

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**ANTONIO NARRO**  
**UNIDAD LAGUNA**  
**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**Respuesta ovulatoria y tasa de gestación en cabras tratadas con progesterona  
antes de exponerlas a machos fotoestimulados**

**POR**

**LUIS ANTONIO SIFUENTES MELÉNDEZ**

**TESIS**

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**JUNIO DEL 2016**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Respuesta ovulatoria y tasa de gestación en cabras tratadas con progesterona  
antes de exponerlas a machos fotoestimulados

POR

LUIS ANTONIO SIFUENTES MELÉNDEZ

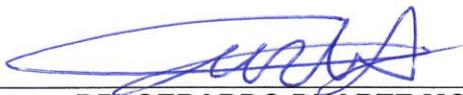
TESIS

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

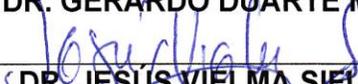
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

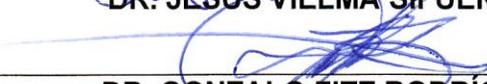
PRESIDENTE:

  
DR. GERARDO DUARTE MORENO

VOCAL:

  
DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

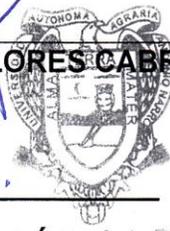
VOCAL:

  
DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

VOCAL SUPLENTE:

  
DR. JOSE ALFREDO FLORES CABRERA

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



TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DEL 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Respuesta ovulatoria y tasa de gestación en cabras tratadas con progesterona  
antes de exponerlas a machos fotoestimulados

POR

LUIS ANTONIO SIFUENTES MELÉNDEZ

TESIS

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

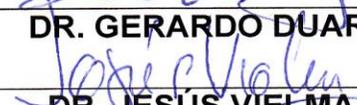
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL

  
DR. GERARDO DUARTE MORENO

ASESOR:

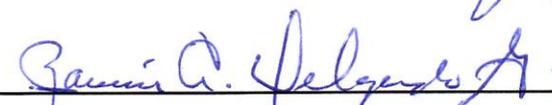
  
DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

ASESOR:

  
DR. GONZALO FITZ RODRIGUEZ

ASESOR:

  
DR. JOSE ALFREDO FLORES CABRERA

  
\_\_\_\_\_

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



TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DEL 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres,** Miguel Sifuentes Cabrera y Sofia Meléndez Ahumada por haberme dado la vida y brindarme los recursos incondicionales para estudiar hasta lograr convertirme en un profesionalista.

**A mis hermanos,** Miguel Sifuentes Meléndez y Sofia Sifuentes Meléndez por haberme apoyado, motivarme y ser un ejemplo a seguir.

**A Liliana Torres Camarillo,** por haberme acompañado durante toda la carrera y brindarme su apoyo y confianza.

**A mi Alma Mater,** por ser la institución que me brindo la oportunidad de estudiar y adquirir los conocimientos de ella.

**Al Dr. Gerardo Duarte Moreno,** por darme la oportunidad de realizar un experimento y tesis con él.

**Al M.C Ramón Alfredo Delgado Gonzales,** por permitirme realizar estudios en su laboratorio y enseñarme que hay mucho que recorrer todavía.

**A todos los Doctores del Centro de Investigación y Reproducción Caprina,** Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez, Dr. Jesús Vielma Sifuentes, Dra. Ilda Graciela Fernández García, Dr. Horacio Hernández Hernández, Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, Dr. José Alfredo Flores Cabrera, por haberme brindado su apoyo, conocimiento y sobre todo su amistad y confianza.

**A la M.C. Dora María Cortinas Reyes,** por haberme dejado participar en su investigación.

**A la Lic. Dolores López,** por toda la ayuda con la documentación para mi tesis.

## DEDICATORIAS

**A mis padres,** Miguel Sifuentes Cabrera y Sofia Meléndez Ahumada por su apoyo y confianza que me brindaron durante toda mi carrera profesional.

**A mis hermanos,** Miguel Sifuentes Meléndez y Sofia Sifuentes Meléndez a quienes quiero mucho.

**A mi novia,** Liliana Torres Camarillo, una persona a quien quiero mucho y aprecio por toda su ayuda y confianza.

**A toda mi familia,** por sus consejos, motivaciones y ayuda durante toda mi vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO.....	3
HIPOTESIS .....	3
II. REVISION DE LITERATURA .....	4
2.1 La estacionalidad reproductiva de la especie caprina.....	4
2.2 Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva .....	4
2.3 Fisiología del ciclo estral .....	5
2.3.1 Fase folicular .....	6
2.3.2 Fase luteal .....	7
2.4 Métodos para la inducción y sincronización del estro y la ovulación en cabras .....	9
2.4.1 Tratamiento fotoperiódico y el efecto macho .....	9
2.4.2 Tratamientos hormonales.....	10
2.4.3 Bioestimulación sexual .....	10
III. MATERIALES Y METODOS .....	14
3.1 Ubicación del estudio.....	14
3.2 Animales experimentales .....	15
3.2.1 Grupos experimentales.....	16
3.3 Manejo de los animales durante el experimento.....	16
3.4 Variables evaluadas en el semen.....	17
3.4.1 Volumen del eyaculado .....	17

