presentaron ciclo estral corto

Se determinó el porcentaje de cabras que manifestaron un ciclo estral corto. Se consideró que un ciclo corto, fue aquel que tuvo una duración menor a 17 días (Chemineau *et al.*, 1992).

3.5 Análisis estadísticos

La proporción de cabras que mostraron estro, ciclos cortos, se analizaron mediante la prueba de Chi². Al indicar esta prueba diferencia significativa entre grupos, se realizó la prueba exacta de Fisher. La latencia y duración de estro fueron analizadas mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, al indicar diferencia significativa entre grupos, se realizó la prueba de U de Mann-Whitney (SYSTAT 13; Chicago, IL).

IV. Resultados

4.1 Actividad estral

4.1.1 Detección del estro

La mayoría de las cabras de los dos grupos presentaron al menos un estro durante los 10 días de haber sido expuestas a los machos cabríos foto-estimulados (Figura 1).

Hembras en estro (%)

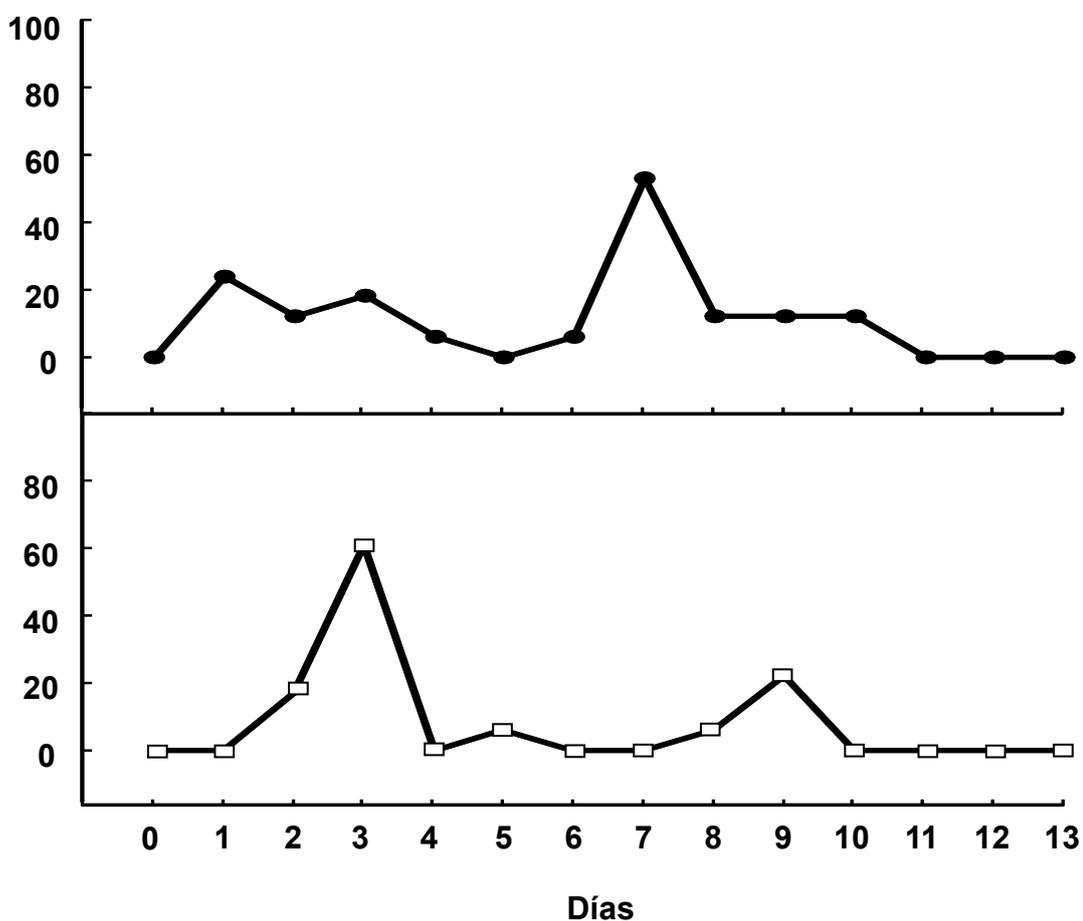


Figura 1. Proporción de cabras detectadas en estro cada día al ser expuestas a machos foto-estimulados. El grupo control no recibió ningún tratamiento hormonal (GC●). Al otro grupo (GP□) se le aplicó 20 mg de progesterona momentos antes de la introducción del macho.

