

**Actividad ovárica y crecimiento folicular de cabras Criollas cíclicas  
en respuesta a la introducción del macho a tres diferentes tiempos  
del ciclo estral**

**Juan Carlos López García**

**Tesis**

Presentada como requisito parcial para  
obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS**



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
Unidad Laguna  
Subdirección de Postgrado

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre de 2006

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
Unidad Laguna  
Subdirección de Postgrado

**Actividad ovárica y crecimiento folicular de cabras Criollas cíclicas  
en respuesta a la introducción del macho a tres diferentes tiempos  
del ciclo estral**

**Tesis**

**Juan Carlos López García**

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y  
aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS**

Comité Particular de Asesoría

Asesor principal:

\_\_\_\_\_  
Dr. José Alfredo Flores Cabrera

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Gerardo Duarte Moreno

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Horacio Hernández Hernández

\_\_\_\_\_  
M.C. Gerardo Arellano Rodríguez  
Jefe del Departamento de Postgrado

\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2006

**DEDICATORIA**

**A MIS PADRES**

**CARLOS LÓPEZ ROSALES  
YOLANDA GARCÍA RAMÍREZ**

**A MIS HERMANOS**

**MANUEL DE JESÚS, MARTHA, CARMEN, JAIME Y DAVID**

**POR TODO SU CARÍÑO, COMPRENSIÓN  
Y APOYO QUE DE USTEDES RECIBÍ**

**SON LO MÁS VALIOSO QUE DIOS ME DIÓ**



**Una más**

## AGRADECIMIENTOS

### A DIOS, padre nuestro...

A la UAAAN UL y a los profesores del Postgrado en Ciencias Agrarias - Línea Reproducción Animal, por compartir sus conocimientos y los consejos en los momentos difíciles

A mi asesor principal. Dr. José Alfredo Flores Cabrera, por su confianza y apoyo para la elaboración y buen término de esta Tesis GRACIAS

A los integrantes del CIRCA  
Dr. Jesús Vielma Sifuentes  
Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras  
Por los consejos y ánimo para seguir adelante

A mi comité particular de asesoría:

Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez  
Dr. Gerardo Duarte Moreno  
Dr. Horacio Hernández Hernández

Por el apoyo y dedicación que tuvieron en este trabajo

A las familias:

López Rosales  
Sánchez López  
López Ramírez

Muy especiales para:

El Ing. Ramiro Hdez y su esposa  
la profesora Guadalupe Ocón

Y a mis amigos Edgar, Luz  
Maria, Luis y Cesar

GRACIAS POR SU AMISTAD  
Y APOYO

A mis compañeros:  
MVZ. Soledad Bibiana López Vargas  
MVZ. Francisco Rodrigo García Sandoval  
MVZ. Ángel Mejía Vázquez  
MVZ. Santiago Ramírez Vera  
MVZ. Mauricio Alexander Valera Venegas  
MC. Ma. de los Ángeles De Santiago M.  
MC. Juan Ramón Luna Orozco  
MC. Raymundo Rivas Muñoz  
MC. Gonzalo Fítz Rodríguez  
MC. Iván Vélez Monroy  
MC. Juan Luis Morales Cruz  
MC. Ulises Cruz Castrejón  
MC. Jorge Enrique Cruz Velázquez

Gracias por los buenos momentos compartidos y las palabras de apoyo en los momentos de desanimo

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo

A Esther Peña y Dolores López, por su apoyo secretarial durante mi estadía en el Postgrado.

Al CONACYT por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

Al Ing. Jesús Enrique Medina Cervantes y al señor Armando López Castruita, por facilitar y cuidar las cabras durante la realización de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
COMPENDIO.....	x
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Variaciones estacionales de la actividad reproductiva de los caprinos originarios de las zonas subtropicales .....	4
2.2 Ciclo estral.....	5
2.2.1 Cambios endocrinos durante el ciclo estral en las hembras caprinas .....	5
2.2.2 Desarrollo folicular durante el ciclo estral .....	8
2.2.3 Oleadas foliculares durante el ciclo estral de la cabra .....	9
2.3 Influencia de las interacciones socio-sexuales en la fisiología reproductiva de la cabra.....	11
2.3.1 Efecto hembra .....	11
2.3.1.1 Interacciones hembra- hembra .....	12
2.3.1.2 Interacciones hembra-macho .....	13
2.3.2 Efecto macho.....	15
2.3.2.1 Secreción de LH, estro y ovulación durante el efecto macho .....	15
2.4 Efecto de la presencia del macho sobre la actividad reproductiva de las hembras en la estación sexual .....	17
2.4.1. Presencia continua del macho.....	17
2.4.2 Introducción del macho en combinación con tratamientos hormonales .....	18
2.4.3 Presencia del macho durante el ciclo estral.....	19
III. OBJETIVO .....	22
HIPÓTESIS.....	22
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	23

4.1 Ubicación del experimento .....	23
4.2 Animales.....	23
4.2.1 Machos .....	23
4.2.2 Hembras .....	24
4.3 Sincronización de la actividad sexual de las hembras .....	25
4.4 Grupos experimentales e introducción del macho.....	26
4.5 Variables determinadas.....	27
4.5.1 Actividad ovárica.....	27
4.5.1.1 Duración del ciclo estral .....	28
4.5.1.2 Tasa ovulatoria.....	28
4.5.1.3 Tamaño del cuerpo lúteo.....	29
4.5.1.4 Tamaño del folículo ovulatorio .....	29
4.5.1.5 Niveles plasmáticos de progesterona.....	30
4.5.2 Desarrollo folicular .....	30
4.6 Análisis estadísticos.....	31
V. RESULTADOS.....	32
5.1 Actividad ovárica .....	32
5.1.1 Duración del ciclo estral.....	32
5.1.2 Tasa ovulatoria .....	33
5.1.3 Tamaño del cuerpo lúteo .....	34
5.1.4 Tamaño del folículo ovulatorio .....	35
5.1.5 Niveles plasmáticos de progesterona .....	36
5.2 Desarrollo folicular.....	38
5.2.1 Número de oleadas foliculares .....	38
5.2.2 Duración de las oleadas foliculares .....	41
VI. DISCUSIÓN .....	43
VII. CONCLUSIONES.....	48
VIII. LITERATURA CITADA .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características (promedio $\pm$ eem) de la condición corporal y producción láctea de los 4 grupos experimentales de las hembras utilizadas en el presente estudio. Las hembras del GT no tuvieron contacto con ningún macho. Las hembras de los grupos G3, G12 y G17 tuvieron contacto con machos al día 3, 12 y 17 post-ovulación, respectivamente.....	.....34
<b>Tabla 2.</b> Duración y día de emergencia de las oleadas foliculares en las cabras Criollas cíclicas de la Comarca Lagunera de los grupos: a) Grupo GT; b) Grupo G3.....	.....51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Representación esquemática de las variaciones hormonales durante el ciclo estral de la cabra (Modificado de Delgadillo, 2005).....	16
<b>Figura 2.</b> Ilustración de un modelo de crecimiento folicular en la oveja (Modificado de Scaramuzzi <i>et al.</i> , 1993).....	18
<b>Figura 3.</b> Esquema de las relaciones socio-sexuales que se presentan en la especie caprina (Modificado de Walkden-Brown <i>et al.</i> , 1993a).....	22
<b>Figura 4.</b> Protocolo de sincronización que muestra las dos aplicaciones de prostaglandinas (PgF) a intervalo de siete días (Menchaca <i>et al.</i> , 2004).....	35
<b>Figura 5.</b> Duración promedio ( $\pm$ EEM) del ciclo estral en los cuatro grupos de cabras cíclicas de la Comarca Lagunera.....	41
<b>Figura 6.</b> Tasa ovulatoria ( $\pm$ EEM) de los cuatro grupos de cabras cíclicas. La tasa ovulatoria es expresada como el número de cuerpos lúteos presentes en los dos ovarios de cada cabra al momento de las ecografías.....	42
<b>Figura 7.</b> Tamaño promedio ( $\pm$ EEM) del cuerpo lúteo en los cuatro diferentes grupos de cabras cíclicas.....	44
<b>Figura 8.</b> Tamaño promedio ( $\pm$ EEM) del folículo ovulatorio en los cuatro grupos de hembras.....	45
<b>Figura 9.</b> Perfiles promedio ( $\pm$ EEM) de la secreción de progesterona de los cuatro grupos de cabras cíclicas.....	46



