

LA ADMINISTRACIÓN DE
PROGESTERONA REDUCE LA
PRESENTACIÓN DE CICLOS CORTOS
SIN DISMINUIR LA FERTILIDAD EN
CABRAS ANÉSTRICAS EXPUESTAS A
MACHOS CABRÍOS FOTO-
ESTIMULADOS

Dora María Cortinas Reyes

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar
por el grado de Maestro en Ciencias Agrarias

Universidad Autónoma Agraria Antonio
Narro

Unidad Laguna
Subdirección de Postgrado



Torreón, Coahuila, Junio 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

LA ADMINISTRACIÓN DE PROGESTERONA REDUCE LA
PRESENTACIÓN DE CICLOS CORTOS SIN DISMINUIR LA
FERTILIDAD EN CABRAS ANÉSTRICAS EXPUESTAS A
MACHOS CABRÍOS FOTO-ESTIMULADOS

DORA MARÍA CORTINAS REYES

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial para optar por el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

COMITÉ PARTICULAR

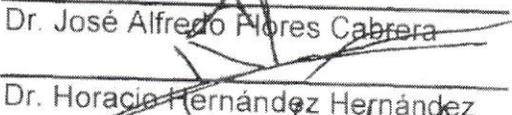
Asesor principal


Dr. Gerardo Duarte Moreno

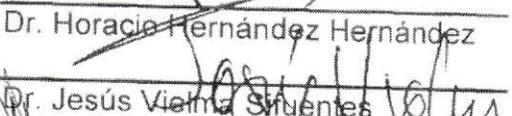
Asesor


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

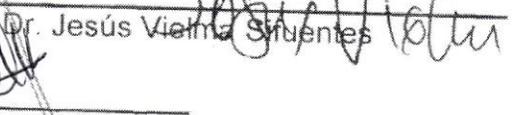
Asesor

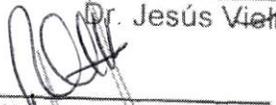

Dr. José Alfredo Flores Cabrera

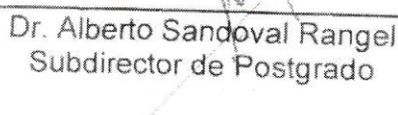
Asesor


Dr. Horacio Hernández Hernández

Asesor


Dr. Jesús Vielma Fuentes


Dr. Raúl Villegas Vizcaino
Jefe del Departamento de Postgrado


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO



DEPARTAMENTO DE POSGRADO

Torreón, Coahuila, junio de 2015.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (U.A.A.A.N.) por haberme abierto las puertas para poder estudiar lo que más me gusta, la carrera de Médico Veterinario Zootecnista.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca (N° 513557) brindada para poder realizar el posgrado.

Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), por las facilidades brindadas y el apoyo para la realización del presente trabajo.

A todos los doctores del CIRCA, por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

A mi asesor principal por el apoyo y por confiar y creer en mí. Por haberme dado la oportunidad de ampliar mi panorama y el gran apoyo que siempre me brindó.

Al personal secretarial del CIRCA y de la U.A.A.A.N., por su ayuda en el trámite administrativo.

A los alumnos de licenciatura por ese gran apoyo incondicional que me brindaron para la realización del trabajo de campo, y más que eso, me brindaron su valiosa amistad.

Por último y no menos importante al productor Don Manuel, por haberme permitido trabajar con su rebaño.

Dedicatoria

A mi familia, por ser mi apoyo y mi fortaleza, por todo el cariño y comprensión que me he han brindado. Porque son el pilar de mi vida y por ser los primeros en alentarme a superarme como persona.

A Miguel, por siempre escucharme y aconsejarme en todo momento. Por el apoyo que me mostró y ha demostrado para realizarme profesionalmente.

A mi amiga Miriam, por siempre tener esas palabras de aliento y situarme en lo que realmente importa.

A mi asesor el Dr. Gerardo Duarte Moreno, por la atención recibida, por brindarme la oportunidad de conocer otros lugares, y sobre todo por tenerme paciencia para concluir el presente estudio, y por demostrarme que aún hay docentes que se preocupan por sus alumnos.

A la M.C. Karla Rodríguez, por haberme escuchado y brindado parte de su tiempo para explicarme sobre fisiología. Y siempre darme ánimos para superarme.

A todos ellos ¡MUCHAS GRACIAS!

“A la cima no se llega superando a los demás, sino superándonos a nosotros mismos”

Índice general

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
LISTA DE FIGURAS	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. LA ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA DE LA ESPECIE CAPRINA	3
2.2. NEUROENDOCRINOLOGÍA DE LA ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA	3
2.3. FISIOLÓGÍA DEL CICLO ESTRAL	4
2.4. MÉTODOS PARA LA INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO Y LA OVULACIÓN EN LA ESPECIE CAPRINA	7
2.4.1. <i>Tratamientos fotoperiódicos y el efecto macho</i>	7
2.4.2. <i>Tratamientos hormonales</i>	8
Progestágenos + eCG	8
2.4.3. <i>Bioestimulación sexual</i>	8
Respuesta fisiológica de la hembra al efecto macho	9
Efecto macho + progesterona	10
3. OBJETIVO	11
4. HIPÓTESIS	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO	13
5.2. ANIMALES EXPERIMENTALES	13
5.3. MANEJO DE LOS ANIMALES EXPERIMENTALES	14
5.4. PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA COLECTA DE SEMEN	15
5.4.1. <i>Volumen del eyaculado</i>	15
5.4.2. <i>Concentración espermática</i>	15
5.4.3. <i>Motilidad espermática</i>	15
5.4.4. <i>Espermatozoides vivos y muertos</i>	16
5.4.5. <i>Preparación del diluyente y llenado de pajillas</i>	16
5.5. MOMENTO PARA LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL	16
5.6. VARIABLES EVALUADAS EN LAS CABRAS	17
5.6.1. <i>Comportamiento estral</i>	17
5.6.2. <i>Latencia al estro</i>	17
5.6.3. <i>Duración del estro</i>	17
5.6.4. <i>Porcentaje de cabras que manifestaron estro del día 1 al 5 y del día 6 al 10</i>	17
5.6.5. <i>Porcentaje de cabras que presentaron ciclo estral corto</i>	17
5.6.6. <i>Porcentaje de cabras que ovularon y tasa ovulatoria</i>	18
5.6.7. <i>Diagnóstico de gestación</i>	18

5.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	18
6.	RESULTADOS	19
6.1.	ACTIVIDAD ESTRAL.....	19
6.1.1.	<i>Comportamiento estral</i>	19
6.1.2.	<i>Latencia al estro</i>	20
6.1.3.	PORCENTAJE DE CABRAS QUE MANIFESTARON ESTRO ENTRE EL DÍA 1 AL 5 Y DEL DÍA 6 AL 10.....	21
6.1.4.	<i>Duración del estro</i>	22
6.1.5.	<i>Porcentaje de hembras que manifestaron ciclo estral corto</i>	23
6.2.	ACTIVIDAD OVULATORIA.....	24
6.2.1.	<i>Porcentaje de cabras que ovularon</i>	24
6.2.2.	<i>Tasa ovulatoria</i>	24
6.3.	GESTACIÓN	25
7.	DISCUSIÓN	26
8.	CONCLUSIÓN	29
9.	LITERATURA CITADA	30

Lista de figuras

- Figura 1.** Proporción de cabras que inician estro cada día al ser expuestas a machos foto-estimulados. El grupo control no recibió ningún tratamiento hormonal (CG). A un grupo de cabras se le aplicó 20 mg de progesterona 48 h antes de la introducción del macho (G48h) y a otro grupo se le aplicó la misma dosis de progesterona al momento de la introducción del macho (G0h). **19**
- Figura 2.** Latencia al estro entre la introducción de los machos foto-estimulados y la manifestación del estro del grupo control (GC) y de los grupos de cabras tratadas con progesterona (G48h y G0h). **20**
- Figura 3.** Porcentaje de cabras del grupo control (GC) y de los grupos de cabras tratadas con progesterona (G48h y G0h) 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. **21**
- 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 de los grupos tratados con progesterona (G48h y G0h). **22**
- Figura 5.** Proporción de cabras que manifestaron ciclo corto después de la introducción de los machos foto-estimulados, del grupo control (GC) y de los grupos tratados con progesterona (G48h y G0h). **23**
- Figura 6.** Tasa ovulatoria de las cabras del grupo control (GC) y la de los grupos tratados con progesterona (G48h y G0h) expuestas a machos foto-estimulados. **24**
- Figura 7.** Proporción de cabras del grupo control (GC) y de los grupos tratados

con progesterona (G48h y G0h) que quedaron gestantes por inseminación artificial con semen fresco, expuestas a machos foto-estimulados.