3.4.2	Concentración espermática .....	17
3.4.3	Motilidad espermática .....	17
3.4.4	Espermatozoides vivos y muertos .....	18
3.4.5	Preparación y llenado de pajillas .....	18
3.5	Momento para la inseminación Artificial .....	19
3.6	Variables determinadas en las cabras .....	19
3.6.1	Comportamiento estral .....	19
3.6.2	Porcentaje de cabras que ovularon y tasa ovulatoria .....	20
3.6.3	Diagnóstico de gestación .....	20
3.7	Análisis estadístico .....	20
IV.	RESULTADOS.....	21
4.1	Actividad ovulatoria .....	21
4.1.1	Porcentaje de cabras que ovularon .....	21
4.1.2	Tasa ovulatoria.....	22
4.2	Diagnóstico de gestación .....	23
V.	DISCUSIÓN.....	24
VI.	CONCLUSIÓN .....	26
	Literatura citada .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Porcentaje de cabras que ovularon en inactividad sexual del grupo control (GC) y de los grupos tratados con progesterona 48 h (G48) y 15 min (G0) antes de exponerlas a machos cabríos vasectomizados, sexualmente activos por fotoestimulación. **21**
- Figura 2.** Tasa ovulatoria de las cabras en inactividad sexual del grupo control (GC) y la de los grupos tratados con progesterona 48 h (G48) y 15 min (G0) antes de exponerlas a machos cabríos vasectomizados, sexualmente activos por fotoestimulación. **22**
- Figura 3.** Proporción de cabras en inactividad sexual del grupo control (GC) y la de los grupos tratados con progesterona 48 h (G48) y 15 min (G0) antes de exponerlas a machos cabríos vasectomizados, sexualmente activos por fotoestimulación y que quedaron gestantes por inseminación artificial con semen fresco. **23**

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar si la aplicación de progesterona en cabras anéstricas y sometidas al efecto macho, modifica la actividad ovulatoria y la fertilidad de las cabras inseminadas artificialmente con semen fresco. Se utilizaron 53 cabras divididas en 3 grupos de los cuales el grupo control (GC; n= 17) no se le aplicó progesterona, otro grupo (G48; n= 18) se le aplicó progesterona 48h antes de la introducción del macho y el tercer grupo (G0; n= 18) se le aplicó progesterona 15 min antes de la introducción del macho. Se utilizaron 11 machos cabríos sexualmente activos con tratamiento fotoperiódico de días largos. A cada grupo de cabras se les introdujo un macho vasectomizado (bioestimulador), los cuales fueron intercambiados entre grupos cada 12 h, durante 17 días. Además se utilizaron 8 machos intactos a los cuales se les colectó semen para la inseminación de las hembras 12 h posteriores a la manifestación del estro. Se evaluó el porcentaje de hembras que ovularon, la tasa ovulatoria y de gestación. El porcentaje de cabras que ovularon no difirió entre grupos (GC, 88%; G48 h, 94%; G0 h, 100%;  $P>0.05$ ), la tasa ovulatoria no difirió entre estos mismos (GC,  $1.5 \pm 0.1$ , G48 h,  $1.9 \pm 0.2$ , G0 h  $1.9 \pm 0.2$ , respectivamente;  $P>0.05$ ). La tasa de gestación no difirió entre grupos (GC, 80%, G48 h, 76%, G0 h, 73%, respectivamente;  $P>0.05$ ). Se concluye que la aplicación de progesterona antes del efecto macho, no modifica la respuesta ovulatoria ni la fertilidad.

**Palabras clave:** *Cabras, Progesterona exógena, Efecto macho, Tasa ovulatoria, Gestación, I.A., Semen Fresco.*

## I. INTRODUCCIÓN

La región de la Comarca Lagunera (26°N) se ubica en parte del estado de Coahuila. La producción de leche y carne caprina se presenta una marcada estacionalidad, que está determinada principalmente por la actividad reproductiva estacional que manifiestan los caprinos. Las cabras sin la presencia del macho en esta región, presentan el inicio de la actividad cíclica a partir de septiembre, finalizando en el mes de febrero (Duarte *et al.*, 2010). La variación antes mencionada de los productos caprinos genera cambios importantes en los precios y su disponibilidad (Aréchiga *et al.*, 2008).

Para modificar la estacionalidad reproductiva de las cabras se han utilizado métodos naturales y hormonales. El método natural utilizado en cabras es el “efecto macho”, el cual consiste en introducir machos fotoestimulados por un tratamiento fotoperiódico de días largos con la finalidad de bioestimular a un grupo de hembras anéstricas, este efecto induce la manifestación de estro y la ovulación (Chemineau, 1985; Delgadillo *et al.*, 2002). Sin embargo, la respuesta de las cabras al efecto macho se caracteriza porque la mayoría de ellas, presentan un ciclo estral de corta duración. Después del ciclo corto vuelven a presentar actividad estral y ovulatoria 21 días después (Chemineau, 2006).

En un estudio realizado en la Comarca Lagunera durante los meses de mayo-junio por García (2008), demostró que con la aplicación de 25 mg de progesterona a cabras anéstricas antes de la introducción del macho fotoestimulado, provoca una menor manifestación de ciclos cortos en las cabras tratadas. El uso de progesterona ó progestágenos contribuye a generar una mejor sincronización de los estros y

ovulaciones en las hembras caprinas (Chemineau, 1985; López-Sebastián *et al.*, 2007).

La mayoría de los estudios sobre el efecto macho, no reportan una sincronía en la actividad estral en cabras y por lo tanto, no existe un corto periodo de tiempo para un programa adecuado de inseminación artificial (IA) con semen fresco.

## **OBJETIVO**

Determinar si la aplicación de progesterona en cabras anéstricas antes del efecto macho, modifica la actividad ovulatoria y la fertilidad de las cabras inseminadas artificialmente con semen fresco.

## **HIPOTESIS**

La aplicación de progesterona a cabras anéstricas antes de ser sometidas al efecto macho modifica la respuesta ovulatoria y la fertilidad.

## II. REVISION 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 machos cabríos en el subtrópico mexicano ocurre de enero-febrero a mayo-junio (Delgadillo *et al.*, 1999).

El fotoperiodo es el principal factor medioambiental que sincroniza la actividad reproductiva anual de las cabras (Cheminau *et al.*, 1992; Delgadillo *et al.*, 2004).