<b>Figura 10.</b> Patrón representativo de crecimiento y regresión de folículos durante un ciclo estral completo en las cabras cíclicas sin presencia de macho.....	48
<b>Figura 11.</b> Patrón representativo de crecimiento y regresión de folículos durante un ciclo estral en cabras, en contacto con macho al día tres del ciclo estral.....	49

## **COMPENDIO**

### **Actividad ovárica y crecimiento folicular de cabras Criollas cíclicas en respuesta a la introducción del macho a tres diferentes tiempos del ciclo estral**

Juan Carlos López García

#### **Tesis**

Presentada como requisito parcial para  
obtener el grado de:

#### **MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS**

#### **Asesor**

**Dr. José Alfredo Flores Cabrera**

Este estudio se realizó para determinar si la introducción de un macho en tres diferentes tiempos del ciclo estral modifica la duración del mismo, la tasa ovulatoria y el tamaño del folículo ovulatorio, así como las características de las oleadas foliculares de las cabras Criollas cíclicas del subtrópico Mexicano. Durante la estación sexual (octubre), 35 hembras multíparas fueron sincronizadas con dos dosis de un análogo sintético de PgF2a a intervalo de siete días. Un grupo de hembras (GT; n=9), no tuvo contacto con ningún macho durante todo el estudio. En el segundo grupo (G3; n=8), el contacto de las hembras con el macho ocurrió al día tres del ciclo estral. En el tercer grupo (G12; n=10), las hembras tuvieron contacto con el macho hasta el día 12 del ciclo estral. Por último, en el cuarto grupo (G17; n=8), el contacto de las hembras con el macho fue al día 17 del ciclo estral. La actividad ovárica fue

monitoreada diariamente por ultrasonografía transrectal con un ultrasonido modo-B equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. Se registró el tamaño en mm. y la posición en el ovario de los folículos mayores de 3 mm. La tasa ovulatoria fue determinada por el número de cuerpos lúteos (CL) observados al día 12 después de la ovulación. La duración promedio ( $\pm$  eem) del ciclo estral fue similar ( $P>0.05$ ). La tasa ovulatoria y el tamaño del folículo ovulatorio no fue diferente entre los cuatro grupos ( $P>0.05$ ). El tamaño del CL del grupo G3 fue mayor ( $P<0.05$ ) que al registrado en los demás grupos ( $14.8 \pm 0.4$  mm. para el grupo G3 y de  $12.7 \pm 0.2$ ,  $12.9 \pm 0.4$  y  $13.6 \pm 0.4$  mm. para los grupos GT, G12 y G17, respectivamente). En el grupo GT el porcentaje de hembras con tres oleadas fue de 11.1%, con cuatro oleadas 77. 8% y con cinco oleadas el 11.1%. En el grupo G3, el 62.5 % de las hembras tuvieron tres oleadas y el 37.5 % registraron cuatro oleadas. La duración de las oleadas foliculares fue mayor en el grupo G3 ( $P<0.05$ ) que el grupo GT ( $12.7 \pm 0.5$  vs.  $9.1 \pm 0.4$  días, en la oleada 1 y  $10.5 \pm 0.5$  vs.  $8.2 \pm 0.4$  días en la oleada 2, respectivamente). En las cabras de los cuatro grupos, los niveles de progesterona variaron a través del ciclo estral ( $P<0.05$ ), pero la introducción del macho a diferentes tiempos del ciclo estral no modificó los perfiles de secreción ( $P>0.05$ ).

En conclusión, la introducción del macho en cabras cíclicas no modifica la duración del ciclo estral, la tasa ovulatoria ni el tamaño del folículo ovulatorio de las cabras Criollas del subtrópico Mexicano, sin embargo sí modifica las características de las oleadas foliculares cuando el macho es introducido al día 3 del ciclo estral.

Palabras clave: Cabras, Ciclo estral, Crecimiento folicular, Progesterona.

## **ABSTRACT**

### **Ovarian activity and follicular growth in cyclic Creole goats in response to male introduction at different times of oestrous cycle**

**Thesis**

**by**

**Juan Carlos López García**

**Presented as a partial requirement to obtain the degree of:**

**MASTER IN AGRARIAN SCIENCE**

**Advisor**

**José Alfredo Flores Cabrera**

The study was realized to determine if the introduction of a buck at three different times of the oestrous cycle modifies the oestrous cycle duration, the ovulation rate and ovulatory follicle size, as well as the characteristics of the follicular waves in the Creole goats of the Mexican subtropic. During the breeding season (October), 35 sexually mature goats were synchronized with two doses of a PgF2a analogue, seven days apart. In a first female group (GT; n=9), had not contact with any male during the whole study. In the second group (G3; n=8), female goats had contact with the male on day 3 of the oestrous cycle. The third group (G12; n=10) had contact with the male on the 12th day of the oestrous cycle and in the fourth group (G17; n=8) females had the contact with the male until the 17th day of the oestrous cycle. Ovarian activity was monitored daily by trans-rectal ultrasonography with a real time-B-mode scanner and rigid 7.5 MHz lineal-array transducer. All follicles of 3 mm. or greater and their position in the ovary were registered. The ovulatory rate was determined by the number of *Corpus Luteum* (CL) observed on the

12th day after the ovulation. The duration of the oestrous cycle was similar ( $P>0.05$ ). The ovulatory rate and the size of the ovulatory follicle were not different ( $P>0.05$ ) between groups. The size of the CL registered in G3 was greater ( $14.8 \pm 0.4$  mm.) than other groups ( $12.7 \pm 0.2$ ,  $12.9 \pm 0.4$  and  $13.6 \pm 0.4$  mm. for the groups GT, G12 and G17, respectively;  $P<0.05$ ). In GT the 11.1 % of females had three waves, 77.8 % had four waves and 11.1 % had five waves. For the G3, 62.5 % of the females had three waves and 37.5 % had four waves. The duration of the follicular waves were larger in the G3 ( $P<0.05$ ) than the GT ( $12.7 \pm 0.5$  vs.  $9.1 \pm 0.4$  days for wave 1 and  $10.5 \pm 0.5$  vs.  $8.2 \pm 0.4$  days for the wave 2, respectively). In goats from all groups, progesterone levels exhibited variations through of the oestrous cycle ( $P>0.05$ ), but the male introduction at different times of the oestrous cycles did not modify secretion profiles ( $P>0.05$ ).

We conclude that the male introduction at different times of the oestrous cycle does not modify the oestrous cycle duration, neither ovulation rate or ovulatory follicle size in cyclic subtropical Creole goats, but affects the follicular growth when the male is introduced in the day 3 of the oestrous cycle.

Keywords: Goats, Oestrous cycle, Follicular growth, Progesterone.

## I. INTRODUCCIÓN

La reproducción es fundamental para la perpetuación de las especies. Algunos de los factores que tienen influencia en la reproducción de los mamíferos incluyen entre otros, la disponibilidad de alimento, el ciclo de duración entre día y noche y las relaciones sociales (Bronson, 1985). Los caprinos del norte de México (26° N) tienen una reproducción estacional. La actividad sexual de las hembras se presenta de agosto a febrero y en los machos de mayo a diciembre (Duarte, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). La estación sexual es controlada principalmente por el fotoperiodo. Los días largos inhiben la actividad sexual, mientras que los días cortos la estimulan (Duarte, 2000; Delgadillo *et al.*, 2004).