25

Resumen

La administración de progesterona reduce la presentación de ciclos cortos sin disminuir la fertilidad en cabras anéstricas expuestas a machos cabríos foto-estimulados

TESIS

Tesis que presenta DORA MARÍA CORTINAS REYES

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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

Director de Tesis: Dr. Gerardo Duarte Moreno

El objetivo fue determinar si la administración de progesterona previa al efecto macho, reduce la incidencia de ciclos cortos sin disminuir la fertilidad en cabras anéstricas. Se utilizaron 53 cabras multíparas, distribuidos en 3 grupos. Un control (GC, n=17) no recibió tratamiento hormonal, otro se le administró 20 mg de progesterona 48 h antes de la introducción del macho (G48h; n=18), a otro se le aplicó la misma dosis antes de la introducción del macho (G0h; n=18). Se utilizaron 8 machos intactos y 3 vasectomizados adultos, sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos. El semen de los machos intactos se procesó y aplicó a las cabras en estro. La mayoría de las cabras presentaron actividad estral (>80%) no difiriendo entre grupos ($P>0.05$). La latencia al primer estro fue menor en el G48h (41.6 ± 4.1 h) que en el G0h (70.2 ± 1.7 h; $P<0.05$); no existiendo diferencia entre el G48h y el GC (52.8 ± 8.8 h; $P>0.05$). El porcentaje de hembras que presentaron ciclos cortos fue menor en el G48h (17.6 %) y el G0h (33.3 %) que en el GC (88.2%; $P<0.05$). La duración del primero y segundo estro no difirió entre grupos ($P>0.05$). La tasa ovulatoria no difirió entre G48h, G0h y GC (1.9 ± 0.2 , 1.9 ± 0.2 y 1.5 ± 0.1 , respectivamente; $P>0.05$). La tasa de gestación no difirió entre G48h, G0h y GC (75%, 76% y 73%, respectivamente; $P>0.05$). Concluyendo que la administración de progesterona reduce la presentación de ciclos estrales cortos sin disminuir la fertilidad en cabras anéstricas expuestas a machos cabríos foto-estimulados.

Palabras clave: cabras, anestro, efecto macho, progesterona exógena, inseminación artificial.

Abstract

Progesterone administration reduces the incidence of short cycles without decreasing fertility in anestrus goats exposed to photo-stimulated bucks

Thesis

Thesis presents DORA MARIA CORTINAS REYES

as partial requirement for the degree

MASTER OF SCIENCE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

Dr. Gerardo Duarte Moreno.- Adviser

The aim of this study was to determine if the administration of progesterone prior to the introduction of males reduces the incidence of short cycles without decreasing fertility in anestrus goats exposed to photo-stimulated bucks inseminated with fresh semen. This study was performed in March and April. We used 53 multiparous goats and eleven bucks subjected to a treatment of long days (16 h of light) from November 1st to January 15th (3 vasectomized bucks and 8 intact bucks). Goats were divided in 3 groups; the control group did not receive progesterone treatment prior to the exposition to photo-stimulated buck (GC; n=17). A second group of females received 20 mg of progesterone IM 48 h before male introduction (G48h; n=18) and a third group received the same dose of progesterone at male introduction (G0h; n=18). Vasectomized bucks were introduced in each group of goats and they were exchanged between groups every 12 h. Estrous behavior was detected in the morning and afternoon during 30 min for 10 days. The semen of 8 intact males was collected depending on the presence of goats in estrus. Each ejaculate was evaluated, diluted and stored in 0.25 ml straws. Females detected in estrus in the morning were inseminated in the afternoon and females detected in estrus in the afternoon were inseminated the next day in the morning. In all groups, most of goats displayed estrous behavior (>80%) and there was no difference between groups. The latency to first estrus was lower in the G48h (41.6 ± 4.1) than G0h (70.2 ± 1.7 ; $P < 0.05$); however, no differences were observed between G48h and GC (52.8 ± 8.8 h; $P > 0.05$). The percentage of females displayed short cycles was lower in the G48h (17.6%) and G0h (33.3%) than GC (88.2 %; $P < 0.05$). The durations of the first and second estrus were not different between groups ($P > 0.05$). The ovulation rates were not different between the G48h, G0h and GC (1.9 ± 0.2 , 1.9 ± 0.2 and 1.5 ± 0.1 , respectively; $P > 0.05$). The pregnancy rates were not different between G48h, G0h and GC (75%, 76% and 73%; respectively; $P > 0.05$).

We concluded that the administration of progesterone prior to the introduction of photo-stimulated males reduces the incidence of short cycles without decreasing fertility in anestrus goats inseminated with fresh semen.

Key words: goats, anestrous, male effect, exogenous progesterone, artificial insemination

1. 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 inicia en septiembre y termina en febrero (Duarte *et al.*, 2010). En los machos aislados de las hembras, la estación sexual inicia en mayo-junio y termina en diciembre-enero (Delgadillo *et al.*, 1999). Este fenómeno biológico de la estacionalidad reproductiva representa a nivel mundial una limitante en la disponibilidad de los productos caprinos como son la leche y el cabrito, ya que lleva a una concentración de éstos productos al final del invierno y durante la primavera lo que provoca importantes variaciones en sus precios (Chemineau *et al.*, 2007).

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

Sin embargo, la respuesta de las hembras del efecto macho se caracteriza que la mayoría de ellas, presentan un ciclo estral de corta duración 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 necesaria la uniformidad de estros en las cabras. Por tal motivo, se ha utilizado la aplicación de progesterona (P4) en conjunto con el uso 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 aplicó 25 mg de P4 al momento de la introducción del macho foto-estimulado, se observó una menor manifestación de ciclos cortos en las cabras tratadas.

Sin embargo, en nuestro conocimiento existen pocos estudios en caprinos donde se utilice la inseminación artificial (IA) en conjunto con el efecto macho y la aplicación de progesterona previa a la introducción del macho. Por ello, el propósito del presente estudio fue determinar si la aplicación de progesterona 48 h antes y poco tiempo antes de la introducción del macho acorta la latencia al estro, disminuye los ciclos estrales cortos y mejora la fertilidad en cabras que serán inseminadas artificialmente con semen fresco.