### 2.2 Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva

La interpretación de las horas de luz y oscuridad, es un proceso fisiológico complejo. La luz es captada mediante fotorreceptores localizados en la retina, la cual es transmitida por el tracto retino-hipotalámico al núcleo supraquiasmático (NSQ). Dicha señal es enviada a los núcleos paraventriculares (NPV), para finalmente pasar del ganglio cervical superior (GCS), a la glándula pineal por las fibras postganglionares (Karsch *et al.*, 1984; Guadarrama-Ortiz *et al.*, 2014).

La membrana de las células de la glándula pineal (pinealocitos). Al recibir la señal nerviosa se transforma en un mensaje endocrino, siendo éste 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 los animales que están expuestos a 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 de GnRH por el hipotálamo, que a su vez incrementa la biosíntesis y secreción de FSH y 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” (Fatet *et al.*, 2011)

### **2.3 Fisiología del ciclo estral**

Las cabras reproductivamente son consideradas poliéstricas estacionales y de ovulación espontánea. Durante el ciclo estral se presentan una serie de sucesos fisiológicos, morfológicos y de comportamiento. Siendo el estro la etapa de atracción sexual hacia el macho, permitiendo la oportunidad de que la cabra quede gestante (Fatet *et al.*, 2011). El ciclo estral es considerando entre el intervalo de tiempo de dos estros, este es inducido por la interacción del hipotálamo, la hipófisis, los ovarios y el útero (Spencer *et al.*, 2004).

La regulación del ciclo estral es mediada por el hipotálamo, produciendo la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), la cual se encarga de la estimulación y liberación en la adenohipófisis de las hormonas folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH). Dichas hormonas al controlar el desarrollo folicular, la ovulación y la formación del cuerpo lúteo en el ovario, son reguladas por

retroalimentación positiva (Feed-Back +) de los estrógenos y la retroalimentación negativa de los estrógenos y progesterona (Senger, 2003).

En la cabra durante su actividad sexual el promedio de duración del ciclo estral es de 21 días. En cuanto a la latencia de receptividad sexual (estro o celo), el promedio es de 36 horas (Fatet *et al.*, 2011).

### **2.3.1 Fase folicular**

La unidad estructural y funcional de los ovarios es el folículo. Al conjunto de las diferentes etapas de desarrollo folicular, se conoce como foliculogénesis. En la foliculogénesis se lleva a cabo la diferenciación entre folículos primordiales, primarios, secundarios y terciarios (Folículo de Graaf). Dicha diferenciación está basada en las características histológicas de las células de la granulosa que rodean al ovocito y al grado de maduración del mismo (Gigli *et al.*, 2006).

A medida que se desarrolla el folículo existen dos características que parecen estar conservadas en los mamíferos, 1) Dinámica folicular y 2) Participación de la gonadotropinas.

1. Dinámica folicular se divide en tres etapas:

a) Reclutamiento, es la etapa de activación de un grupo de folículos primarios gonadotropina dependientes.

b) Selección, es la etapa en la que el folículo seleccionado es el que ovulará y los subordinados entran en regresión ó atresia folicular.

c) Dominancia, es la etapa en la que el folículo preovulatorio actúa de forma parácrina inhibiendo el desarrollo de los folículos subordinados y en forma sistémica, por un mecanismo de retroalimentación negativo (Driancourt, 2001).

## 2. Participación de las gonadotropinas

Dentro del reclutamiento, la FSH se encarga del crecimiento y desarrollo folicular, al momento de realizar la selección, un solo folículo secreta inhibina para generar una retroalimentación negativa en la secreción de FSH, la dominancia del folículo comienza con la secreción de estradiol, realizando una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo e hipófisis, que provoca la descarga preovulatoria de GnRH y LH, para que ocurra la dehiscencia o liberación del ovulo (Senger, 2003; Gigli *et al.*, 2006).

### 2.3.2 Fase luteal

Una vez ocurrida la ovulación, la ruptura de los vasos sanguíneos de la pared folicular genera una estructura conocida como cuerpo hemorrágico, transcurridos de 3-5 días 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), genera la pérdida de la apariencia del cuerpo hemorrágico y se denomina cuerpo lúteo, a este proceso se le conoce como luteinización (Senger, 2003).

Las células de la granulosa se convierten en células luteales grandes afines a  $PGF2\alpha$ , estas células producen P4 y oxitocina (OT). 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; McCracken *et al.*, 1999).

Al final de la fase lútea el estradiol induce la activación de los receptores a oxitocina en el endometrio. El cual genera una secreción pulsátil de PGF2 $\alpha$ . Siendo la principal luteolisina, se produce en las células endometriales y en menor concentración en el cuerpo lúteo (CL). La PGF2 $\alpha$  viaja a contra corriente de la vena uterina, a la arteria ovárica ipsilateral al ovario donde se ha formado el CL, generando la degradación del CL (luteólisis) ocasionando una disminución marcada de P4 por destrucción de células pequeñas y reducción de las células grandes. Para llevar a cabo dicho proceso se requiere cierto grado de maduración del CL, amplia vascularización y producción de P4 >1ng/ml (McCracken *et al.*, 1999; Niswender *et al.*, 2000 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 antiluteolítica 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 cabras**

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: la modificación del patrón de percepción del fotoperiodo, las relaciones socio sexuales con otros individuos, como el efecto macho y la aplicación de hormonas exógenas, como la progesterona o los progestágenos comúnmente impregnados en dispositivos intravaginales (Abecia *et al.*, 2001).

### **2.4.1 Tratamiento fotoperiódico y el efecto macho**

En los machos cabríos de las razas Saanen y Alpina, la alternancia de dos meses de días largos (16 h luz/día) y dos meses de días cortos (8 h luz/día) demostró que la actividad sexual se incrementa durante los días cortos y se inhibe durante los días largos (Delgadillo *et al.*, 1991; Delgadillo *et al.*, 1999). En los machos cabríos de la Comarca Lagunera, la actividad sexual se puede estimular al exponerlos a 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre al 15 de enero (16 h luz/ 8 h oscuridad). Este tratamiento estimula su actividad sexual con la secreción de testosterona, el comportamiento sexual, el olor y las vocalizaciones, durante el reposo sexual natural de los meses marzo y abril (Delgadillo *et al.*, 2002; Bedos *et al.*, 2012).