Durante el periodo de inactividad sexual o anestro, la actividad sexual de las hembras puede ser inducida a través de la utilización de hormonas exógenas (melatonina, progestágenos y eCG y (Malpoux *et al.*, 1993; Ungerfeld *et al.*, 2003), tratamientos fotoperiodicos (Delgadillo *et al.*, 2003) o el efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2006). Durante la estación reproductiva, es posible sincronizar el estro y la ovulación de las hembras caprinas y ovinas a través de tratamientos hormonales. Estos tratamientos incluyen principalmente progestágenos (Menchaca y Rubianes, 2004; Leboeuf *et al.*, 2003) y/o Prostaglandinas (Menchaca *et al.*, 2004).

Por otro lado, se ha reportado que las relaciones socio-sexuales tienen una influencia sobre la actividad reproductiva de las hembras, principalmente se ha reportado un efecto sobre la duración de la estación sexual y en la duración del anestro postparto (Ott *et al.*, 1980; Lassoued *et al.*, 2004). También existen estudios que demuestran que la introducción de machos en un grupo de hembras cíclicas induce cierto grado de sincronización del estro y la ovulación (Chemineau, 1983; Skinner *et al.*, 2002). En efecto, estudios en cabras (Chemineau, 1983) y en ovejas (Ngere y Dzakuma, 1975) indican un 65 % de sincronización del estro en los primeros tres días del contacto de las hembras con el macho. Esta sincronización se atribuye, a que la presencia del macho es capaz de alterar los patrones de presentación del estro (Ngere y Dzakuma, 1975); debido, a que los niveles de progesterona (P4), podrían no ser suficientes para bloquear la secreción de hormona luteinizante (LH) después de la introducción del macho, y la subsiguiente secreción de estrógenos podría inducir una rápida luteólisis y como consecuencia una ovulación (Chemineau, 1983). De igual modo, investigaciones recientes en antílopes, mostraron que la introducción del macho durante la fase luteal del ciclo estral sincroniza la ovulación del 77.5 % de las hembras en el segundo ciclo estral (Skinner *et al.*, 2002).

Sin embargo, en cabras no existen estudios claros que indiquen cual es la respuesta de las cabras cíclicas expuestas a machos durante la estación sexual y utilizando ultrasonografía para determinar el crecimiento folicular. Por ello, en este estudio se investigó la respuesta de las

hembras cíclicas a la introducción del macho en tres diferentes fases del ciclo estral.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Variaciones estacionales de la actividad reproductiva de los caprinos originarios de las zonas subtropicales

En algunas razas de cabras originarias o adaptadas a las condiciones subtropicales, en los hemisferios norte y sur, se ha reportado una estacionalidad en su actividad reproductiva (Rivera *et al.*, 2003; Restall, 1992a; Delgadillo *et al.*, 2003). La estacionalidad en la actividad reproductiva de estas zonas se caracteriza por la alternancia de un periodo de reposo sexual o anestro seguido por un periodo de actividad sexual (Duarte, 2000). En las hembras, el periodo de anestro está asociado con la ausencia de estros y ovulaciones, y se presenta desde el inicio de la primavera hasta finales del verano. Por el contrario, la estación sexual se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales y ováricos de  $21 \pm 3$  días de duración. Ejemplo de ello son las cabras Criollas de Argentina ( $30^\circ$  S), las Cashmere de Australia ( $28^\circ$  S) y las cabras Criollas de la Comarca Lagunera ( $26^\circ$  N). En estas razas, la estación sexual inicia en otoño y termina a finales del invierno (Rivera *et al.*, 2003; Restall, 1992a; Delgadillo *et al.*, 2003). En los machos, la estación de reposo sexual, esta caracterizada por una baja concentración plasmática de testosterona, bajo peso testicular, incremento de la latencia a la eyaculación, reducción cuantitativa y cualitativa de la producción espermática y baja libido. La

máxima expresión de estos parámetros se alcanza durante el otoño. (Walkden-Brown *et al.*, 1994a; Delgadillo *et al.*, 1999).

## **2.2 Ciclo estral**

El ciclo estral es una secuencia de eventos endocrinos, anatómicos y de comportamiento que suceden entre el inicio de un estro y el inicio de siguiente estro. En las cabras dura en promedio  $21 \pm 3$  días (Camp *et al.*, 1983).

### **2.2.1 Cambios endocrinos durante el ciclo estral en las hembras caprinas**

Los cambios endocrinos, anatómicos y de comportamiento que se presentan durante un ciclo estral están regulados por el hipotálamo (hormona liberadora de gonadotropinas; (GnRH)), la glándula hipofisiaria a través de sus hormonas (hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH)), el folículo ovárico (que secreta esteroides e inhibina), el cuerpo lúteo (CL, que secreta progesterona (P4)) y el útero (que es el responsable de la producción de prostaglandina  $F2\alpha$  ( $PgF2\alpha$ )) (Goodman, 1994) (Figura 2.1). La GnRH hipotalámica estimula la secreción de FSH y LH en la hipófisis, las cuales a su vez provocan el crecimiento y ovulación de uno o más folículos. Después de la ovulación, las células de la granulosa del folículo se luteinizan (Karsch *et al.*, 1980) y da inicio al desarrollo de un cuerpo lúteo, el cual es el responsable de la secreción de

progesterona. La P4 en conjunto con el estradiol (sintetizado y secretado por las células de la teca interna del folículo) actúan por retracción negativa a nivel del hipotálamo e hipófisis, reduciendo en el hipotálamo la secreción de GnRH y en la hipófisis el número de receptores para la GnRH. Esta conjunción de efectos causa una disminución de los pulsos de LH (Niswender *et al.*, 2000) Aún no se conoce completamente cómo el estradiol actúa sobre las neuronas de GnRH, pero se ha postulado que es a través de conexiones interneuronales y mediante el uso de neuromoduladores como los aminoácidos excitatorios (glutamato), ácido gama-aminobutírico (GABA), neuropéptido Y, péptidos opiáceos endógenos ( $\beta$ -endorfinas) y el polipéptido vasoactivo intestinal (VIP) (Smith y Jennes, 2001).

Durante la fase luteal del ciclo estral, los niveles plasmáticos de P4 se mantienen elevados hasta el día 16-17 postovulación; alrededor de estos días las  $PgF2\alpha$  uterinas, quizás bajo la influencia de la oxitocina ovárica provocan la luteólisis (de Castro *et al.*, 1999; McCracken *et al.*, 1999). La luteólisis marca el inicio de la fase folicular, en donde la caída en la secreción de progesterona permite que en el hipotálamo exista un aumento de la frecuencia de los pulsos de GnRH y a su vez éste estimule en la hipófisis a la FSH y LH. El aumento en las concentraciones de LH estimula el crecimiento de uno a más folículos, que secretan una cantidad mayor de estradiol e inducen un periodo de receptividad sexual (conducta de estro) (McCracken *et al.*, 1999; Niswender *et al.*, 2000). Durante este periodo se da una retroacción positiva del estradiol sobre la LH, es decir,

a mayor estradiol secretado, también mayor liberación de la LH, lo que finalmente conduce a la presentación de un pico preovulatorio de LH de 10-15 h después de iniciado el estro, presentándose la ovulación en promedio 20 horas después (Chemineau y Delgadillo, 1993).

Después de describir los cambios endocrinos y de conducta que se presentan en el ciclo estral de la cabra, a continuación se hará referencia a los cambios anatómicos que sufren los folículos y el cuerpo lúteo durante el ciclo estral.