Planteamiento del problema

En las cabras de la Comarca Lagunera expuestas a machos foto-estimulados, la mayoría de ellas presentan actividad estral y ovulatoria. Sin embargo, la mayoría de ellas presenta ciclo estral y/u ovulatorio corto y solo un bajo porcentaje presenta un ciclo estral y ovulatorio de duración normal. En programas de reproducción caprina, sobre todo para el uso de la inseminación artificial, es necesaria la uniformidad de estros en las cabras. En este contexto, se dificulta la utilización de la inseminación artificial, porque las hembras deberían de inseminarse desde el primer estro para queden gestantes las hembras que hacen un ciclo de duración normal al introducir los machos. Una posibilidad para inseminar las cabras después de exponerlas a los machos foto-estimulados es utilizar progesterona para disminuir el número de cabras que manifiestan ciclo corto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La estacionalidad reproductiva de la especie caprina

Existen razas caprinas en latitudes templadas y subtropicales que manifiestan estacionalidad reproductiva. Esta estacionalidad reproductiva favorece la sobrevivencia de las crías, porque permite que los partos concuerden con el incremento en la disponibilidad de alimento y variaciones de temperatura diarias no drásticas como las registradas en inviernos en latitudes subtropicales (Bronson, 1985). 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). Por ejemplo, las hembras de algunas razas originarias o adaptadas a latitudes subtropicales muestran un periodo de reposo sexual entre enero-febrero a agosto-septiembre (Duarte *et al.*, 2008), mientras que el reposo sexual de los machos ocurre de enero-febrero a mayo-junio (Delgadillo *et al.* 1999).

2.2. Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva

Las variaciones de la duración del día son traducidas por la glándula pineal, la cual se encuentra en la línea media del cerebro. Esta glándula traduce la información de las horas luz y oscuridad con liberación de la hormona melatonina (Karsh *et al.*, 1984; Karsh *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 (Karsh *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 se estudió al someter los animales a alternancia de días largos y cortos por periodos. En los machos de la Comarca Lagunera que se sometieron a 3 meses de días largos alternados

con 3 meses de días cortos durante dos años, la secreción de testosterona se incrementó durante los días cortos y se inhibió durante los días largos (Delgadillo *et al.*, 2004). De manera similar, en las cabras sometidas al tratamiento fotoperiódico antes 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 los animales en días cortos, estimula la secreción pulsátil del 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 (Lincoln *et al.*, 1982; Karsch *et al.*, 1984; 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 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) positiva 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).

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 de folículos primordiales hasta terciarios, de acuerdo a las características histológicas de las células de la granulosa que rodean al 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 en 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 la que un folículo se selecciona sobre los otros y secretan inhibina que causan 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 continúa creciendo mientras los subordinados se atresian (Driancourt, 2001).

La FSH y la LH estimula el crecimiento folicular, secretando niveles elevados de estradiol, que por retroalimentación positiva sobre el hipotálamo e hipófisis, provoca las descargas preovulatorias de GnRH y LH, para que ocurra la dehiscencia o liberación del ovulo (Senger, 2003; Gigli *et al.*, 2006).

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 y de la teca que por su cambio morfológico comienzan a denominarse células luteales grandes (GCL) y células luteales pequeñas (PCL), respectivamente. Las células de la granulosa se convierten a células lúteas grandes afines a $PGF2\alpha$, estas células responden a los 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 progesterona (P4).

La $PGF2\alpha$, que es la principal 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 $PGF2\alpha$ debe 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.

Al final de la etapa ocurre la caída de los niveles plasmáticos de P4. Los receptores de oxitocina inducidos por el E2 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 $PGF2\alpha$, siendo otro caso de retroalimentación positiva (Niswender *et al.*, 2000), La $PGF2\alpha$ provoca la vasoconstricción a nivel del ovario con destrucción de las células pequeñas y reducción del 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 ovulo fecundado (huevo o cigoto) desciende al útero, donde tendrá lugar su desarrollo hasta el nacimiento. En rumiantes la señal anti-luteolítica es el interferón tau (INF-t) producido por las células del trofoblasto, inhibe el acoplamiento OT- $PGF2\alpha$ por inhibición de la expresión endometrial de los receptores de oxitocina (ROT). Subsecuentemente se

mantiene la síntesis y la secreción de P4 por el CL. En consecuencia, permite el desarrollo del embrión en el medio ambiente intrauterino adecuado y proporcionado por la P4, la cual produce un aumento de la vascularización del útero y la secreción de las glándulas endometriales (histiotrofe o leche uterina). Lo anterior crea un medio favorable para el embrión, disminuye el tono miometrial, lo cual ayuda a la implantación del embrión y 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 éstas 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) atenúan su estacionalidad del 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 fotoperiódicos 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 + eCG

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

En un inicio, la duración de los tratamientos de 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 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 gonadotropina coriónica equina (eCG) para estimular el desarrollo folicular y la ovulación (Motlomelo *et al.*, 2002; Vielma *et al.*, 2014).

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 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 a partir del 1 de Noviembre. 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 control que presentan actividad sexual débil (Delgadillo *et al.*, 2002).

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 62% 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, la fase lútea fue de duración normal, es decir, de aproximadamente 21 días (Chemineau, 1983). En cabras de la raza Cashmere de Australia expuestas al efecto macho, el 74% de ellas ovularon y solo 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 3 primeros 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 cuerpo lúteo 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 PGF 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 cuerpo lúteo 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, 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 (6.9%; González-Bulnes *et al.*, 2006). De manera similar, en las ovejas de la raza Merino, la aplicación de progesterona, evitó la presentación de ciclos cortos (Pearce y Robinson, 1985).

En las cabras de la raza Murciano-Granadina, la aplicación de progesterona previo al efecto macho, aumenta la sincronización de celos en las hembras tratadas que en las control (González-Bulnes *et al.*, 2006).

3. OBJETIVO

Determinar si la aplicación de progesterona a las cabras anéstricas previo a la introducción de machos foto-estimulados, reduce la frecuencia de los ciclos cortos sin disminuir la fertilidad al ser inseminadas con semen fresco.

4. HIPÓTESIS

La aplicación de progesterona a las cabras anéstricas previa a la introducción de machos foto estimulados, reduce la frecuencia de los ciclos cortos sin afectar la fertilidad al ser inseminadas con semen fresco.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó durante 45 días, en marzo y abril, meses en los que las cabras locales de la Comarca Lagunera presentan un periodo de 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 años (rango: 163-504 mm). La temperatura media anual es de 21° C. 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 los corrales por la tarde. 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*), esquilmos agrícolas de cultivos de la región: sorgos, melón, sandía, algodón, alfalfa, zacate y Ballico (Duarte *et al.*, 2008).

5.2. Animales experimentales

Hembras

En el presente estudio se utilizaron 52 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 Model-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 tres grupos. En un grupo, cada cabra recibió una dosis intramuscular (IM) de progesterona (20 mg) 48h antes de la introducción del macho (G48h; n=18). En otro grupo cada cabra recibió la misma dosis de progesterona que el grupo 15 min antes de la introducción del macho (G0h; n=18). En el grupo control (GC; n=17), ninguna cabra recibió el tratamiento hormonal de progesterona. A las 08:00 h del día 0, en cada grupo de cabras se introdujo un macho vasectomizado.

Machos

Once machos (tres vasectomizados y ocho intactos) fueron inducidos a la actividad sexual al someterlos artificialmente a 16 h de luz por día durante 2.5 meses del 1° de noviembre al 15 de enero. Los tres machos vasectomizados foto-estimulados fueron cambiados cada 12 h entre los tres grupos de cabras durante el periodo de detección del estro. Los ocho machos intactos fueron utilizados para la colecta del semen mediante vagina artificial.

5.3. 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 6:00 a.m. y antes de que se les proporcionara el alimento. Los machos vasectomizados recibieron la misma alimentación que las hembras.

5.4. Proceso de preparación de la colecta de semen

El semen de los machos intactos se colectó mediante vagina artificial (VA). Para estimular al macho durante la colecta, se utilizó una cabra inducida artificialmente al estro con una aplicación intra muscular diaria de 2 ml de cipionato de estradiol. La colecta del semen de estos machos intactos se realizó durante la mañana o por la tarde, de acuerdo a la presencia de hembras en estro en los grupos experimentales. Después de la colecta del eyaculado, se procedió al traslado inmediato del mismo al laboratorio. Donde se determinó las siguientes variables:

5.4.1. Volumen del eyaculado

El volumen se determinó en el tubo colector de vidrio graduado en 0.1 ml. El volumen promedio de las muestras obtenidas fue 0.97 ± 0.13 ml.