4.1.2 Latencia al estro

La latencia al estro después de la introducción de los machos foto-estimulados, demuestra que no existe diferencia entre el GC con el GP ($P > 0.05$; Figura 2).

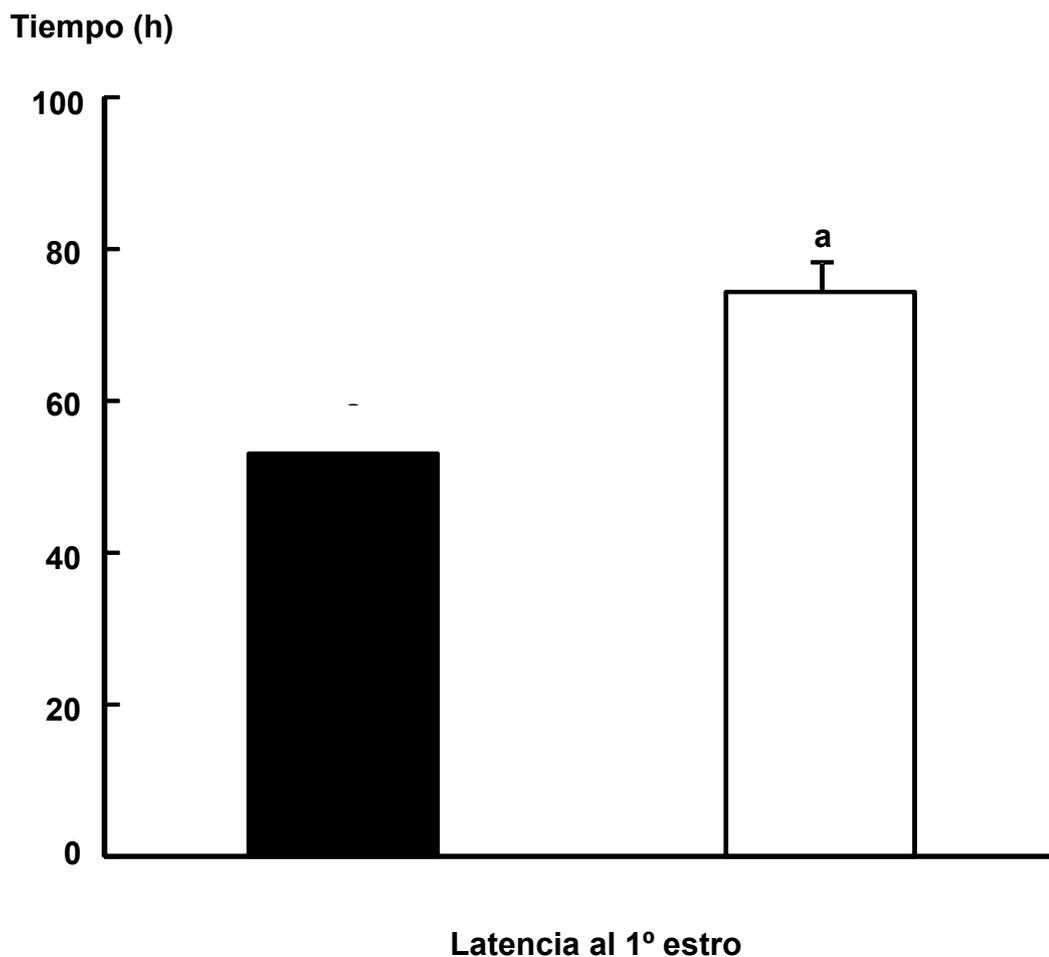


Figura 2. Latencia al estro entre la introducción de los machos foto-estimulados y la manifestación del estro del grupo control (GC■) y del grupo de cabras tratadas con progesterona (GP□). Literales iguales indican que no existió diferencia significativa ($P > 0.05$)