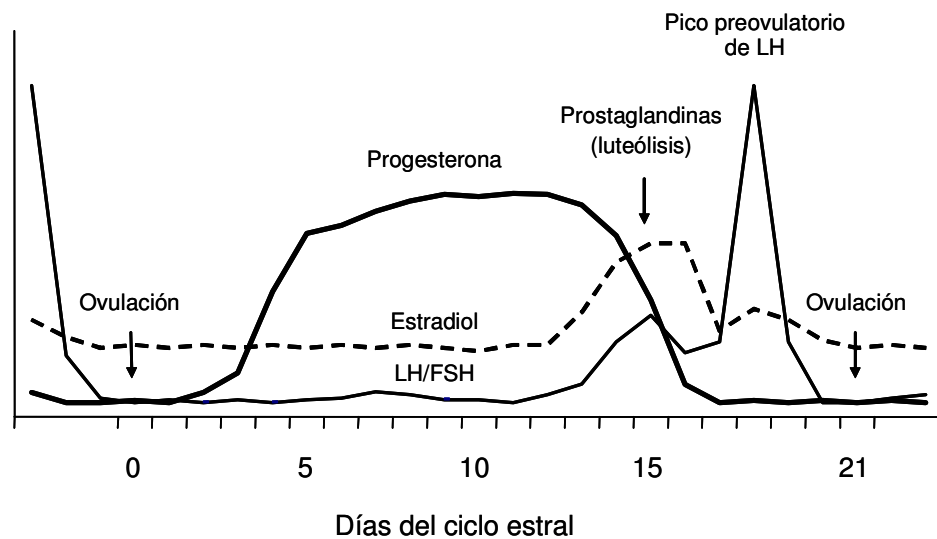


Figura 1. Representación esquemática de las variaciones hormonales durante el ciclo estral de la cabra. Detalles en el texto (Modificado de Delgadillo, 2005).

## 2.2.2 Desarrollo folicular durante el ciclo estral

En cabras y ovejas, al igual que en la mayoría de los mamíferos, existen dos estructuras ováricas principales: folículos y cuerpos lúteos en diversas etapas de crecimiento o regresión durante los ciclos estrales normales (Evans, 2003b). Durante el crecimiento de los folículos, estos pasan por varias etapas de desarrollo: folículo primario, folículo secundario (crecimiento independiente de gonadotropinas), folículo terciario o antral y por último folículo de Graaf (crecimiento dependiente de gonadotropinas; Figura 2; Scaramuzzi *et al.*, 1993; Eppig, 2001). En la mayoría de los mamíferos, menos del 1% de los 100,000 – 200,000 folículos presentes al nacimiento, se desarrollarán hasta los estadios finales del desarrollo folicular y ovularán (Evans, 2003b).

Las principales funciones de los folículos ováricos son 1) proteger y nutrir un oocito en desarrollo, que es capaz de ser fertilizado después de la ovulación, 2) secretar hormonas esteroides que regulan la morfología y función de los órganos reproductivos así como la conducta reproductiva durante el estro y 3) proporcionar las células precursoras que se luteinizarán y formarán el cuerpo lúteo después de la ovulación (Goodman, 1994).

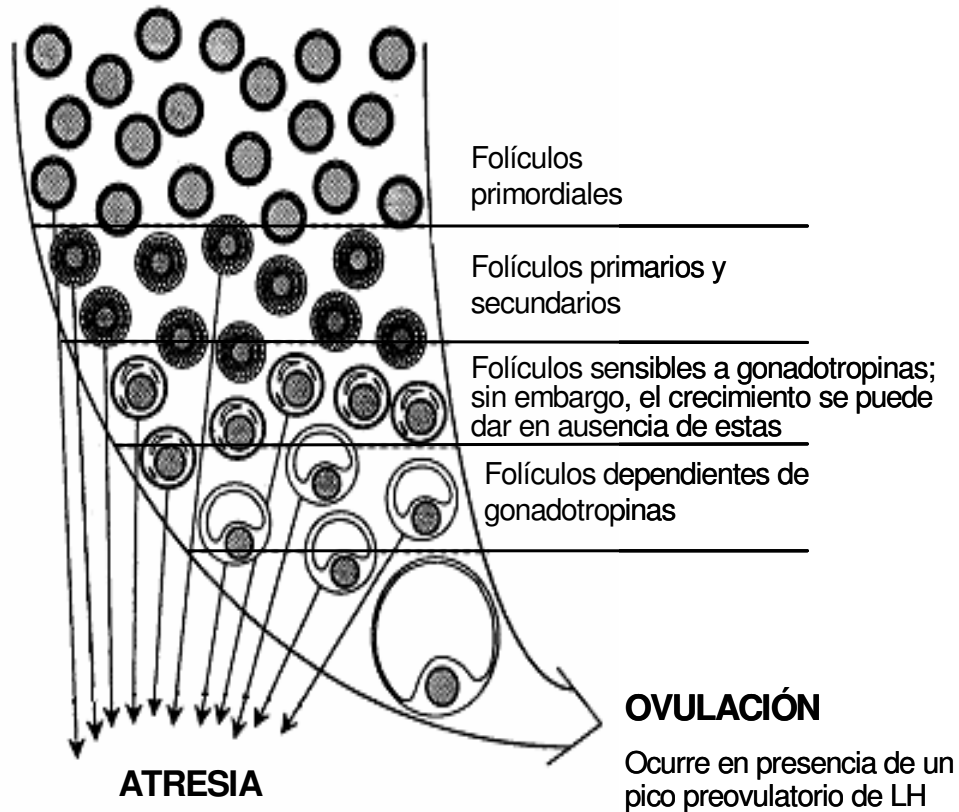


Figura 2. Ilustración de un modelo de crecimiento folicular en la oveja. Los diferentes folículos no están a escala, ni en las correctas proporciones. La presencia de un folículo ovulatorio induce atresia en todos los folículos dependientes de gonadotropinas (Modificado de Scaramuzzi *et al.*, 1993).

### 2.2.3 Oleadas foliculares durante el ciclo estral de la cabra

En la actualidad los estudios científicos han permitido dilucidar mas claramente el desarrollo folicular gracias al uso de ultrasonografía transrectal (Ginther y Kot, 1994). La mayoría de estos estudios han revelado que el crecimiento folicular ocurre en oleadas (de Castro *et al.*, 1999) y coinciden en que el número de oleadas foliculares que se presentan durante un ciclo estral normal en cabras (21 días), varía de dos

a cinco oleadas (Ginther y Kot, 1994; de Castro *et al.*, 1999; Medan *et al.*, 2003; Evans, 2003a). Existe consenso en la mayoría de los estudios de que el 11.1% de las cabras tiene dos oleadas, 27.8 % tres oleadas, 50% cuatro oleadas y el 11.1% tienen cinco oleadas foliculares (de Castro *et al.*, 1999; Medan *et al.*, 2003).

El inicio de cada oleada folicular inicia con la emergencia de un grupo o cohorte de pequeños folículos antrales (diámetro mayor de 3mm). Durante los siguientes días, uno de los folículos en esta cohorte continua creciendo y se hace dominante suprimiendo así la emergencia de una nueva oleada folicular. Mientras el folículo dominante continúa creciendo, el crecimiento de los restantes folículos en la cohorte cesa o se hace lento y estos folículos subordinados eventualmente sufren de atresia. Así, la primer oleada emerge normalmente del día -1 al 1 del ciclo estral, la segunda oleada de crecimiento emerge a los días 5-6 después de la ovulación, la tercera oleada emerge los días 9-10 y la cuarta oleada (ovulatoria) los días 13-14 después de la ovulación (de Castro *et al.*, 1999; Medan *et al.*, 2003).

Las oleadas foliculares tienen algunas características en común: 1) el tamaño del folículo más grande es diferente entre oleadas, siendo el de mayor tamaño el de la oleada ovulatoria, 2) dos o más folículos por oleada, crecen más de 5 mm, 3) la tasa de crecimiento de los folículos es de 1 mm diario, 4) la mayoría de los folículos ovulatorios son los más grandes el día de la luteólisis, 5) la mayoría de las ovulaciones dobles en

cabras, emergen como parte de la misma oleada, 6) las ovulaciones dobles ocurren el mismo día, en la mayoría de los ciclos (Rubianes y Menchaca, 2003).

## **2.3 Influencia de las interacciones socio-sexuales en la fisiología reproductiva de la cabra**

Las interacciones sociales que tiene un animal con otros individuos de la misma especie pueden afectar los procesos reproductivos (Rosa y Bryant, 2002). Estos efectos son observados tanto en ovinos como en caprinos, y en ambos sexos. En ovejas (Rosa y Bryant, 2002) y en cabras (Alvarez y Zarco, 2001), las interacciones socio-sexuales han sido divididas en tres categorías: interacciones hembra-hembra, hembra-macho y macho-hembra (Figura 3).