5.4.2. Concentración espermática

La concentración espermática se determinó mediante un espectrofotómetro (Spectronic 20, Baush & Lomb) calibrado a una longitud de onda de 550 nm. La concentración espermática se obtuvo a partir de una tabla de conversión (curva estándar), asignándole a cada valor de la transmitancia obtenida del espectrofotómetro, un valor de concentración, la cual se expresa en miles de millones de espermatozoides por ml del eyaculado.

El número total de espermatozoides por eyaculado se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen} * \text{concentración} / 0.5 = \text{cantidad del diluyente}$$

5.4.3. Motilidad espermática

Para evaluar la motilidad espermática, inmediatamente después de la recepción de la muestra, se colocó una gota sin diluir con una pipeta Pasteur en un portaobjetos que fue cubierto con un cubre objeto precalentados. La muestra se observó mediante el microscopio a 400X. El material utilizado para evaluar la motilidad espermática se mantuvo a una temperatura constante de 37°C. Este

análisis valora la formación y progresión de ondas producidas por el desplazamiento de los espermatozoides en una escala de 0 a 5, donde el valor de 0 representa que los espermatozoides no presentan movilidad alguna y un valor de 5, donde hay un rápido movimiento de espermatozoides que forman marcados remolinos u olas (Chemineau, 1991). Los eyaculados que se seleccionaron para la IA deberían tener al menos 2.5 de motilidad (3.0 ± 0.17)

5.4.4. Espermatozoides vivos y muertos

En la misma muestra observada, una persona con experiencia determinó el porcentaje de vivos y muertos. Los eyaculados que se seleccionaron para la IA deberían tener al menos 70 % de vivos. De los eyaculados obtenidos y seleccionados se obtuvo un promedio de 76% de espermatozoides vivos.

5.4.5. Preparación del diluyente y llenado de pajillas

El diluyente se preparó con leche descremada en polvo y agua destilada. Esta solución se sometió a baño María y mantenida durante 10 minutos a 90°C, posteriormente enfriada a temperatura ambiente. Después, el semen se diluyó y fue introducido por succión en pajillas tipo francés de 0.25 cm de diámetro con una concentración de 200 millones de espermatozoides por pajilla. Inmediatamente después se colocaron en una hielera portátil conteniendo bolsas de gel refrigerante hasta el momento de la inseminación.

5.5. Momento para la inseminación artificial

Las cabras que fueron detectadas en estro en la mañana se inseminaron vía cervical, en la tarde, y las detectadas en estro en la tarde, se inseminaron al día siguiente en la mañana.

5.6. Variables evaluadas en las cabras

5.6.1. Comportamiento estral

El comportamiento estral se evaluó dos veces al día (am-pm) durante 30 min. Antes de iniciar la detección del comportamiento estral, 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. 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 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 a la siguiente detección.

5.6.2. 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).

5.6.3. Duración del estro

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

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

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

5.6.5. 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)

5.6.6. Porcentaje de cabras que ovularon y tasa ovulatoria

El porcentaje de cabras que ovularon se determinó por ultrasonografía transrectal a los 18 días posteriores a la introducción de los machos. La presencia de al menos un cuerpo lúteo se consideró que existió un ovulación. La tasa ovulatoria se determinó dividiendo el número total de cuerpos lúteos observados en las cabras de cada grupo, entre el número total de cabras que ovularon de su respectivo grupo.

5.6.7. Diagnóstico de gestación

A los 44 días después de la introducción de los machos se realizó un ultrasonido transrectal para el diagnóstico de gestación. Se consideró que una cabra quedó gestante al identificarse la presencia del saco vitelino.

5.7. Análisis estadísticos

La proporción de cabras que mostraron estro, ciclos cortos y cabras gestantes, se analizaron mediante la prueba de Chi². Al indicar esta prueba diferencia significativa entre grupos, se realizó la prueba exacta de Fisher. La latencia, duración de estro y la tasa ovulatoria 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).

6. RESULTADOS

6.1. Actividad estral

6.1.1. Comportamiento estral

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

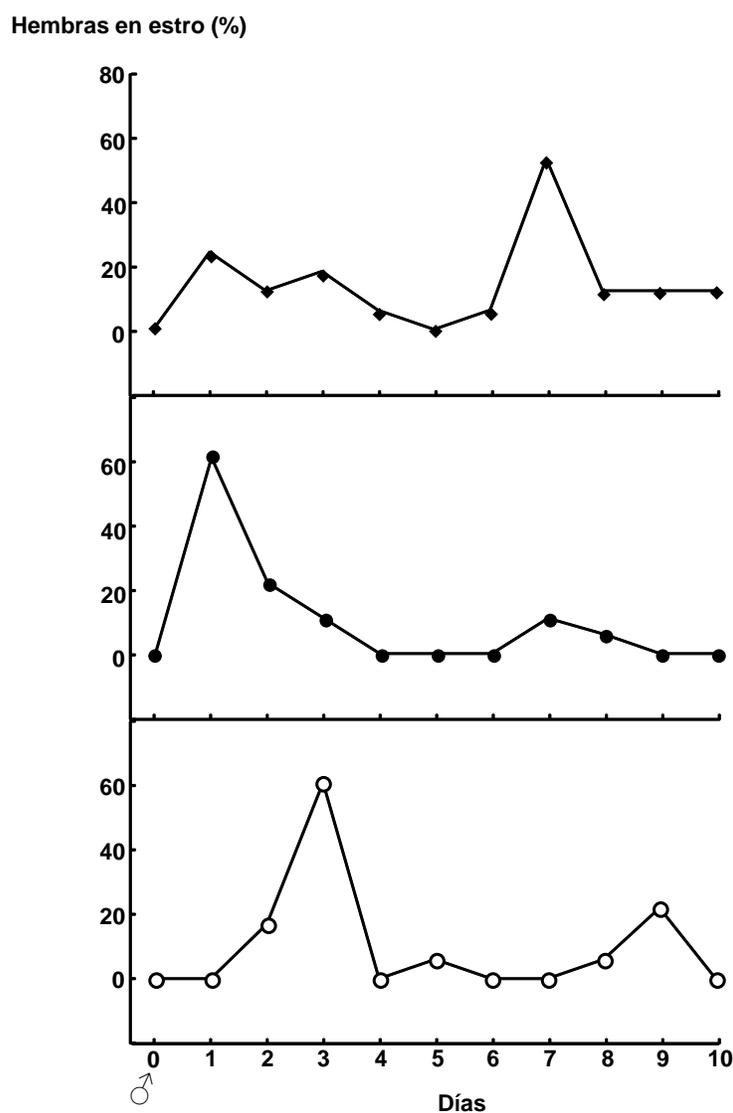


Figura 1. Proporción de cabras que inician estro cada día al ser expuestas a machos foto-estimulados. El grupo control no recibió ningún tratamiento hormonal (CG ♦). A un grupo de cabras se le aplicó 20 mg de progesterona 48 h antes de la introducción del macho (G48h ●) y a otro grupo se le aplicó la misma dosis de progesterona al momento de la introducción del macho (G0h ○).

6.1.2. Latencia al estro

La latencia al estro después de la introducción de los machos foto-estimulados, fue menor en el grupo G48h que en el grupo G0h ($P < 0.05$); no existió diferencia entre el GC con el G0 ni con el G48h ($P > 0.05$; Figura 2).