4.1.3 Porcentaje de cabras que manifestaron estro entre el día 1 al 5 y del día 6 al 10

En la figura 3 se muestra que la mayoría de las cabras del GP (83.3%) manifestaron estro en los primeros 5 días mientras que en el GC la proporción fue menor (58.8%; $P>0.05$) sin embargo no existió diferencia entre estos grupos. Contrario a lo ocurrido del día 6 al 10 en las cabras del GC (94%) manifestaron estro, siendo menor la proporción en el GP (27.7%; $P<0.05$).

Hembras en estro (%)

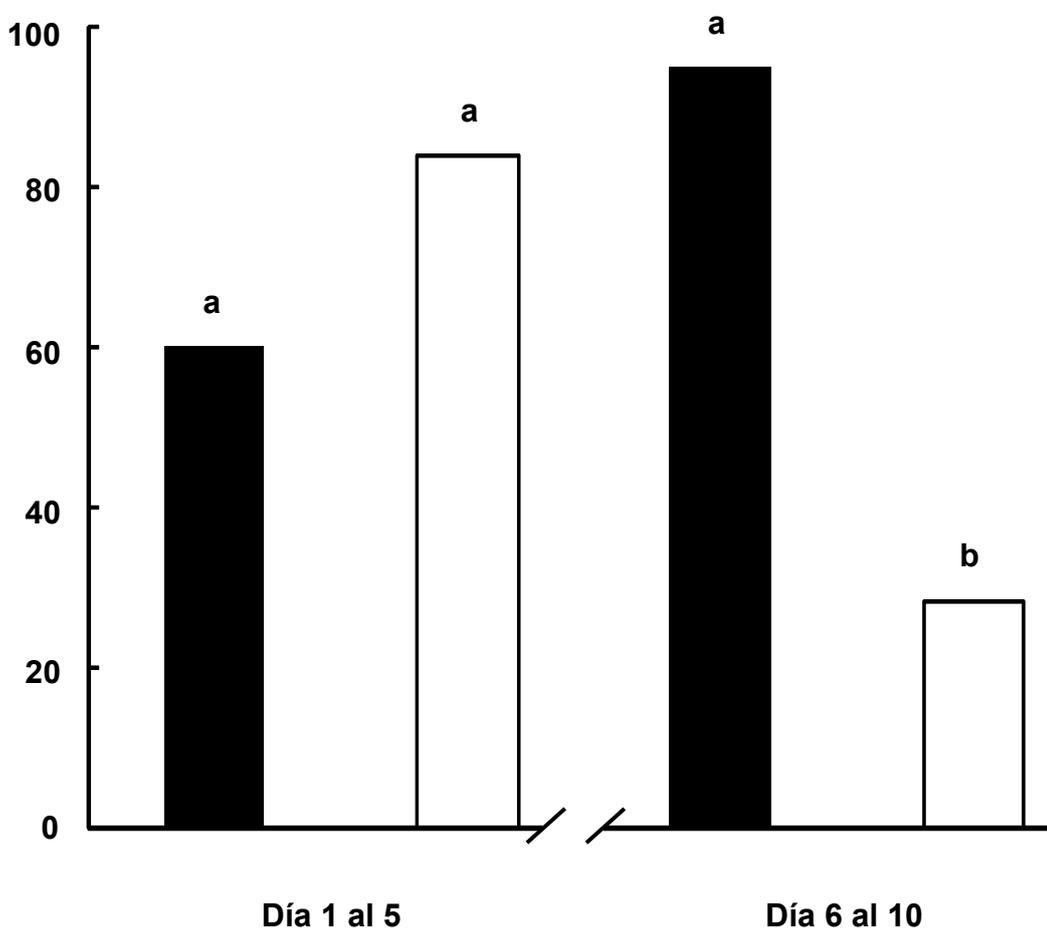


Figura 3. Porcentaje de cabras del grupo control (GC■) y del grupo de cabras tratadas con progesterona (GP□) que manifestaron comportamiento estral entre el día 1 al 5 y del día 6 al 10 posteriores a la introducción de machos fotoestimulados. Literales diferentes indican diferencia significativa ($P<0.05$).