### **2.3.1 Efecto hembra**

Este tipo de interacciones se observa a dos niveles, el primero de ellos es el estímulo de una hembra en estro sobre la actividad sexual de otras hembras en anestro estacional. El segundo de ellos es el papel estimulador de las hembras hacia el macho (Rosa y Bryant, 2002).



### 2.3.1.1 Interacciones hembra- hembra

En la especie caprina, uno de los primeros reportes de este fenómeno fue dado por Walkden-Brown *et al.* (1993a) en donde menciona el papel inductor que tienen las hembras en estro sobre la actividad sexual de hembras anestrícas y se le denominó efecto hembra. De acuerdo a los reportes de Walken-Brown *et al.* (1993a), después de la introducción de hembras en estro en un grupo de hembras en anestro, se registró un 77.8 % (n=18) de ovulaciones después de 10 días. En otra investigación realizada para corroborar los resultados anteriores, utilizaron un 30 % de hembras en estro, la respuesta fue similar; obteniéndose un 83.3 % de ovulaciones en el mismo periodo de tiempo (Restall *et al.*, 1995).

Después del primer contacto entre hembras, la primer respuesta de las hembras anéstrícas, es una elevación de las concentraciones plasmáticas de LH (Álvarez *et al.*, 1999). Este aumento desencadena eventos que culminan con la ovulación; sin embargo, las cabras que ovulan debido a este estímulo, no presentan otra ovulación, es decir retornan a un estado de anestro nuevamente. Es requisito indispensable que las hembras estimuladoras se encuentren en estro para tener un efecto positivo, ya que al utilizar hembras que no están en estro, o que son extrañas al rebaño existe una respuesta muy reducida o nula (Walkden-Brown *et al.*, 1993a, Restall *et al.*, 1995; Álvarez *et al.*, 1999).

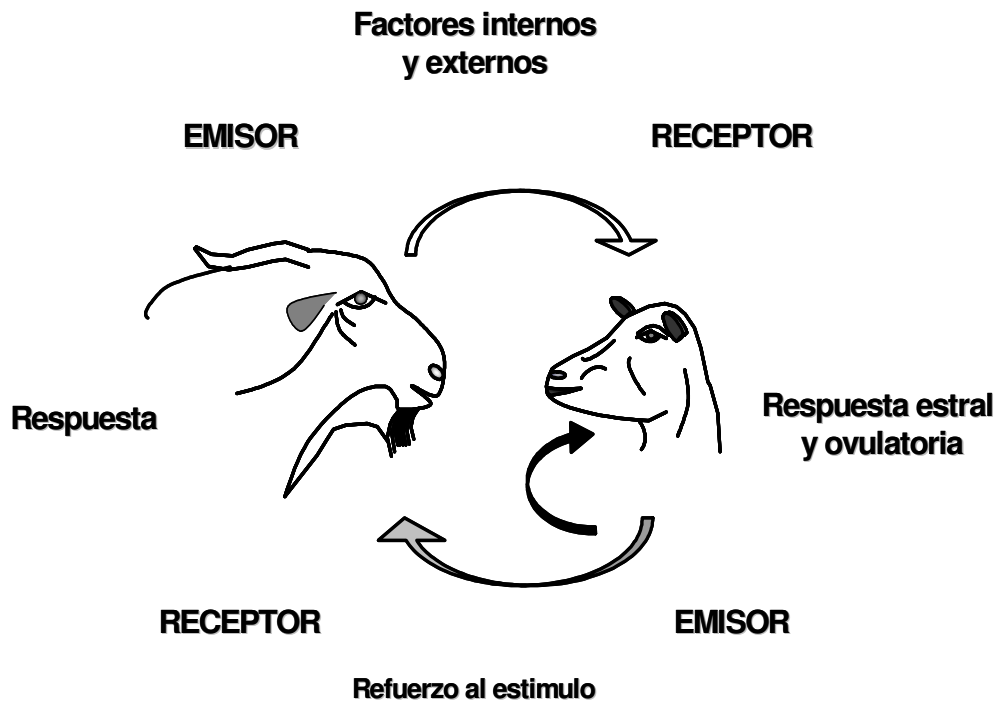


Figura 3. Esquema de las relaciones socio-sexuales que se presentan en la especie caprina. Flecha en color negro, interacción hembra-hembra; flecha gris: interacción hembra-macho; flecha blanca: macho-hembra. (Modificado de Walkden-Brown *et al.*, 1993a).

### 2.3.1.2 Interacciones hembra-macho

Dentro de las interacciones socio-sexuales, se ha reportado la existencia de un papel estimulante de la hembra en estro hacia el macho conocido como efecto hembra-macho (Walkden-Brown *et al.*, 1993a). Estudios previos en ovinos (Gonzalez *et al.*, 1988a; Gonzalez *et al.*, 1988b) y posteriormente en cabras (Walkden-Brown *et al.*, 1994b) que incluyeron la estación sexual y la de reposo sexual demostraron que en los machos el número de pulsos de LH, al igual que las concentraciones de LH y testosterona se incrementaron después del contacto con hembras

en estro. En un estudio, un grupo de machos cabríos recibieron el estímulo de hembras en estro dos días antes del efecto macho, los pulsos y las concentraciones de LH y testosterona se incrementaron, pasando los pulsos y la concentración de LH, de  $1.4 \pm 0.3$  pulsos y  $3.0 \pm 0.3$  ng/ml, antes de la introducción, a  $3.3 \pm 0.6$  pulsos y a  $5.3 \pm 0.9$  ng/ml después de la introducción. Este aumento en las concentraciones de LH y por ende de testosterona incrementó a corto plazo la habilidad de los machos cabríos para inducir ovulaciones en hembras anestrícas que fueron sometidas al efecto macho. Los machos que recibieron el estímulo de hembras en estro, indujeron un mayor porcentaje de hembras a ovular (96.6 %) que los machos sin este tipo de estímulo (72.4 %) (Walkden-Brown *et al.*, 1993a). El papel de las hembras sobre la actividad reproductiva de los machos cabrios, a largo plazo no ha sido todavía reportado.

En contraste, un estudio realizado en el norte de México, en donde un grupo de 20 hembras anestrícas se puso en contacto con 4 (20%) hembras en estro y dos machos. Los resultados obtenidos no concuerdan con los descritos anteriormente (interacción hembra-hembra e interacción hembra-macho), solo dos de las hembras ovularon, indicando una falla en la respuesta atribuyéndose principalmente a la inhabilidad de las hembras a responder al estímulo y al tiempo de la estación de anestro en que se realizó el estudio (Véliz *et al.*, 2002).

### **2.3.2 Efecto macho**

La introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro, puede inducir la actividad reproductiva en las hembras unos días después de ponerlos en contacto. Este fenómeno es llamado efecto macho (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Álvarez y Zarco, 2001; Rosa y Bryant, 2002; Delgadillo *et al.*, 2003). Las primeras observaciones de este fenómeno fueron reportada en ovinos por Girard, (1913) y posteriormente por Underwood *et al.* (1944). El efecto macho constituye un estímulo social que permite iniciar la actividad reproductiva tanto en ovejas como en cabras (Álvarez y Zarco, 2001). En las razas caprinas muy estacionales, la respuesta de las hembras al efecto macho es mejor cuando se realiza un mes antes del inicio del período natural de actividad sexual o un mes después del final de la estación sexual anual (Martin *et al.*, 1983; Restall, 1992b; Mellado *et al.*, 2000).