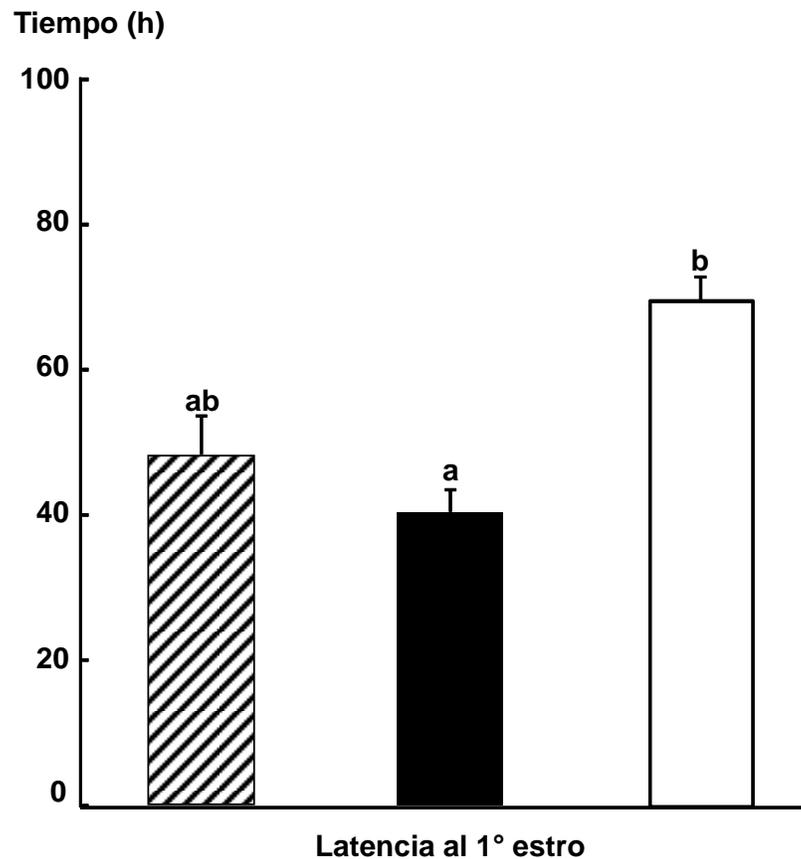


Figura 2. Latencia al estro entre la introducción de los machos foto-estimulados y la manifestación del estro del grupo control (GC) y de los grupos de cabras tratadas con progesterona (G48h; G0h). Literales diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

6.1.3. 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 G48h (94.4%) y G0h (83.3%; $P>0.05$) 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 este grupo comparado con el G0h. Contrario a lo ocurrido en los primeros días, del día 6 al 10 la mayoría de las cabras del GC (94%) manifestaron estro,

Hembras en estro (%)

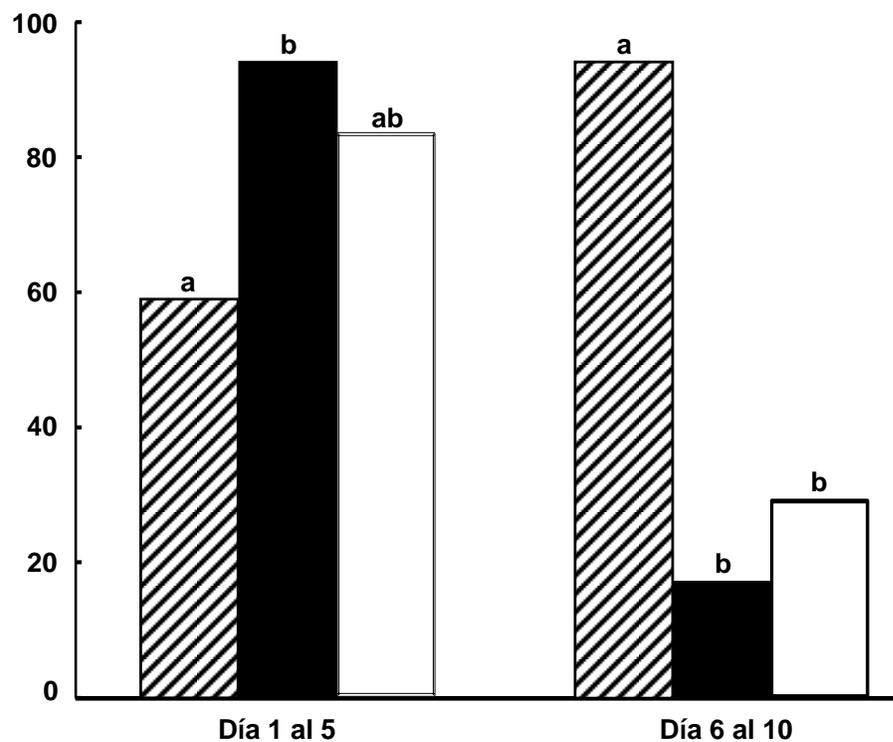


Figura 3. Porcentaje de cabras del grupo control (GC) y de los grupos de cabras tratadas con progesterona (G48h; G0h) que manifestaron comportamiento estral entre el día 1 al 5 y del día 6 al 10 posteriores a la introducción de los machos foto-estimulados.

Literales diferentes indican que hubo diferencia significativa ($P<0.05$).

siendo menor la proporción en el G48h (16.6%) y el G0h (27.7%; $P<0.05$), no existiendo diferencia entre estos dos últimos grupos ($P>0.05$).

6.1.4. Duración del estro

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

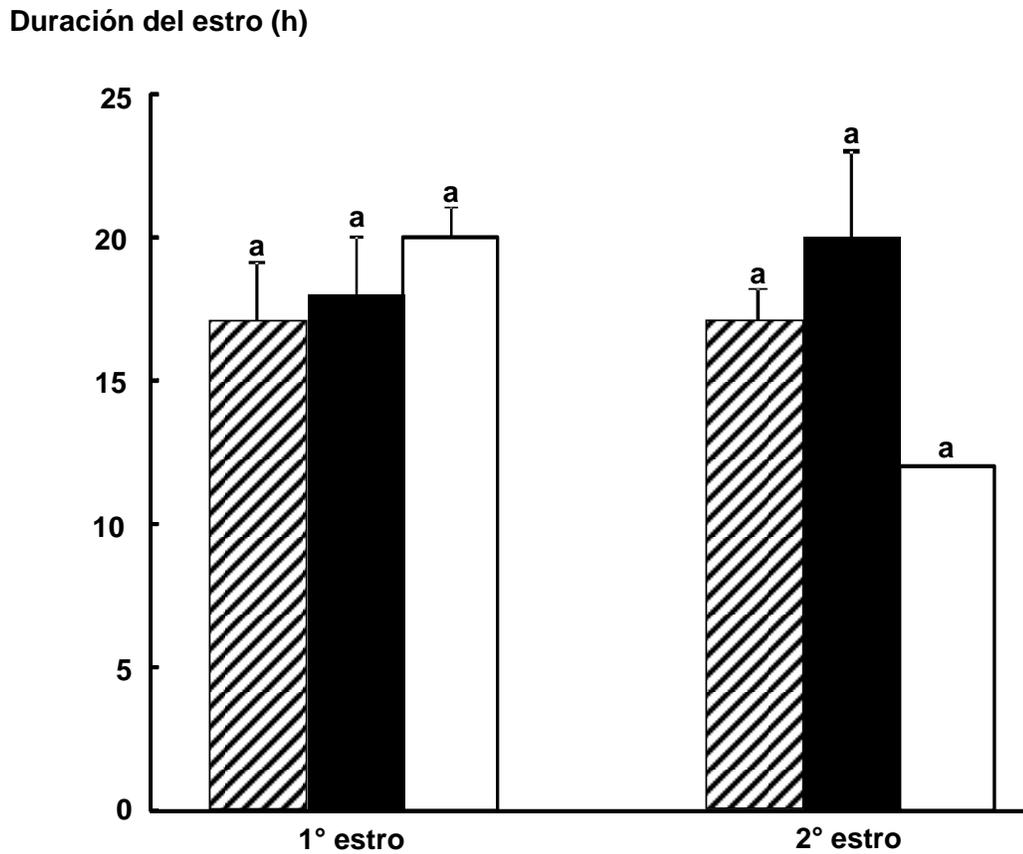


Figura 4. Duración del primer y segundo estro después de la introducción de los machos foto-estimulados, de las cabras del grupo control (GC) y de los grupos tratados con progesterona (G48h; G0h). Literales iguales indican que no existió diferencia significativa ($P>0.05$)