4.1.4 Duración del estro

La duración del primer y segundo estro no fue diferente entre grupos ($P>0.05$; Figura 4).

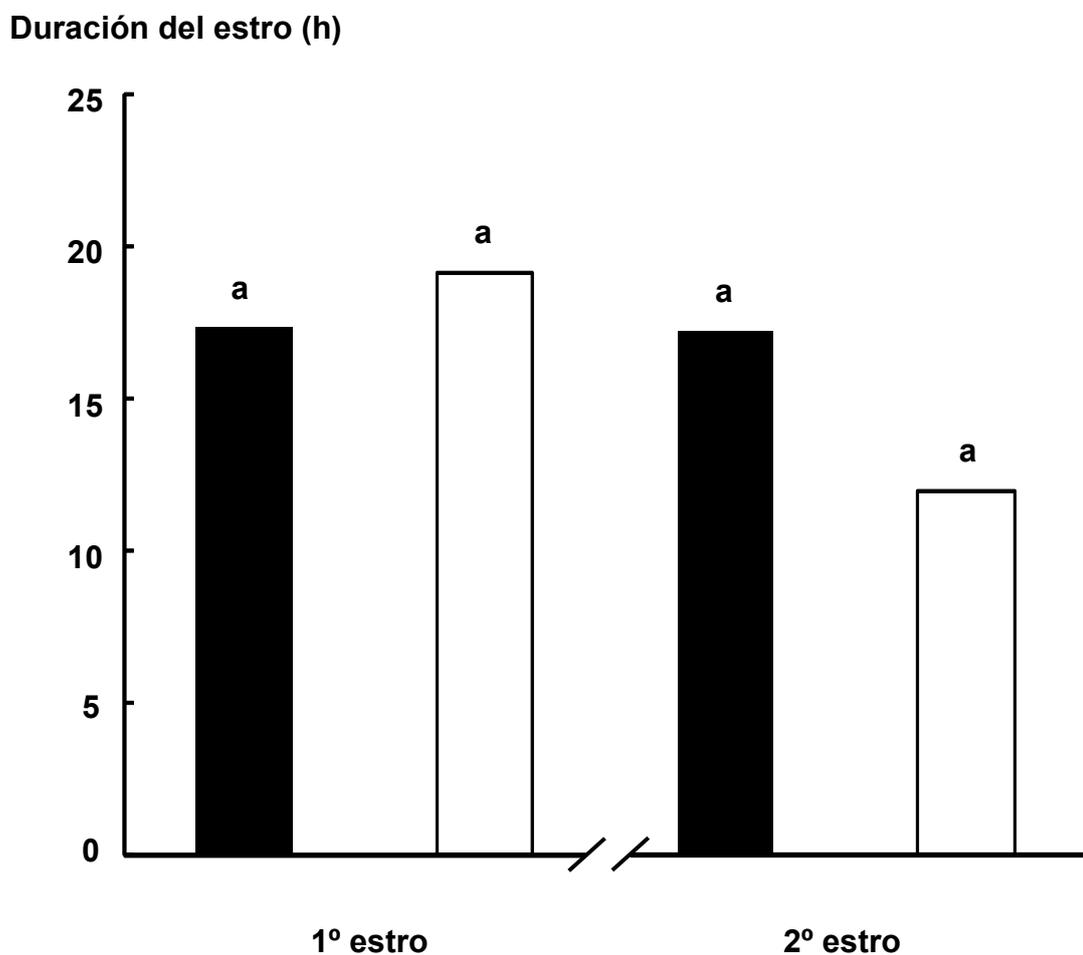


Figura 4. Duración del primer y segundo estro después de la introducción de los machos foto-estimulados, de las cabras del grupo control (GC■) y del grupo tratado con progesterona (GP□). Literales iguales indican que no existió diferencia significativa ($P>0.05$).