#### **2.3.2.1 Secreción de LH, estro y ovulación durante el efecto macho**

Durante la estación de anestro en las hembras anovulatorias, la secreción de pulsos de GnRH y LH son infrecuentes debido principalmente a la retroalimentación negativa que ejerce el estradiol en el hipotálamo e hipófisis anterior (Martin *et al.*, 1986). Después de la introducción de los machos (2-4 min), se registra un incremento en la frecuencia de pulsos de LH el cual se mantiene por lo menos 12 h

(Poindron *et al.*, 1980). Además de un aumento en la frecuencia, también existe un incremento en la amplitud de los pulsos de LH (Rosa y Bryant, 2002). En las cabras Saanen, la frecuencia de pulsos de LH pasa de 0.6 pulsos con una amplitud media de 0.5 ng/ml, tres horas antes del efecto macho, a 2.2 pulsos con amplitud media de 1.2 ng/ml tres horas después del contacto (Chemineau *et al.*, 1986). El aumento en la pulsatilidad de LH coincide con un incremento en el número y el diámetro de folículos grandes (Ungerfeld *et al.*, 2004). La estimulación al desarrollo folicular incrementa la secreción del estradiol, el cual por retroacción positiva provoca la aparición de un pico preovulatorio de LH de las 24 a las 30 h después del primer contacto y la ovulación de 24 a 36 h más tarde (Signoret y Lindsay, 1982; Martin, 2002).

En las hembras que responden al efecto macho. El primer estro ocurre del día uno al nueve después de iniciado el contacto, teniendo una frecuencia mayor dos días después del contacto (Chemineau, 1983). Después de siete días de contacto, el 97% de las cabras ovula. En las cabras Criollas del norte de México, al igual que las Criollas de la isla Guadalupe en el caribe, la ovulación inducida está asociada con un 60% de estros, y es seguida en 75% de un ciclo ovulatorio de corta duración que, en promedio, dura de cinco a siete días. Después de este ciclo corto se produce otra ovulación que se acompaña en 90% de un estro y de una fase lútea de duración normal (Chemineau, 1983, Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2003). Sin embargo, utilizando machos sexualmente activos, la respuesta de las hembras Criollas de la Comarca Lagunera,

mejora notablemente, ya que todas las hembras ovulan y manifiestan al menos un estro dentro de los primeros 11 días después de la introducción del macho (Flores *et al.*, 2000).

La forma en que las hembras anestricas perciben al macho es multifactorial: esto es, que están implicados la mayoría de los sentidos; por ejemplo, el olfato (Martin *et al.*, 1986; Claus *et al.*, 1990, Walkden-Brown *et al.*, 1993b; Iwata *et al.*, 2003), el contacto físico, auditivo y visual (Shelton, 1980; Pearce y Oldham, 1988) y el libido del macho (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2002).

El efecto macho siempre ha sido asociado normalmente a hembras anestricas; sin embargo, existen reportes de la respuesta de las hembras cíclicas a la introducción del macho.

## **2.4 Efecto de la presencia del macho sobre la actividad reproductiva de las hembras en la estación sexual**

### **2.4.1. Presencia continua del macho**

En ovejas se ha observado que la presencia continua de carneros en los corrales de las hembras cíclicas incrementa la duración de la estación sexual; es decir inician antes su actividad sexual anual y la terminan después en comparación con las hembras sin macho, teniendo al menos dos o tres ciclos estrales más (O'Callaghan *et al.*, 1994). De la

misma forma, la introducción de carneros en grupos de hembras que paren durante la estación sexual, acorta la duración del anestro postparto, registrándose la primera ovulación a los  $20.3 \pm 9.7$  días después del parto (Lassoued *et al.*, 2004). En cabras la presencia del macho al inicio de la estación sexual, tiene un efecto sobre la actividad cíclica, sobresaliendo que, un gran porcentaje de hembras en contacto con el macho manifiestan más ciclos estrales normales y un reducido número de ellas presentan ciclos cortos (5-7 días) y que además estas hembras reinician su actividad cíclica antes que las hembras sin contacto con macho (Ott *et al.*, 1980).

#### **2.4.2 Introducción del macho en combinación con tratamientos hormonales**

La utilización de progestágenos en esponjas intravaginales durante la estación de anestro y de análogos sintéticos de Prostaglandinas  $F2\alpha$  ( $PgF2\alpha$ ) durante la estación sexual, permite iniciar y sincronizar el estro en el 90 % de las cabras y ovejas, 24 horas después del retiro de las esponjas y de la inyección del análogo de ( $PgF2\alpha$ ). Se ha postulado que la introducción de un macho después del retiro de esponjas probablemente incrementa la sincronización del estro y la ovulación. Por ejemplo, un grupo de ovejas cíclicas sincronizadas con esponjas intravaginales conteniendo acetato de medroxiprogesterona (Evans *et al.*, 2004) o acetato de flurogestona (Lucidi *et al.*, 2001), que recibieron el estímulo del macho al momento del retiro de esponjas, indujo una mayor

concentración y un aumento en la pulsatilidad de LH en las primeras horas de contacto. Además, se registró un adelanto en el inicio del estro y una menor duración del mismo cuando el contacto se proporcionó a las 48 h después del retiro de esponjas (Evans *et al.*, 2004). Sin embargo, con la utilización de prostaglandina F<sub>2</sub> $\alpha$  más la introducción del macho no se afectó ni el inicio ni la duración del estro (Yildiz *et al.*, 2003).

### **2.4.3 Presencia del macho durante el ciclo estral**

Durante la estación sexual las ovejas y las cabras despliegan de manera natural estro y ovulaciones espontáneas que no están sincronizadas entre ellas (Lindsay, 1995). Estas ovulaciones y estros están regulados por la P4 que actúa en sinergia con el estradiol (E2) para suprimir la secreción de LH durante la fase luteal. En la fase folicular la retroacción negativa del estradiol disminuye y origina el pico preovulatorio de LH (Pearce y Oldham, 1983). En un experimento para investigar la interacción entre presencia del macho y la retroacción del E2 y P4 en la estación sexual; se utilizaron hembras ovariectomizadas con un implante de estradiol y otro de progesterona, la introducción del carnero incrementó la secreción de LH en la mayoría de las ovejas, lo cual sugiere que la presencia del macho opera como un componente independiente de la retracción de los esteroides sobre la secreción de LH (Pearce y Oldham, 1983). Otros estudios en cabras (Chemineau, 1983) y en ovejas cíclicas (Ngere y Dzakuma, 1975); indicaron cierto grado de sincronización del estro en los primeros tres días del contacto macho-hembra. Esta



sincronización se atribuye, a que la presencia del macho es capaz de alterar los patrones de estro (Ngere y Dzakuma, 1975); debido, a que los niveles de P4, podrían no ser suficientes para bloquear la secreción de LH después de la introducción del macho, y la subsiguiente secreción de estrógenos podría inducir una rápida luteólisis y como consecuencia una ovulación (Chemineau, 1983). Por otro lado, investigaciones recientes en antílopes, durante dos ciclo estrales; mostraron, que la introducción del macho sincroniza la ovulación del segundo ciclo estral, a través de lo que se denomina un efecto luteotropico, ya que en las hembras que se encontraban en la fase luteal del ciclo estral (concentraciones de P4 > de 1.5 ng/ml), la introducción del macho indujo una mayor duración del ciclo. (Skinner et al., 2002).

Se concluye que la introducción del macho en un grupo de hembras cíclicas puede tener un efecto sincronizador del estro y la ovulación de las hembras. Sin embargo, en ninguno de los estudios reportados anteriormente se precisa el momento del ciclo estral en el cual las hembras recibieron el estímulo del macho. Los adelantos en el conocimiento de la fisiología ovárica, a través del uso de la ultrasonografía han permitido detallar el crecimiento folicular y luteal durante el ciclo estral, así como el momento exacto de la ovulación en la mayoría de las especies animales (Singh et al., 2003).

Teniendo esto en cuenta, es necesario determinar la respuesta ovárica y sexual de las hembras caprinas cíclicas a la introducción del macho a diferentes fases del ciclo estral.

### **III. OBJETIVO**

Determinar la actividad ovárica y el crecimiento folicular de las cabras Criollas cíclicas expuestas al macho en tres diferentes fases del ciclo estral.