## **2.4.2 Tratamientos hormonales**

### **2.4.2.1 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 cabra recibe una dosis de 200 a 800 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG; de acuerdo a la estación reproductiva y a su producción láctea) 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 del “efecto macho”. Esta técnica de inducción consiste en introducir un macho sexualmente activo en un grupo de hembras anéstricas para estimular la liberación 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. Los machos fotoestimulados son más eficientes para inducir la actividad sexual de las hembras que los machos bajo fotoperiodo natural que presentan actividad sexual débil (Delgadillo *et al.*, 2002).

#### **2.4.3.1 Respuesta fisiológica de la hembra al efecto macho**

En las cabras de la Isla de Guadalupe en el Caribe, el 95 % de las cabras sometidas al efecto macho presentaron una ovulación alrededor del 3-5 día de haber introducido al macho cabrío. De estas cabras que ovularon, sólo el 62% manifestó signos de actividad sexual (estro ó celo), pasando 6 días de la primera ovulación la mayoría de estas cabras volvieron a ovular presentando el 75 % de las cabras un ciclo ovulatorio corto, posteriormente a la última ovulación la duración de la fase lútea fue normal de 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 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, el 81.8 % (27/33 cabras) presentaron actividad estral del día 3-14 después de introducir al macho. Un 63.6 % (21/33 cabras) del mismo grupo manifestó comportamiento estral del día 2-6 y 19 cabras de las 21 repitieron comportamiento estral del día 7-14, es decir manifestaron

un ciclo corto, posteriormente desarrollaron 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 porque se manifiestan dichos ciclos cortos, y se propone un mecanismo fisiológico secuencial acerca de la vida corta del CL asociado a los ciclos estrales cortos:

a) Los folículos inducidos a ovular en los primeros 3 días por el efecto macho son de mala calidad, debido a que presentan una baja calidad de las 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 bajas cantidades de progesterona.

c) El mecanismo actúa amplificando localmente la diferencia de la concentración de P4 en las arterias uterinas y ováricas.

d) Debido a que estas concentraciones de P4 son insuficientes en el ovario y el útero, la cadena responsable de la liberación de la oxitocina y PGF2 $\alpha$  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 3 y 4 días del primer ciclo inducido por el macho, siguen creciendo y secretan mas 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 CL causando así una luteólisis temprana (Chemineau *et al.*, 2006).

#### **2.4.3.2 Efecto macho + progesterona**

La manifestación de ciclos cortos por el efecto macho durante el anestro estacional en cabras juega un papel importante en la calidad de la ovulación (Gonzales-Bulnes *et al.*, 2006), la aplicación de progesterona antes de la introducción del macho, reduce la incidencia de los ciclos cortos, logrando una mejor sincronización (Chemineau, 2006) y una elevada fertilidad >70% en la primera ovulación después de la introducción del macho (Chemineau, 1985; Díaz-Delfa *et al.*, 2002; García, 2008). En las cabras de Túnez presentaron una tasa ovulatoria de  $1.82 \pm 0.39$  con la manifestación de ciclos cortos en un 15% al estar tratadas con progesterona (Lassoued *et al.*, 1995), siendo en otros estudios aun mayor la manifestación de ciclos cortos del 30% en cabras de raza Murciano-Granadina (Gonzales-Bulnes *et al.*, 2006).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó durante 45 días en los meses de marzo y abril (anestro estacional). El estudio se llevó a cabo en el Ejido Morelos II, del municipio de Matamoros Coahuila, el cual está ubicado al norte del país (Longitud 101° 41' y 104° 61' O, y Latitud 24° 59' y 26° 53' N). Su clima es seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco, la precipitación pluvial media anual es 258 mm y la evaporación media anual es 2000 mm. La temperatura media anual es 21 °C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5 °C (Montemayor-Trejo *et al.*, 2012). En el solsticio de verano las horas luz son de 13 horas y 41 minutos, mientras que en el solsticio de invierno las horas luz son de 10 horas y 19 minutos. Al ser un clima seco en la Comarca Lagunera, las explotaciones caprinas son de pastoreo sedentario principalmente, el cual consiste en que las cabras salen a pastorear en la mañana y regresan en la tarde a sus respectivos corrales. El tipo de alimento que consumen durante el pastoreo es la vegetación nativa que consiste en:

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: sorgos, melón, sandía, algodón, alfalfa, zacate y Ballico (Duarte *et al.*, 2008).

## 3.2 Animales experimentales

### Hembras

Para el estudio se utilizaron 52 cabras locales adultas, multíparas, con una edad media de 3 años, con diferentes grados de encastes de razas como: Saanen, Nubia, Alpina Francesa, Toggenburg, Bóer y Murciano-Granadina (Delgadillo *et al.*, 2011). Se midió la condición corporal de las cabras al inicio del experimento mediante la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.* (1997), la cual consiste en la palpación de la masa muscular y la grasa de las apófisis espinosas y laterales de las vertebrae lumbares utilizando una escala del 1 al 4 (1= Magra o Delgada y 4= Gorda), las cabras tenían una condición corporal de  $1.5 \pm 0.1$  en promedio.

Una semana antes al estudio se realizó una ultrasonografía transrectal con un ultrasonido 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.

### Machos

Se sometieron 11 machos cabríos a tratamiento de fotoperiódico de días largos, de éstos, 3 fueron vasectomizados para ser los machos estimuladores. Los otros 8 machos no vasectomizados (intactos) permanecieron separados de las hembras. El tratamiento fotoperiódico consistió en 16 horas luz durante 2.5 meses del 1 de noviembre al 15 de enero, para inducirlos a la actividad sexual.