6.1.5. Porcentaje de hembras que manifestaron ciclo estral corto

El porcentaje de cabras que manifestaron ciclos cortos fue menor en el G48h y G0h que en el GC ($P < 0.05$). No se registró diferencia entre el G48h y G0h ($P > 0.05$; Figura 5). La duración de estos ciclos fue de 5.7, 5.8 y 6.2 días, para el

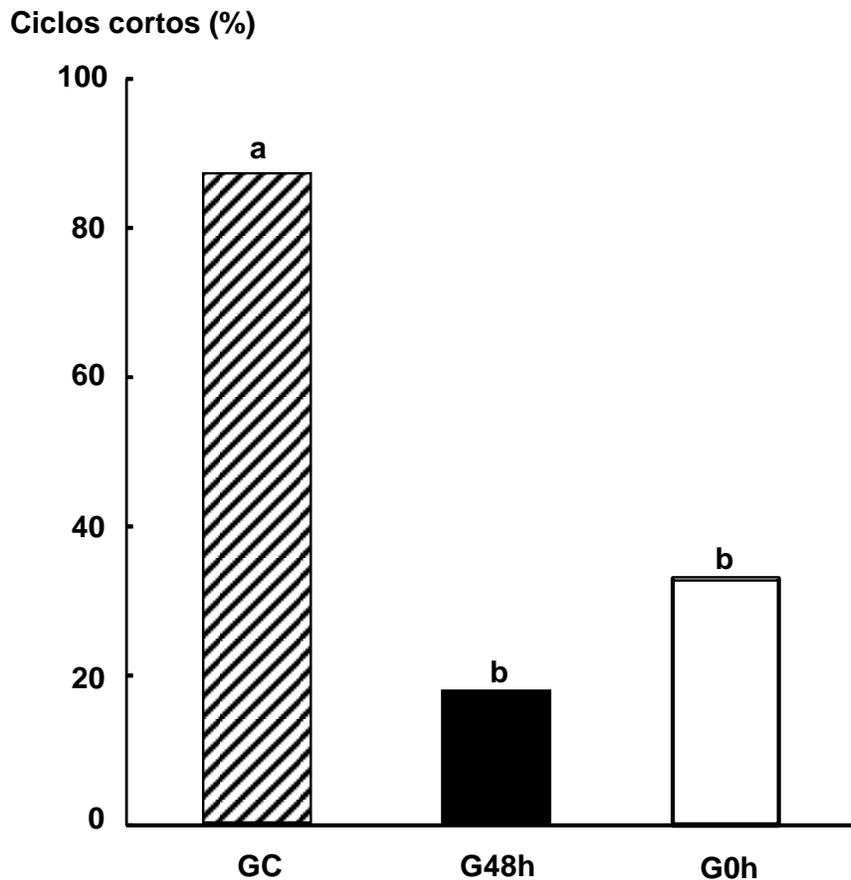


Figura 5. Proporción de cabras que manifestaron ciclo corto después de la introducción de los machos foto-estimulados, del grupo control (GC ▨) y de los grupos tratados con progesterona (G48h ■; G0h □). Literales diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

GC, el G48h y el G0h, respectivamente ($P > 0.05$).

6.2. Actividad ovulatoria

6.2.1. Porcentaje de cabras que ovularon

El porcentaje de cabras que ovularon no difirió entre grupos (G48h, 94%; G0h, 100%; GC, 88%; $P>0.05$).

6.2.2. Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria no fue diferente entre los grupos que se les aplicó progesterona antes de la introducción de los machos (G48h y G0h) y el grupo sin tratamiento (GC; $P>0.05$; Figura 6).

Tasa ovulatoria (N°)

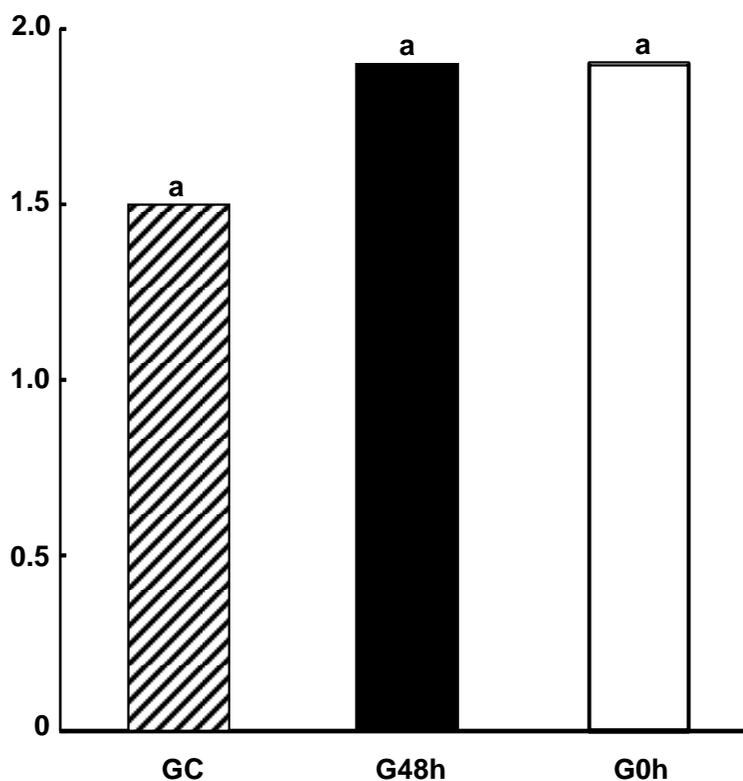


Figura 6. Tasa ovulatoria de las cabras del grupo control (GC ▨) y la de los grupos tratados con progesterona (G48h ■; G0h □) expuestas a machos foto-estimulados. Literales iguales indican que no existió diferencia significativa ($P>0.05$).

6.3. Gestación

El porcentaje de hembras que fueron diagnosticadas gestantes no fue diferente entre los grupos que se les aplicó progesterona antes de la introducción de los machos (G48h y G0h) y el grupo sin progesterona (GC; $P > 0.05$; Figura 7).