### **HIPÓTESIS**

La introducción de un macho en un grupo de cabras cíclicas modifica la duración del ciclo estral y las características de las oleadas foliculares.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Ubicación del experimento**

Este estudio se realizó del 1 de septiembre al 4 de diciembre, periodo que corresponde a la estación sexual para esta raza de caprinos (Duarte, 2000; Delgadillo et al., 2003). El estudio se llevó a cabo en el Ejido Benito Juárez, sección 6, localizada en el kilómetro 3 de la carretera que entronca a la Cueva del Tabaco, del municipio de Matamoros, Coahuila. Dicha localidad está enclavada en la Comarca Lagunera situada en la latitud 26º Norte y entre los 102º y 104º de longitud Oeste, a una altitud que varía de 1,123 a 1,400 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio anual es de 23.4 °C, la máxima de 40 °C en junio y mínima de -3 en diciembre; la precipitación pluvial media anual es de 230 mm (CONAGUA, 2005).

### **4.2 Animales**

#### **4.2.1 Machos**

Se utilizaron 3 machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera de 4 años de edad aproximadamente. Estos animales se encontraban en un sistema de explotación intensivo y fueron alojados en corrales abiertos de 5 X 5 m. Durante todo el estudio su alimentación consistió en 2 kg de

heno de alfalfa y 300 g de concentrado comercial (14 % de proteína cruda) por día/animal. El agua y sales minerales en bloques fueron proporcionadas a libre acceso. Dos meses antes de iniciar el estudio, los machos fueron desparasitados, descornados, despezuzados y vitaminados.

#### **4.2.2 Hembras**

Se utilizaron 35 hembras múltiparas cíclicas provenientes de un hato de 300 animales. Estas hembras se encontraban bajo un sistema de explotación extensivo y consumían la flora nativa de los agostaderos de las 10:00 h a las 19:00 h. En la noche eran estabuladas en un corral abierto y no recibían ningún complemento alimenticio. Las hembras se estabularon el 18 de septiembre, 10 días antes de iniciar el estudio, y a partir de ese momento se alimentaron con 1.5 kg de heno de alfalfa y 250 g de concentrado comercial (14 % de proteína cruda) por día y por animal. El agua y las sales minerales en bloque fueron proporcionadas a libre acceso.

La ciclicidad de las hembras se determinó mediante ultrasonografía transrectal utilizando para ello un Scanner modo-B (Aloka SSD 550, Tokio, Japón) equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. Se llevaron a cabo dos ecografías a intervalos de 8 días. El criterio para determinar si una hembra estaba cíclica, fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en alguna de las ecografías (CL; de Castro *et al.*, 1999; Orita *et al.*, 2000).

Todas las hembras eran cíclicas. Las 35 hembras se dividieron en cuatro homogéneos, considerando la condición corporal y la producción láctea (Tabla 1).

Tabla 1. Características (promedio  $\pm$  eem) de la condición corporal y producción láctea de los 4 grupos experimentales de las hembras utilizadas en el presente estudio. Las hembras del GT no tuvieron contacto con ningún macho. Las hembras de los grupos G3, G12 y G17 tuvieron contacto con machos al día 3, 12 y 17 post-ovulación, respectivamente.

Grupo	n	Condición corporal	Producción láctea G
GT	9	2.7 $\pm$ 0.07	789 $\pm$ 69.5
G3	8	2.7 $\pm$ 0.07	787 $\pm$ 92.1
G12	10	2.7 $\pm$ 0.11	787 $\pm$ 69.5
G17	8	2.7 $\pm$ 0.07	754 $\pm$ 58.9

#### 4.3 Sincronización de la actividad sexual de las hembras

Con la finalidad de tener hembras en diferentes fases del ciclo estral se utilizó un protocolo de sincronización del estro con un análogo sintético de prostaglandinas (PgF2 $\alpha$ ) (Cloprostenol, Prosolvin C, Intervet International GmbH Unterschleißheim, Alemania), consistiendo en la aplicación im de dos dosis de 75  $\mu$ g a intervalo de 7 días (Menchaca *et al.*, 2004). El protocolo de sincronización de la actividad sexual de las hembras de los cuatro grupos se muestra en la Figura 4. La ovulación sincronizada con prostaglandinas se determinó mediante ultrasonografía transrectal realizada cada 24 h iniciando 7 h después de la segunda aplicación de PGF2 $\alpha$  y hasta la ovulación, la cual se determinó con la

desaparición o colapso de uno o más folículos grandes (>5 mm) previamente identificados (Ginther y Kot, 1994; de Castro *et al.*, 1999; Orita *et al.*, 2000; Medan *et al.*, 2003).

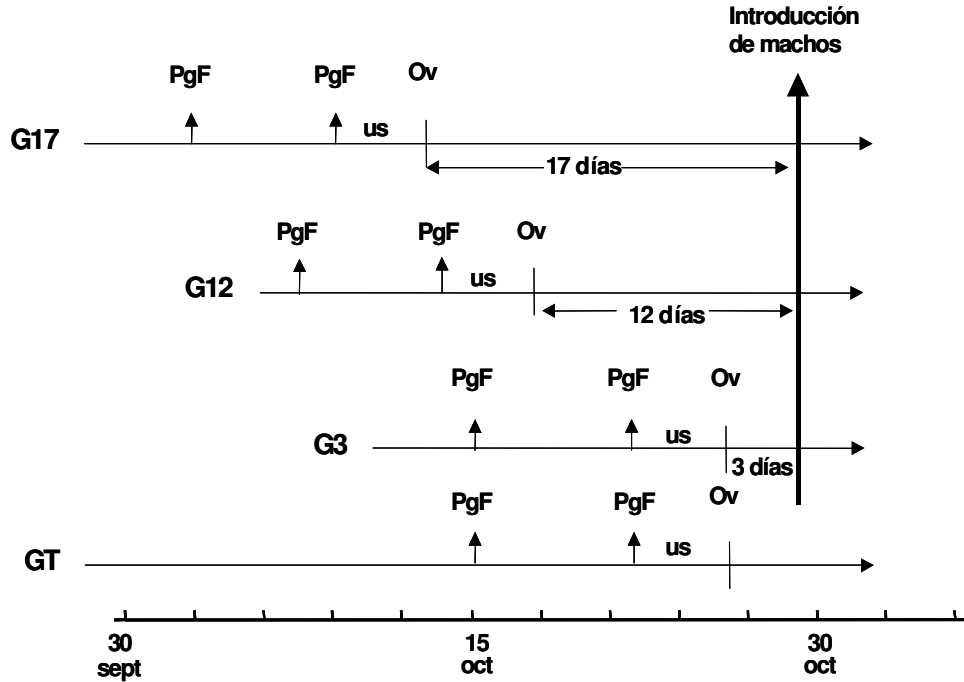


Figura 4. Protocolo de sincronización que muestra las dos aplicaciones de prostaglandinas (PgF) a intervalo de siete días (Menchaca *et al.*, 2004) en los grupos experimentales GT = sin contacto con macho; G3 G12 y G17 = introducción del macho a los días 3, 12 y 17 días del ciclo estral, respectivamente. ov = ovulación, us = ultrasonografías.

#### 4.4 Grupos experimentales e introducción del macho.

El 29 de octubre de 2005 a las 11:00 h, los machos fueron puestos en contacto con las hembras de la siguiente manera:

### **Grupo GT**

Las hembras de este grupo (n=9) no tuvieron contacto con ningún macho durante todo el estudio.

### **Grupo G3**

En el grupo G3 (n=8) un macho fue puesto en contacto con las hembras previamente sincronizadas para que estas se encontraran en el día 3 del ciclo estral.

### **Grupo G12**

Un macho fue puesto en contacto con este grupo de hembras (n=10), las cuales se encontraban en la fase luteal del ciclo estral (día 12).

### **Grupo G17**

En este grupo G17 (n=8) un macho fue puesto en contacto con las hembras que se encontraban en el día 17 del ciclo estral.