4.1.5 Porcentaje de hembras que manifestaron ciclo estral corto

El porcentaje de cabras que manifestaron ciclos cortos fue menor en el GP que en el GC ($P < 0.05$)

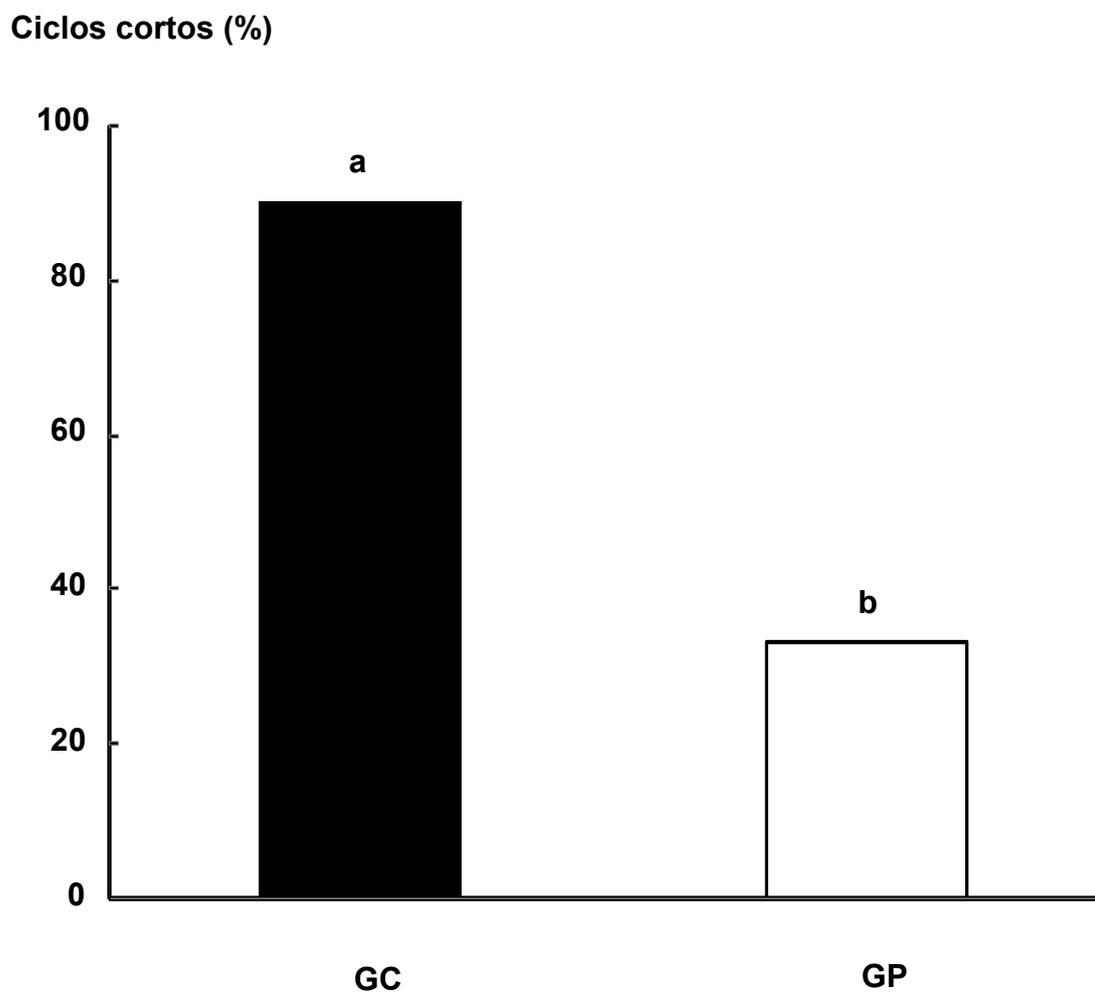


Figura 5. Proporción de cabras que manifestaron ciclo corto después de la introducción de los machos foto-estimulados, del grupo control (GC■) y del grupo tratado (GP□). Literales diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

V. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que la aplicación de progesterona en cabras locales en anestro estacional antes de ponerlas en contacto con machos cabríos sexualmente activos por foto-estimulación, reduce considerablemente la manifestación de ciclos cortos al someterlas al efecto macho. En efecto, el porcentaje de ciclos cortos fue menor en el grupo de cabras que se les aplicó progesterona momentos antes de la introducción del macho foto-estimulado, que en las cabras del grupo control que no se les administró el tratamiento con progesterona. Estos resultados concuerdan con otros estudios en cabras y ovejas, donde la administración de progesterona exógena en conjunto con el efecto macho, es eficiente para reducir o suprimir la frecuencia de ciclos cortos (caprinos: Chemineau, 1985; Gonzalez-Bulnes *et al.*, 2006; Ovinos: Díaz-Delfa *et al.*, 2002; caprinos y ovinos: Lassoued *et al.*, 1995). Aunque no está muy claro el mecanismo de la acción de la progesterona en la supresión de los ciclos cortos cuando las cabras son sometidas al efecto macho. Diferentes estudios han propuesto que la aplicación de progesterona sincroniza la respuesta de las hembras al efecto macho y que los folículos jóvenes crecerán y permitirán que ocurra la ovulación, por el efecto del aumento de la frecuencia de secreción de LH inducida por el macho, mientras que los folículos viejos se atresian (Pearce y Robinson, 1985; Menchaca y Rubianes, 2001; Gonzalez-Bulnes *et al.*, 2006).

En nuestro estudio, realizado durante el periodo de reposo sexual natural, la mayoría de las cabras de ambos grupos presentaron al menos un estro en los primeros 10 días de haber sido expuestas a los machos cabríos foto-

estimulados. En efecto, las cabras al ser expuestas a estos machos, son capaces de responder con actividad estral durante este periodo de anestro estacional (Chemineau, 1983; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002).

En el grupo de cabras que se les aplicó P4, la latencia al inicio del primer estro fue mayor que en las cabras que no se les aplicó el tratamiento hormonal. Este resultado concuerda con lo descrito por otros autores que han utilizado progesterona antes de realizar el efecto macho (ovinos: Adib *et al.*, 2014; caprinos: Gonzalez-Bulnes *et al.*, 2006; ovinos y caprinos: Lassoued *et al.*, 1995). En el presente estudio, la diferencia de la latencia pudo deberse al hecho de que la administración de progesterona minutos antes de la introducción del macho, inhibió el desarrollo folicular al disminuir por retroalimentación negativa la secreción de LH y en consecuencia retardó el inicio del estro (Pearce *et al.*, 1985; Contreras-Solís *et al.*, 2008; Chemineau *et al.*, 2006). Por lo tanto la progesterona influyó con su retroalimentación negativa en el desarrollo folicular y como consecuencia la manifestación de estro. En la duración del primer y segundo estro no hubo diferencias significativas entre los dos grupos, sin embargo en la duración del segundo estro se pueden observar diferencias de varias horas entre grupos. En cabras, se ha reportado que la duración del comportamiento del estro es de 24 hasta 48 horas de duración y con una variación entre razas (Chemineau, 1985; Fatet *et al.*, 2011). Éstas grandes diferencias con nuestro estudio, probablemente se debió a que solo se detectó la conducta estral dos veces al día utilizando el criterio de que la hembra en estro permitió la monta del macho. Es muy probable que cabras que hayan iniciado o terminado la manifestación de estro haya ocurrido durante la noche por lo tanto la duración en nuestros resultados sea menor.

Detecciones de estro más frecuentes han demostrado en caprinos, una mayor exactitud en su duración (cada 4 h; Chemineau, 1985; cada 3 h; Díaz-Delfa *et al.*, 2002).