Hembras gestantes (%)

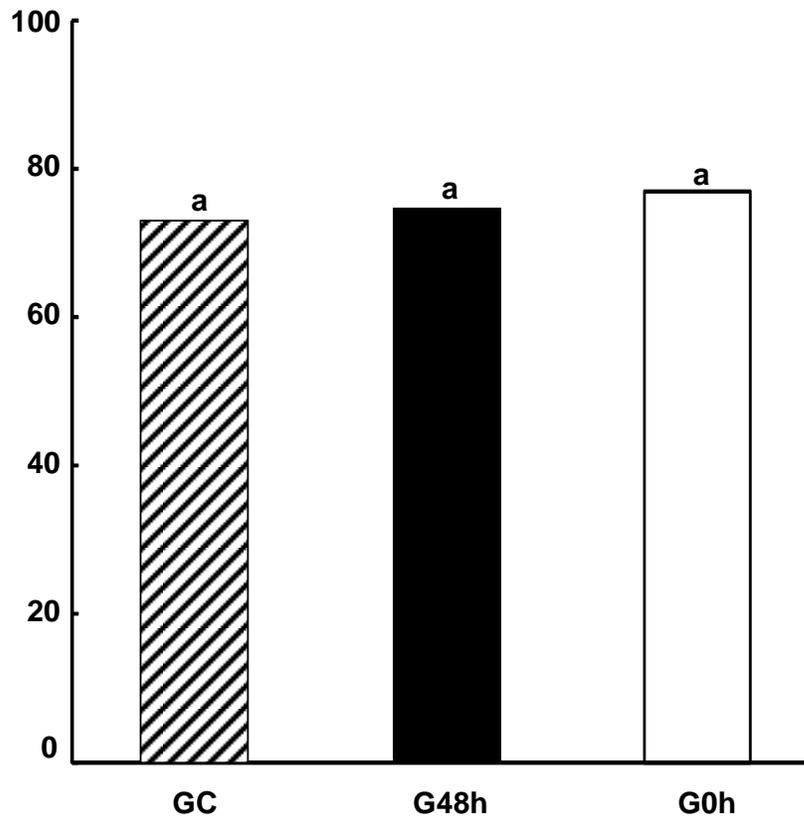


Figura 7. Proporción de cabras del grupo control (GC ▨) y de los grupos tratados con progesterona (G48h ■; G0h □) que quedaron gestantes por inseminación artificial con semen fresco, expuestas a machos foto-estimulados. Literales iguales indican que no existió diferencia significativa ($P > 0.05$).

7. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que la aplicación de progesterona reduce considerablemente la manifestación de los ciclos cortos sin afectar la fertilidad de las cabras estimuladas mediante el efecto macho e inseminadas con semen fresco. En efecto, el porcentaje de ciclos cortos fue menor en los dos grupos de cabras que se les aplicó progesterona antes de la introducción de los machos, que en aquellas que no fueron tratadas 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 (Chemineau, 1985; Lassoued *et al.*, 1995; Díaz-Delfa *et al.*, 2002; González-Bulnes *et al.*, 2006). Aunque aún no está muy claro el mecanismo de la supresión de los ciclos cortos con la aplicación de progesterona en conjunto con el efecto macho. Diversos estudios proponen que la aplicación de progesterona sincroniza la respuesta de las hembras al efecto macho y los folículos jóvenes crecerán y permitirán que ocurra la ovulación, por 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; González-Bulnes *et al.*, 2006). La importancia de este estudio es que además de haber reducido la incidencia de los ciclos cortos en las cabras que se les aplicó progesterona, es que la fertilidad no disminuyó con la aplicación de esta hormona. En efecto, la tasa de gestación fue elevada y no fue diferente entre los grupos GC, G48h y G0h. Estos resultados concuerdan con otros estudios en los que se ha usado la aplicación de progesterona o progestágenos en conjunto con el efecto macho (López-Sebastián, *et al.*, 2007; Pellicer-Rubio *et al.*, 2008). Además, los resultados sugieren que el efecto macho con machos foto-estimulados, asociado con el uso de la progesterona pueden ser excelentes herramientas para el progreso genético de los hatos caprinos. La tasa ovulatoria no difirió entre los tres grupos. En efecto, la cabra es considerada como un animal prolífico, esto es, que es capaz de tener más de una cría por parto. Se ha reportado que en las cabras que reciben la aplicación de progesterona

previa al efecto macho, la tasa ovulatoria presenta diferencia significativa que en aquellas que no reciben el tratamiento (Chemineau, 1985; Lassoued *et al.*, 1995; Adib *et al.*, 2014).

La mayoría de las cabras de los tres 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 machos foto-estimulados son capaces de inducir la actividad estral y/o ovulatoria durante el anestro estacional (Chemineau, 1983; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002).

La aplicación de progesterona exógena 48 h antes del efecto macho redujo la latencia del inicio del primer estro en nuestras cabras, la cual es similar a la observada en las cabras del grupo control. Sin embargo, en las cabras del G0h, la latencia fue mayor que en los otros dos grupos. Este último resultado concuerda con lo descrito por otros autores que han utilizado progesterona antes de realizar el efecto macho (Lassoued *et al.*, 1995; Flores *et al.*, 2000; González-Bulnes *et al.*, 2006; Adib *et al.*, 2014). En el presente estudio, la diferencia de la latencia pudo deberse al hecho de que la administración de progesterona al momento 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; Gómez-Brunet *et al.*, 2008). Por lo tanto la progesterona influyó con su retroalimentación negativa en el desarrollo folicular y como consecuencia la manifestación del estro. Por lo contrario en las cabras que se les aplicó la progesterona 48 horas antes, es probable que el tiempo transcurrido después de su aplicación, los niveles plasmáticos de la progesterona hayan disminuido, y sean similares que en las cabras del grupo control, por lo tanto, no existió la retroalimentación negativa que ejerce la progesterona sobre el eje hipotálamo-hipófisis (Pearce y Robinson, 1985; Chemineau, 1983; Chemineau, 1985; Chemineau *et al.*, 2006, González-Bulnes *et al.*, 2006). En la duración del primer y segundo estro no hubo diferencias significativas entre los tres grupos, sin embargo, en la duración del segundo

estro se pueden observar diferencias de varias horas entre grupos. Se ha reportado que la duración del comportamiento del estro es de 24 hasta 48 horas de duración y varía entre razas (Chemineau, 1985; Fatet *et al.*, 2011) estas grandes diferencias con nuestro estudio, probablemente se debió a que sólo se detectó la conducta estral dos veces al día al observar que la hembra en estro permitía 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 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 disminuye la aparición de los ciclos cortos sin afectar la fertilidad de las cabras expuestas a los machos foto-estimulados.

8. CONCLUSIÓN

Se concluye que la administración previa de progesterona en conjunto con el efecto macho durante el periodo de anestro estacional de las cabras, reduce la presentación de ciclos cortos sin disminuir la fertilidad utilizando la inseminación artificial con semen fresco.

9. LITERATURA CITADA

- Abecia, JA., Forcada, F., González-Bulnes, A. 2011. Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *Veterinary Clinical Food Animal*, 27: 67-79.
- Abecia, JA., Forcada, F., González-Bulnes, A. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*, 130: 173-179.
- Adib, A., Freret, S., Touze, JL., Lomet, D., Lardic, L., Chesneau, D., Estienne, A., Papillier, P., Monniaux, D., Pellicer-Rubio, MT. 2014. Progesterone improves the maturation of male-induced preovulatory follicles in anoestrous ewes. *Reproduction and Fertility*, 148: 403-416.
- Alvarez, L., Ducoing, AE., Zarco, L., Trujillo, AM. 1999. Conducta estral, concentraciones de LH y función lútea en cabras en anestro estacional inducidas a ciclar mediante el contacto con cabras en estro. *Veterinaria México*, 30: 25-31.
- Alvarez, L., Zarco, LA. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*, 32: 117-129.
- Bedos, M., Velázquez, H., Fitz-Rodríguez, G., Flores, JA., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, IG., Retana-Márquez, MS., Muñoz-Gutiérrez, M., Keller, M., Delgadillo, JA. 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: 259-263.
- Bretzlaff, KN., Romano, JE. 2001. Advanced reproductive techniques in goats. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 2: 421-434.
- Bronson, FH. 1985. Mammalian reproduction: an ecological perspective. *Biology of Reproduction*, 32: 1-26.