### **3.2.1 Grupos experimentales**

Se formaron tres grupos experimentales, a un grupo se le administró 20 mg de progesterona vía intramuscular 48 horas antes de la introducción del macho (G48; n=18). Al segundo grupo se le administró la misma dosis de progesterona 15 minutos antes de la introducción del macho (G0h; n=18), el tercer grupo fue el control a las cuales no se le administró tratamiento hormonal de progesterona (GC; n=17). Se consideró el inicio del experimento como día 0 a las 8:00 horas con la introducción de un macho foto-estimulado y vasectomizado en cada grupo de cabras.

Los machos vasectomizados fueron intercambiados cada 12 horas entre los 3 grupos de cabras. Este cambio de machos entre grupos ha demostrado que los machos manifiestan una intensa actividad sexual y mejora la detección de estros. El semen fresco fue obtenido de los machos intactos mediante el uso de vagina artificial (VA). Se utilizó una cabra inducida artificialmente al estro mediante la aplicación de cipionato de estradiol a una dosis de 4 mg por vía intramuscular la primera dosis y dosis repetidas cada 48 horas de 2 mg; Esto con el fin de estimular al macho para la colecta de semen, la cual se realizó durante la mañana o la tarde de acuerdo a la presencia de hembras en estro de los grupos experimentales. Una vez colectado el semen este mismo fue llevado al laboratorio para su evaluación.

### **3.3 Manejo de los animales durante el experimento**

Las cabras se introdujeron a un corral para estabularlas, en el cual se les proporcionó como alimento heno de alfalfa 1.5 Kg (14 % PC), heno de avena 200 g y concentrado comercial 300 g (14% PC; 1.7 Mcal), estos alimentos fueron para cada animal. Además, se les proporcionó bloques de sales minerales y agua potable *ad*

*libitum*. Se desparasitaron con ivermectina adicionada con vitaminas A, D y E. Las cabras fueron ordeñadas una sola vez al día (6:00 am) antes de proporcionarles el alimento. Los machos vasectomizados (bioestimuladores) recibieron la misma alimentación que las hembras.

### **3.4 Variables evaluadas en el semen**

#### **3.4.1 Volumen del eyaculado**

Se determinó mediante un tubo colector de vidrio graduado en intervalos de 0.1 ml. El promedio del volumen de los eyaculados obtenidos fue de  $0.97 \pm 0.13$  ml.

#### **3.4.2 Concentración espermática**

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

#### **3.4.3 Motilidad espermática**

La motilidad espermática se midió inmediatamente después de la colecta de semen, colocando una gota de semen sin diluir sobre un portaobjetos y colocando un cubreobjetos ambos previamente atemperados a 37° C. La muestra fue observada al

microscopio a 40X manteniendo la misma temperatura mediante una platina caliente portátil. El análisis consistió en valorar la formación y progresión de oleadas espermáticas debido a su desplazamiento, se les asignó un valor del 0 al 5, donde el 0 representa que no existe movilidad alguna y un valor a 5 donde se observa un marcado movimiento de espermatozoides con grandes olas o remolinos (Chemineau, 1991). Los eyaculados seleccionados para la inseminación artificial fueron aquellos que tuvieron al menos 2.5 de motilidad ( $3.0 \pm 0.17$ ).

#### **3.4.4 Espermatozoides vivos y muertos**

Dentro de la misma muestra observada para la motilidad una persona con experiencia determinó el porcentaje de espermatozoides vivos y muertos. Para la realización de la inseminación artificial los eyaculados seleccionados deberían presentar al menos un 70 % de espermatozoides vivos. De los eyaculados que se seleccionaron presentaron un promedio de 76 % de espermatozoides vivos.

#### **3.4.5 Preparación y llenado de pajillas**

Para la preparación del diluyente se utilizó leche descremada en polvo y agua tri-destilada. La solución se realizó en baño maría a una temperatura de 90°C por 10 minutos, posteriormente se puso a enfriar a temperatura ambiente. El semen se diluyó y se colocó en pajillas tipo francés de 0.25 cm de diámetro mediante la succión del semen, la concentración espermática promedio por pajilla fue de 200 millones de espermatozoides. Las pajillas fueron colocadas en una hielera portátil: la cual

contenía bolsas de gel refrigerante para mantener la temperatura de las pajillas  $\pm$  27°C hasta el momento de la inseminación.

### **3.5 Momento para la inseminación Artificial**

Las cabras que se detectaron en estro en la mañana, fueron inseminadas una sola vez por vía cervical en la tarde, mientras que las detectadas en la tarde fueron inseminadas en la mañana del día siguiente (Foote, 2002).

### **3.6 Variables determinadas en las cabras**

#### **3.6.1 Comportamiento estral**

El comportamiento estral fue evaluado dos veces al día (am-pm) durante 30 minutos. Antes de iniciar la detección del comportamiento estral, los machos fueron intercambiados entre los grupos de cabras para que se estimularan por la novedad de estar en contacto con otras hembras (Loya-Carrera *et. al.*, 2014).

Se les colocó un mandil o peto de plástico a los machos para evitar el reposo que ocurre después de la penetración y eyaculación. Se consideró en estro cuando una cabra permanecía inmóvil y aceptaba la monta del macho. Una vez detectada la cabra en estro esta fue separada del corral para permitir al macho que continuara detectando estro a otras hembras. Al finalizar la detección de estros, se regresaron las cabras que habían sido separadas a su respectivo corral para ser inseminadas posteriormente 12 horas después, a los machos se les retiró el mandil y permanecieron en el corral hasta cambiarlos a la siguiente detección.