En conjunto, los resultados del presente estudio confirman la hipótesis de que la aplicación de progesterona momentos antes de la introducción de machos cabríos foto-estimulados, disminuye la presentación de ciclos cortos en las cabras durante el periodo de reposo sexual natural y expuestas a machos cabríos sexualmente activos mediante foto-estimulación.

VI. CONCLUSIÓN

Se concluye que la administración de progesterona momentos antes de la introducción de machos cabríos foto-estimulados durante el periodo de anestro estacional de las cabras de la Comarca Lagunera, reduce la presentación de ciclos cortos.

Literatura citada

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

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

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

Bretzlaff, K.N., Romano, J.E. 2001. Advanced reproductive techniques in goats. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 17(2): 421-434.

Bronson, F.H. 1985. Mammalian reproduction: an ecological perspective. *Biology of Reproduction*. 32(1): 1-26.

Carrillo, E., Veliz, F.G., Flores, J.A., Delgadillo, J.A. 2007. El decremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad para inducir la actividad estral de cabras anovulatorias. *Técnica Pecuaria en Mexico*. 45(3): 319-328.

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

Chemineau, P. 1985. Effects of a progestagen on buck-induced short ovarian cycles in the creole meat goat. *Animal Reproduction Science*. 9(1): 87-94.

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

Chemineau, P., Pellicer-Rubio, M.T., Lassoued, N., Khaldi, G., Monniaux, D. 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reproduction Nutrition and Development*. 46(4):417-429.

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

Contreras, A. 2008. La aplicación de progesterona en combinación con el efecto macho no modifica la respuesta ovulatoria, ni la fertilidad en cabras. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Pp: 19-20.

Corteel, J.M., Bariteau, F., Bussiere, J., Leboeuf, B., De Montigny, G. 1975. The use of progestagens to control the oestrous cycle of the dairy goat. In *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*. 15(2): 353-363.

Delgadillo, J.A., Leboeuf, B., Chemineau, P. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology*. 36(5): 755-770.

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

Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*. 52(4): 727-737.

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

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

Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A., & Martin, G.B. 2009. The 'male effect' in sheep and goats—revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*. 200(2): 304-314.

Delgadillo, J.A., De la Torre-Villegas, S., Arellano-Solís, V., Duarte, G., Malpoux, B. 2011. Refractoriness to short and long days determines the end and onset of the breeding season in subtropical goats. *Theriogenology*. 76(6): 1146-1151.

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

Díaz-Delfa, C., González-Bulnes, A., Haba Nuévalos, E., Guirao Moya, J., Lobera Lössel, J.B., Urrutia López, B., Carrizosa Durán, J., López-Sebastián, A. 2002. Inducción y sincronización de ovulaciones en cabras de raza Murciano-Granadina mediante la utilización del efecto macho y progesterona. XXVII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. 1017-1021.

Duarte, G., Flores, J.A., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*. 35(4): 362-370.

Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*. 120(1): 65-70.

Fatet, A., Pellicer-Rubio, M.T., Leboeuf, B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*. 124(3): 211-219.

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

García, D.A. 2008. Características de la respuesta estral en cabras sometidas al efecto macho tratadas con progesterona. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Pp 19.

Gigli, I., Russo, A., Agüero, A. 2006. Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. *Investigación Veterinaria*. 8(1): 183-204.

Gonzalez-Bulnes, A., Carrizosa, J.A., Urrutia, B., López-Sebastián, A. 2006. Oestrous behaviour and development of preovulatory follicles in goats induced to ovulate using the male effect with and without progesterone priming. *Reproduction Fertility and Development*. 18(7): 745-750.

Holtz, W. 2005. Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research*. 60(1): 95-110.

Karsch, F.J., Bittman, E.L., Foster, D.L., Goodman, R.L, Legan, S.J., Robinson, J.E. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Progress in Hormone Research*. 40(1): 185-232.