- Carrillo, E., Véliz, FG., Flores, JA., Delgadillo, JA. 2007. El decremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad para inducir la actividad estral de cabras anovulatorias. *Técnica Pecuaria México*; 45: 319-328.
- Contreras-Solis, I., Gómez-Brunet, A., Encinas, T., Gonzalez-Bulnes, A., Santiago-Moreno, J., López-Sebastián, A. 2008. Influence of vehicle on kinetics of exogenous progesterone administered either by subcutaneous and intramuscular routes to sheep. *Research in Veterinary Science*, 85: 162-165.
- Contreras, A. 2008. La aplicación de progesterone en combinación con el efecto macho no modifica la respuesta ovulatoria, ni la fertilidad en cabras (tesis de licenciatura). Torreón, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, pp: 19-20.
- Corteel, JM. 1975. The use of progestagens to control the oestrous cycle of the dairy goat. *Annls Biol. Anim. Biochim. Biophys*, 15: 353-363.
- Chemineau, P. 1983. Effect on estrus and ovulation of exposing creole goats to the male at three times of the year. *Journal of Reproduction and Fertility*, 67: 65-72.
- Chemineau, P. 1985. Effects of a progestagen on buck-induced short ovarian cycles in the creole meat goat. *Animal Reproduction Science*, 9: 87-94.
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats (Review). *Livestock Production Science*, 17: 135-147.
- Chemineau, P. y Cognié, Y. 1991. Training manual on artificial insemination in sheep and goats. FAO publications, Roma, Italia.

- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, JA. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*, 8: 299–312.
- Chemineau, P., Pellicer-Rubio, MT., Lassoued, N., Khaldi, G., Monniaux, D. 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reproduction, Nutrition and Development*, 46: 417-429.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Brillard, JP., Fostier, A. 2007. Seasonality of reproduction and production in farm fishes, birds and mammals. *Animal*, 1:419-432.
- Delgadillo, JA., 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: 755-770.
- Delgadillo, JA., 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: 45-55.
- Delgadillo, JA., Canedo, GA., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 52: 727-737.
- Delgadillo, JA., Flores, JA., Véliz, G., Hernández, HF., 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: 2780-2786.

- Delgadillo, JA., Cortez, ME., Duarte, G., Chemineau, P., Malpaux, 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: 183-193.
- Delgadillo, JA., De la Torre-Villegas, S., Arellano-Solis, V., Duarte, G., Malpaux, B. 2011. Refractoriness to short and long days determines the end and onset of the breeding season in subtropical goats. *Theriogenology*, 76: 1146-1151.
- Driancourt, MA. 2001. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*, 55: 1211-1239.
- Díaz-Delfa, C., González-Bulnes, A., Haba Nuévalos, E., Guirao Moya, J., Lobera Lössel, JB., 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, JA., Malpaux, B., Delgadillo, JA. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*, 35: 362-370
- Duarte, G., Nava-Hernández, MP., Malpaux, B., Delgadillo, JA. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*, 120: 65-70
- Fatet, A., Pellicer-Rubio, Maria-Teresa., Leboeuf, B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*, 124: 211-219

- Flores, JA., Véliz, FG., Pérez-Villanueva, JA., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, JA. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction*, 62: 1409-1414
- Freitas, VJF., Baril, G., Saumande, J. 1997. Estrus synchronization in dairy goats: use of fluorogestone acetate vaginal sponges or norgestomet ear implants. *Animal Reproduction Science*, 46: 237-244
- García, DA. 2008. Características de la respuesta estral en cabras sometidas al efecto macho tratadas con progesterona (Tesis de licenciatura). Torreón, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, pp: 19.
- Gigli, I., Russo, A., Agüero, A. 2006. Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. *Investigación Veterinaria*, 6: 183-204.
- Gonzalez-Bulnes, A., Carrizosa, JA., 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: 745-750.
- Holtz, W. 2005. Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research*, 60: 95-110.
- Karsh, FJ., Bittman, EL., Foster, DL., Goodman, RL, Legan, SJ., Robinson, JE. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Progress in Hormone Research*, 40: 185-232.
- Karsch, FJ., Malpaux, B., Wayne, NL., Robinson, JE. 1988. Characteristics of the melatonin signal that provide the photoperiodic code for timing seasonal reproduction in the ewe. *Reproduction Nutrition and Development*, 28: 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: 415-426.
- Lincoln, GA., Almeida, OF., Klandorf, H., Cunningham, RA. 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: 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: 1081-1087.
- Loya-Carrera, J., Bedos, M., Ponce-Covarrubias, JL., Hernández, H., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, JA. 2014. Switching photo-stimulated males between groups of goats does not improve the reproductive response during the mal effect. *Animal Reproduction Science*, 146: 21-26.
- Martin, GB., Oldham, C., Cognié, Y. Pearce, DT. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams (review). *Livestock Production Science*, 15: 219-247.
- McCracken, JA., Custer, EE., Lamsa, JC. 1999. Luteolysis: A Neuroendocrine-Mediated Event *Physiological Reviews*, Vol. 79, No. 2 (Printed in USA).
- Menchaca, A., Rubianes, E. 2001. Effect of high progesterone concentrations during the early luteal phase on the length of the ovulatory cycle of goats. *Animal Reproduction Science*, 68: 69-76.

- Menchaca, A., Rubianes, E. 2004. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 16: 403-413.
- Motlomelo, KC., Greyling, JPC., Schwalbach, LMJ. 2002. Synchronisation of oestrus in goats: the use of different progestagen treatments. *Small Ruminant Research* 45, 45–49.
- Niswender, GD., Juengel, JJ., Silva, PJ., Rollyson, MK., McIntush, EW. 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiology Reviews*, 80: 1–29.
- Pearce, DT., Robinson, TJ. 1985. Plasma progesterone concentrations, ovarian and endocrinological responses and sperm transport in ewes with synchronized oestrus. *Journal Reproduction and Fertility*, 75: 49-62.
- Pellicer-Rubio, MT., Leboeuf, B., Bernelas, D., Forgerit, Y., Pougard, JL., Bonn e, JL., Senty, E., Breton, S., Brun, F., Chemineau, P. 2008. High fertility using artificial insemination during deep anoestrus after induction and synchronisation of ovulatory activity by the “male effect” in lactating goats subjected to treatment with artificial long days and progestagens. *Animal Reproduction Science*, 109: 172–188.
- Salazar, JC. 2009. La respuesta sexual de las cabras nulíparas no difiere a la respuesta de las multíparas cuando son sometidas al efecto macho y tratadas con progesterona (tesis de licenciatura). Torreón, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, pp: 20.
- Sáenz-Escárcega, P., Hoyos, FG., Salinas, GH., Espinoza, AJ., Guerrero, BA., Contreras, GE. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera (ed S. Flores), pp. 24-34. Matamoros, Coahuila, México.

- Senger, PL. 2003. Pathways to pregnancy and parturition. Current Conception, Inc. Pp: 373.
- Spencer, TE., Jhonson, GA., Burghardt, RC., Bazer, FW. 2004. Progesterone and placental hormone actions on the uterus: insights from domestic animals. *Biology of Reproduction*, 71: 2-10.
- SYSTAT 10. 2000. Evanston, IL, USA.
- Vielma, J., Terrazas, A., Véliz, G., Flores, JA., Hernández, H., Duarte, G., Malpoux, B. Delgadillo, JA. 2008. Las vocalizaciones de machos cabríos no estimulan la secreción de la LH ni la ovulación en las cabras anovulatorias. *Técnica Pecuaria en México*, 46: 25-36.
- 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*, 4:993-1004.
- Wildeus, S. 2000. Current concepts in synchronization of estrus: sheep and goats. *Journal of Animal Science*, 77: 1-14.
- Walkden-Brown SW., Restall, BJ., 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: 41-53.
- Walkden-Brown, SW., Restall, BJ., Norton, BW., Scaramuzzi, RJ., Martin, GB. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Reproduction and Fertility*, 102: 351-360.
- Walkden-Brown, SW., Restall, BJ., Scaramuzzi, RJ., Martin, GB., Blackberry, MA. 1997. Seasonality in male Australian Cashmere goats: long term effect of castration and testosterone or estradiol treatment on changes

in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. Small Ruminant Research, 26: 239-252.