### **3.6.2 Porcentaje de cabras que ovularon y tasa ovulatoria**

El porcentaje de cabras que ovularon se determinó mediante ultrasonografía 18 días posteriores a la introducción de los machos. La presencia de un cuerpo lúteo se consideró la existencia de una ovulación. La tasa ovulatoria se determinó mediante la división de todos los cuerpos lúteos observados en las cabras de cada grupo, entre el número de cabras que ovularon de su respectivo grupo.

### **3.6.3 Diagnóstico de gestación**

El diagnóstico de gestación se realizó mediante ultrasonido por vía transrectal a los 44 días posteriores de la introducción de los machos. Se consideró que una cabra quedó gestante al determinar la presencia del saco vitelino.

### **3.7 Análisis estadístico**

La proporción de cabras gestantes, se analizó mediante la prueba de Chi<sup>2</sup>. Al indicar esta prueba diferencia significativa entre grupos, se realizó la prueba exacta de Fisher. La tasa ovulatoria se analizó 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).

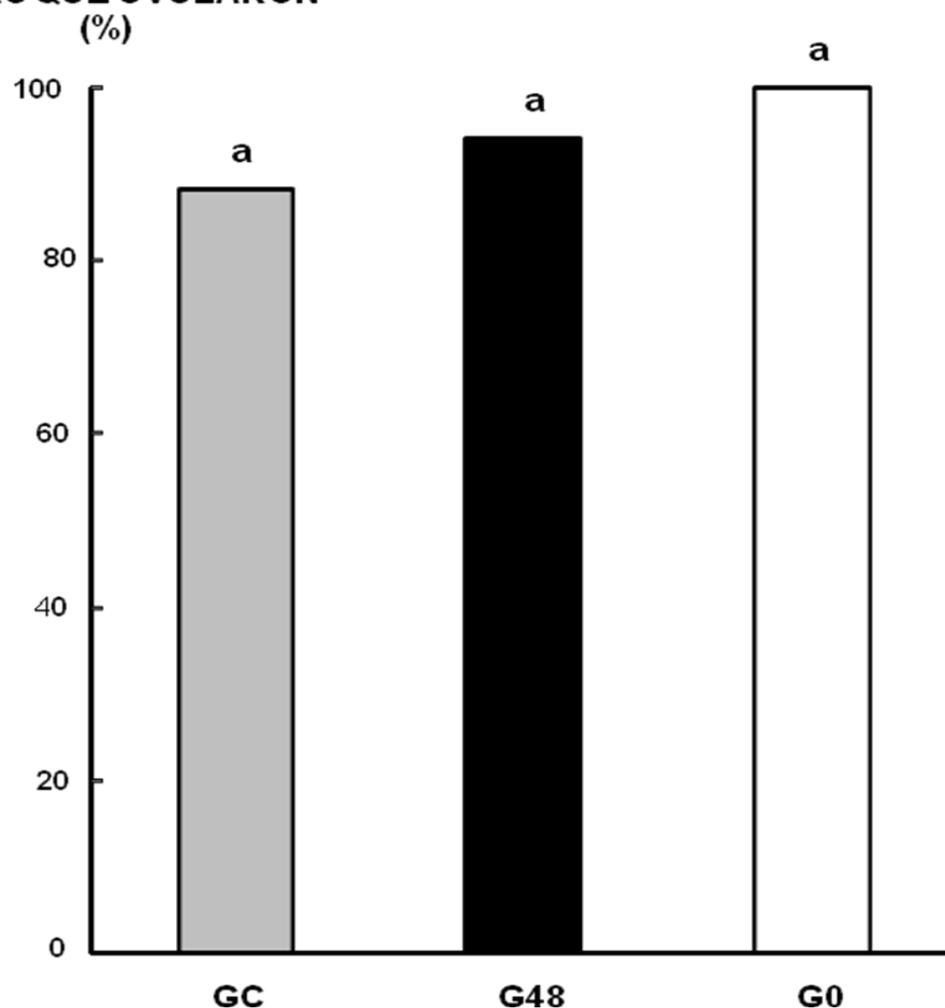
## IV. RESULTADOS

### 4.1 Actividad ovulatoria

#### 4.1.1 Porcentaje de cabras que ovularon

El porcentaje de cabras que ovularon no difirió entre grupos (GC, 88%; G48h, 94%; G0h, 100%;  $P > 0.05$ ; Figura 1)