Karsch, F.J., Malpoux, B., Wayne, N.L., Robinson, J.E. 1988. Characteristics of the melatonin signal that provide the photoperiodic code for timing seasonal reproduction in the ewe. *Reproduction Nutrition and Development*. 28(2B): 459-472.

Lassoued, N., Khaldi, G., Cognié, Y., Chemineau, P., Thimonier, J. 1995. Effect of progesterone on ovulation length and duration of the ovarian cycle induced by the male effect in the Barbarine ewe and the local Tunisian goat. *Reproduction Nutrition and Development*. 35(4): 415-426.

Lincoln, G.A., Almeida, O.F., Klandorf, H., Cunningham, R.A. 1982. Hourly fluctuations in the blood levels of melatonin, prolactin, luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, testosterone, tri-iodothyronine, thyroxine and cortisol in rams under artificial photoperiods, and the effects of cranial sympathectomy. *Journal of Endocrinology*. 92(2): 237-250.

López-Sebastián, A., González-Bulnes, A., Carrizosa, J., Urrutia, B., Díaz-Delfa, C., Santiago-Moreno, J., Gómez-Brunet, A. 2007. New estrus synchronization and artificial insemination protocol for goats based on male exposure, progesterone and cloprostenol during the non-breeding season. *Theriogenology*. 68(8): 1081-1087.

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

Martin, G.B., Oldham, C.M., Cognie, Y., Pearce, D.T. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams. *Livestock Production Science*. 15(3): 219-247.

McCracken, J.A., Custer, E.E., Lamsa, J.C. 1999. Luteolysis: A Neuroendocrine-Mediated Event *Physiological Reviews*. 79(2): 263-323.

Menchaca, A., Rubianes, E. 2001. Effect of high progesterone concentrations during the early luteal phase on the length of the ovulatory cycle of goats. *Animal Reproduction Science*. 68(1): 69-76.

Menchaca, A., Rubianes, E. 2004. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*. 16(4): 403-413.

Montemayor-Trejo, J.A., Lara-Mireles, J.L., Woo-Reza, J.L., Munguía-Lopez, J., Rivera-Gonzalez, M., Trucíos-Caciano, R. 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays L.*) en tres sistemas de irrigacion en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia*. 46(3): 267-278

Motlomelo, K.C., Greyling, J.P., Schwalbach, L.M. 2002. Synchronisation of oestrus in goats: the use of different progestagen treatments. *Small Ruminant Research*. 45(1): 45–49.

Niswender, G.D., Juengel, J.J., Silva, P.J., Rollyson, M.K., McIntush, E.W. 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiology Reviews*. 80(1): 1–29.

Pearce, D.T., Robinson, T.J. 1985. Plasma progesterone concentrations, ovarian and endocrinological responses and sperm transport in ewes with synchronized oestrus. *Journal Reproduction and Fertility*. 75(1): 49-62.

Sáez-Escárcega, P., Hoyos, G., Salinas, G., Martínez, M., Espinoza, J., Gerrero, A., Contreras, E., 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En: evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias: Torreón Coahuila, Mexico. 24-34.

Senger, P.L. 2003. Pathways to pregnancy and parturition. 2 ed. Currente Conception Inc. Washintong, USA. Pp: 373

Spencer, T.E., Jhonson, G.A., Burghardt, R.C., Bazer, F.W. 2004. Progesterone and placental hormone actions on the uterus: insights from domestic animals. *Biology of Reproduction*. 71(1): 2-10.

Viñoles, C., Forsberg, M., Banchemo, G., Rubianes, E. 2001. Effect of long term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*. 55(4):993-1004.

Walkden-Brown S.W., Restall, B.J., Henniawati. 1993. The male effect in the Australian cashmere goat. 1. Ovarian and behavioural response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks. *Animal Reproduction Science*. 32(1): 41-53.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B., Blackberry, M.A. 1997. Seasonality in male Australian Cashmere goats: long term effect of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research*. 26(3): 239-252.

Wildeus, S. 2000. Current concepts in synchronization of estrus: sheep and goats. *Journal of Animal Science*. 77(E-Suppl): 1-14.