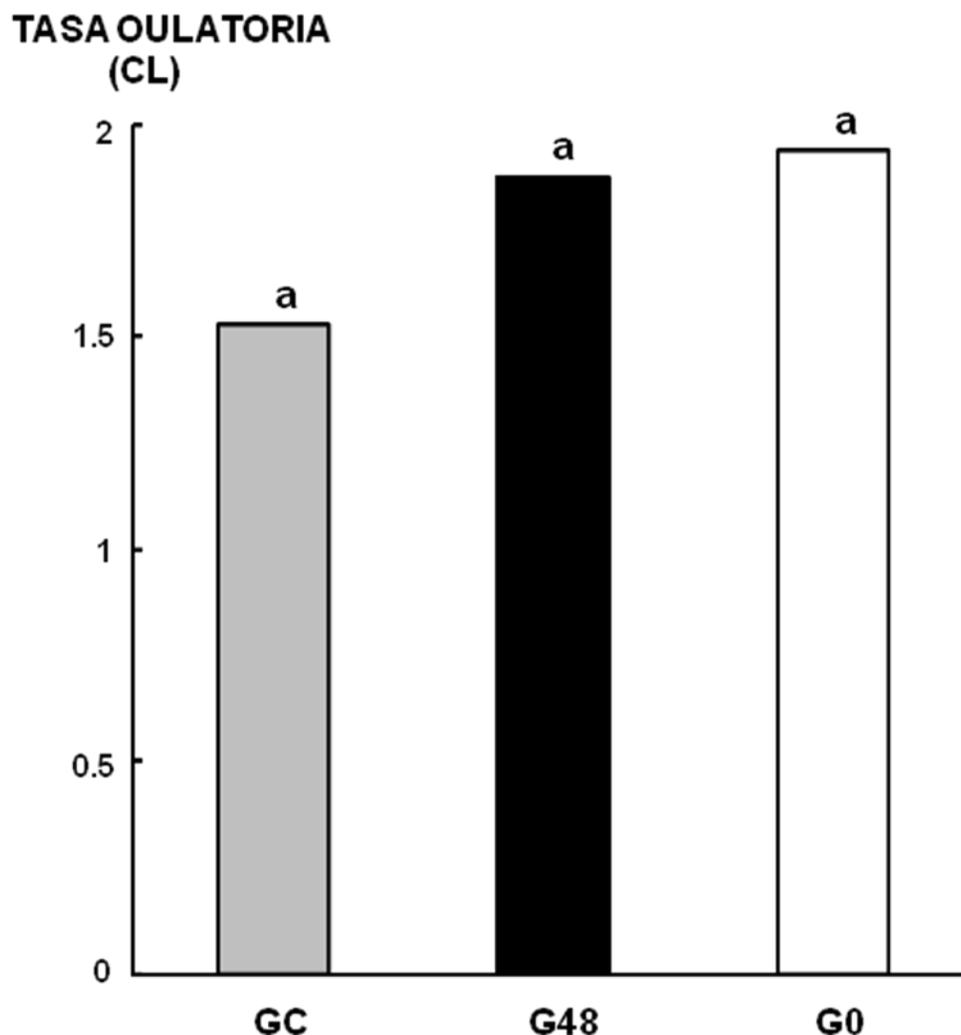
#### HEMBRAS QUE OVULARON



**Figura 1.** Porcentaje de cabras que ovularon en inactividad sexual del grupo control (GC□) y de los grupos tratados con progesterona 48 h (G48■) y 15 min (G0□) antes de exponerlas a machos cabríos vasectomizados, sexualmente activos por fotoestimulación. Literales iguales indican que no existió diferencia significativa ( $P > 0.05$ ).

#### 4.1.2 Tasa ovulatoria

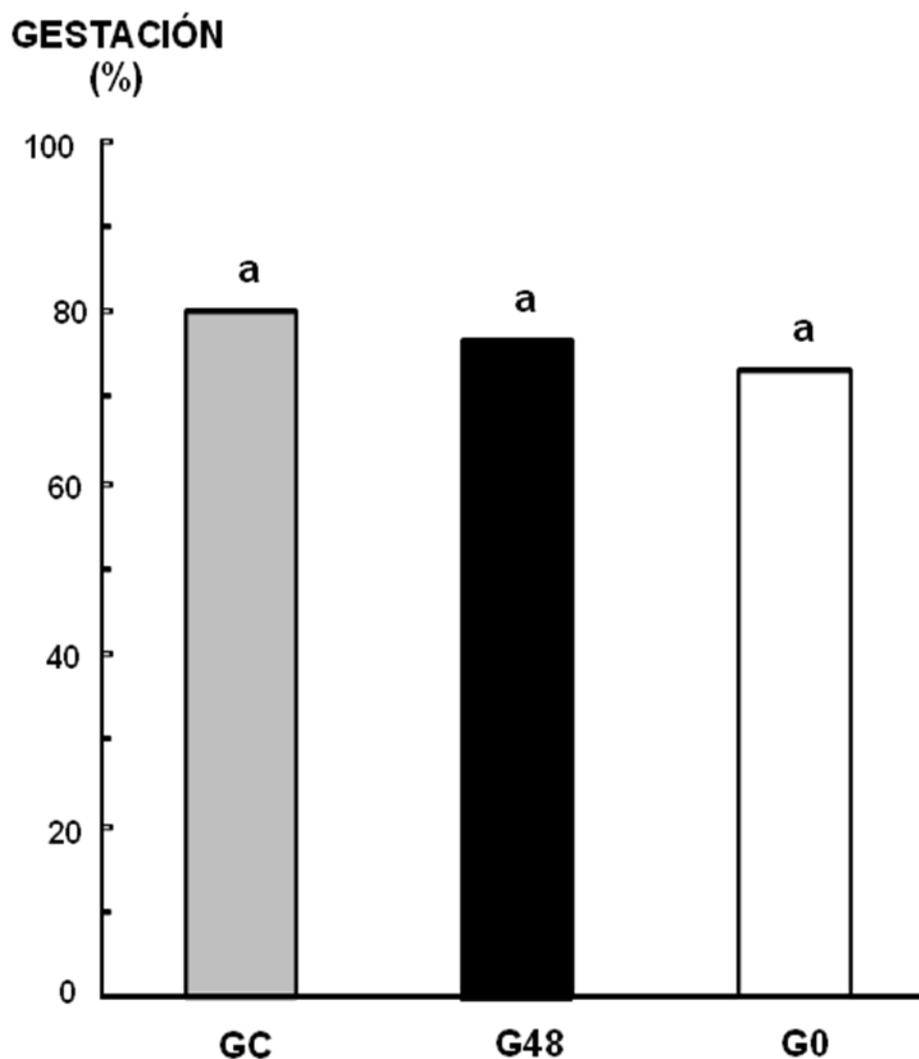
La tasa ovulatoria no fue diferente entre el grupo control (GC  $1.53 \pm 0.13$ ) y los grupos que se les aplicó progesterona antes de la introducción de los machos (G48h  $1.88 \pm 0.17$  y G0h  $1.94 \pm 0.17$ ;  $P > 0.05$ ; Figura 2).



**Figura 2.** Tasa ovulatoria de las cabras en inactividad sexual del grupo control (GC□) y la de los grupos tratados con progesterona 48 h (G48■) y 15 min (G0□) antes de exponerlas a machos cabríos vasectomizados, sexualmente activos por fotoestimulación. Literales iguales indican que no existió diferencia significativa ( $P > 0.05$ ).

## 4.2 Diagnóstico de gestación

El porcentaje de cabras que fueron diagnosticadas gestantes a los 44 días después de la introducción de los machos, no fue diferente entre el grupo control (GC 80%) y los grupos que se les aplicó progesterona antes de la introducción de los machos (G48h 76.4% y G0h 73.3%;  $P>0.05$ ; Figura 3).



**Figura 3.** Proporción de cabras en inactividad sexual del grupo control (GC□) y la de los grupos tratados con progesterona 48 h (G48■) y 15 min (G0□) antes de exponerlas a machos cabríos vasectomizados, sexualmente activos por fotoestimulación y que quedaron gestantes por inseminación artificial con semen fresco. Literales iguales indican que no hubo diferencia significativa ( $P>0.05$ ).

## V. DISCUSIÓN

La respuesta de la actividad ovulatoria en cabras anéstricas sometidas a tratamiento de progesterona 48 horas ó 15 minutos antes de la introducción de machos fotoestimulados, fue mayor a 80% en los tres grupos, siendo estos resultados similares a otros estudios donde también se aplicó progesterona antes del efecto macho (Chemineau, 1985; Adib *et al.*, 2014). Se considera que la cabra es una especie poliéstrica estacional y prolífica, esto es, tener más de una cría por parto. La tasa ovulatoria de nuestro grupo control fue de 1.5, y la tasa de ambos grupos tratados fue <1.8, estadísticamente no hubo diferencia entre los tres grupos de estudio. Desde el punto de vista de producción ó económico, una mayor tasa de ovulación conduce a una cantidad mayor de crías nacidas, por tanto, mayores ingresos para el productor. En un estudio realizado con ovejas Ile-de-France por Adib *et al.* (2014), en el mes de abril, ellos reportaron menores tasas de ovulación con el uso de progesterona utilizando el CIDR durante 2 y 12 días previo al efecto macho, la tasa ovulatoria fue de  $1.0 \pm 0.1$  en su grupo control mientras que en el grupo tratado durante 2 días fue de  $1.0 \pm 0.0$  y el tratado por 12 días fue de  $1.5 \pm 0.3$ . Los resultados de la tasa ovulatoria obtenidos por estos autores son menores a los obtenidos en nuestro estudio. La tasa de gestación tuvo un rango de 73 al 80%, tasa cercana a la obtenida en cabras mediante el efecto macho y monta natural con sólo 4 horas de contacto entre machos sexualmente activos y hembras (64%; Bedos *et al.*, 2012), e igualmente a los obtenidos en cabras por (López-Sebastián *et al.*, 2007) en los que también se utilizaron progestágenos (IMA-PRO2) en conjunto con el efecto macho, obteniendo una fertilidad de 65%, mientras que Pellicer-Rubio *et al.*(2008) obtuvieron una fertilidad de 78% con una sola inseminación en cabras. En nuestro estudio, es

probable que el tratamiento previo de progesterona sólo tenga una influencia en la reducción de ciclos cortos y una mayor sincronía de estros, como lo demostró Gonzales-Bulnes *et al.* (2006) conduciendo esto a una sincronía de estros necesaria en programas de inseminación artificial.

## **VI. CONCLUSIÓN**

En cabras del subtrópico mexicano, la administración de 25 mg de progesterona intramuscular 48 horas ó 15 minutos antes de introducir machos cabríos sexualmente activos por fotoestimulación, no modifica el porcentaje de cabras inducidas a la actividad ovárica, ni la fertilidad utilizando la inseminación artificial con semen fresco.

### Literatura citada

- Abecia, J.A., 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*. 148(4):403-416.
- Aréchiga, C.F., Aguilera, J.I., Rincón, S. Méndez de Lara, S., Bañuelos, V.R., Meza-Herrera, C.A. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9(1):1-14.
- 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., Véliz, 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 anovulatoria. *Técnica Pecuaria en México*. 45(3):319-328.
- Chemineau, P. 1983. Effect on oestrous 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., Cognié, Y., Guerin, V., Orgeur, P., Vallet, J.C. 1991. Training manual on artificial insemination in sheep and goats. FAO. *Animal Reproductions and Health*. 83. 111 p.
- 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.
- Corteel, J.M., Baril, G., Bariteau, F., Bussiere, J., Lebœuf, 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, J.A., 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-Revisting the dogmas. *Behavioural Brain Research*. 200(2):304-314.
- Delgadillo, J.A., De la Torre-Villegas, S., Arellano-Solis, 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., Malpaux, 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., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction*. 62(5):1409-1414.
- Foot, R. H. 2002. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *Journal of Animal Science*. 80(E-Suppl\_2):1-10.
- 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.
- Guadarrama-Ortiz, P., Ramírez-Aguilar, R., Madrid-Sánchez, A., Castillo-Rangel, C., Carrasco-Alcántara, D., Aguilar-Roblero, R. 2014. Controladores del tiempo y el envejecimiento: núcleo Supraquiasmático y glándula pineal. *International Journal of Morphology*. 32(2):409-414.
- 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., Malpaux, 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., Hernández, H., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A. Switching photo-stimulated males between groups of goats does not improve the reproductive response during the male effect. *Animal Reproduction Science*. 146(1):21-26.
- 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-Míreles, J. L., Woo-Reza, J. L., Munguía-López, J., Rivera-González, M., Trucíos-Caciano, R. 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación 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.
- Pellicer-Rubio, M.T., Leboeuf, B., Bernelas, D., Forgerit, Y., Pougard, J.L., Bonn´e, J.L., 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(1):172–188.

- 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.
- Senger, P.L. 2003. Pathways to pregnancy and parturition. 2 ed. Currente conceptions Inc. Washintong, USA. Pp 373.
- Viñoles, C., Forsberg, M., Banchero, G., Rubianes, E. 2001. Effect of long term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *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.