## **4.5 Variables determinadas**

### **4.5.1 Actividad ovárica**

La actividad ovárica y el desarrollo folicular se determinó mediante ultrasonografía transrectal, utilizando para ello un Scanner modo-B (Aloka SSD 550, Tokio, Japón) equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz, según la técnica descrita por Ginther y Kot, (1994) con la modificación de



no evacuar las heces. Para facilitar el manejo de las hembras, éstas se inmovilizaron mediante la utilización de una trampa de metal. Se registraron todos los folículos mayores de 3 mm tomando en cuenta sus dimensiones y su ubicación. También se determinó la posición, diámetro y características del cuerpo lúteo.

El registro de datos inició 3 días antes de la ovulación sincronizada por PgF2 $\alpha$  en los grupos GT y G3, y a los días 6 y 15 después de la ovulación inducida por PgF2 $\alpha$  en los grupos G12 y G17, respectivamente. El criterio para determinar la ovulación fue la desaparición o colapso de uno o más folículos grandes (>5 mm) previamente identificados (Ginther y Kot, 1994; de Castro *et al.*, 1999; Orita *et al.*, 2000; Medan *et al.*, 2003).

#### **4.5.1.1 Duración del ciclo estral**

Para la duración del ciclo estral en los cuatro grupos, se consideraron los días desde la ovulación inducida por PgF2 $\alpha$ ; hasta la siguiente ovulación espontánea.

#### **4.5.1.2 Tasa ovulatoria**

La tasa ovulatoria fue determinada mediante el número de cuerpos lúteos registrados en ambos ovarios al momento de realizarse las ecografías. Para ello, se realizaron dos ecografías, la primera de ellas 12

días después de la ovulación sincronizada por las prostaglandinas y la segunda 12 días después de la ovulación espontánea con presencia (grupos G3, G12 y G17) o no de machos (grupo GT).

#### **4.5.1.3 Tamaño del cuerpo lúteo**

En las hembras de los cuatro grupos el tamaño del CL se determinó a los 12 días después de la ovulación. Consistió en el registro del diámetro total de los cuerpos lúteos presentes al momento de realizarse las ecografías.

#### **4.5.1.4 Tamaño del folículo ovulatorio**

Para determinar esta variable se siguió el crecimiento folicular diariamente desde el día -7 considerando al día 0 como el día de la introducción de los machos y hasta un día después de la siguiente ovulación. Se consideró folículo ovulatorio a todo aquel folículo grande (> de 5mm) que fue visible y medible 24 h antes de su desaparición o colapso y que fue posteriormente corroborado mediante la presencia de CL en la misma posición que ocupó en el ovario.

#### **4.5.1.5 Niveles plasmáticos de progesterona**

En las cabras de los 4 grupos, se determinaron los niveles plasmáticos de progesterona. Para ello, se realizó un muestreo sanguíneo diario desde el día -3 considerando el día de la introducción de los machos como el día 0 y hasta un día después de la ovulación. Todas las muestras se obtuvieron por venopunción de la yugular, utilizando para ello tubos de 5 ml conteniendo 30  $\mu$ l de heparina como factor anticoagulante. Después de obtenidas las muestras, éstas se centrifugaron a 2500 g durante 20 min. Después se procedió a la separación del plasma, el cual se congeló a  $-20$  °C, hasta la realización de los análisis hormonales, los cuales se realizaron mediante radioinmunoanálisis. La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/ml, y el coeficiente de variación intraensayo fue de 5.4%.

#### **4.5.2 Desarrollo folicular**

Esta variable se realizó únicamente en los grupos GT y G3. Se registró diariamente el número de folículos de 3 mm o más grandes. Con ello, se determinaron las características de las oleadas foliculares: (1) el número de oleadas y; (2) la duración de las oleadas.

#### **4.6 Análisis estadísticos**

La duración del ciclo estral, el tamaño del folículo ovulatorio, y el tamaño del cuerpo lúteo se comparó entre grupos mediante un ANOVA a un factor (grupo): La tasa ovulatoria se comparó entre grupos, con una prueba *t* de student apareada. Los niveles plasmáticos de progesterona fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) a dos factores (grupo\*tiempo). Cuando existió interacción entre grupo y tiempo en esta variable, los datos fueron sometidos a una prueba de comparación de medias de Tukey.

Los promedios ( $\pm$  EEM) de las características de las oleadas foliculares, fueron analizados mediante una comparación dos a dos utilizando para ello una prueba *t* de Student independiente.

## V. RESULTADOS.

### 5.1 Actividad ovárica

#### 5.1.1 Duración del ciclo estral

En la Figura 5 se muestra la duración promedio del ciclo estral en los cuatro grupos de hembras. En el grupo GT la duración del ciclo estral fue de  $20.1 \pm 0.4$  días, mientras que para los grupos G3, G12 y G17 la duración del ciclo fue de  $20.0 \pm 0.6$ ,  $19.9 \pm 0.3$  y  $20.6 \pm 0.2$  días, respectivamente. No se encontró diferencia estadística significativa en la duración del ciclo estral entre los 4 grupos de hembras ( $P > 0.05$ ).

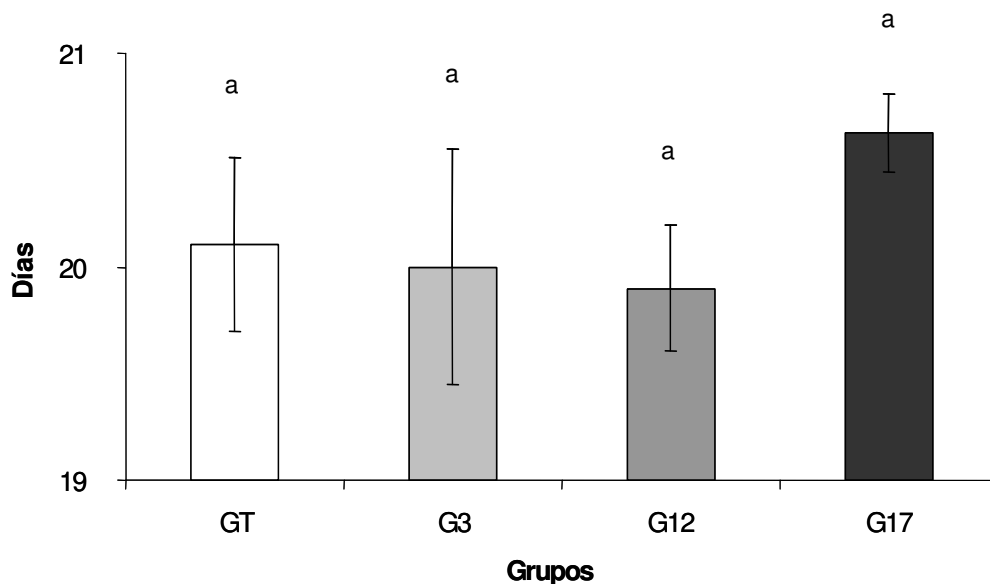


Figura 5. Duración promedio ( $\pm$  EEM) del ciclo estral en los cuatro grupos de cabras cíclicas de la Comarca Lagunera. El grupo GT no tuvo contacto con ningún macho; en los grupos G3, G12 y G17, la introducción del machos se realizó el día 3, 12-13 y 17 postovulación, respectivamente. Mismas literales indican no diferencia estadística ( $P > 0.05$ ).

### 5.1.2 Tasa ovulatoria

En la Figura 6 se muestran los promedios ( $\pm$  EEM) de la tasa ovulatoria para los cuatro grupos de cabras. La tasa ovulatoria inducida por PgF2 $\alpha$  en el grupo GT fue de  $2.0 \pm 0.1$ , mientras que para los grupos, G3 y G12 fue de  $2.0 \pm 0.2$  CL y de  $2.1 \pm 0.1$  CL para el grupo G17. Después de la introducción de los machos la tasa ovulatoria fue de  $2.1 \pm 0.1$  CL, para el grupo GT y de  $2.4 \pm 0.2$  CL,  $2.1 \pm 0.1$  CL y de  $2.4 \pm 0.2$  CL, para los grupos G3, G12 y G17, respectivamente. No se encontró ninguna diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) en la tasa ovulatoria antes y después de la introducción del macho en cada grupo, y no existió diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) entre grupos.

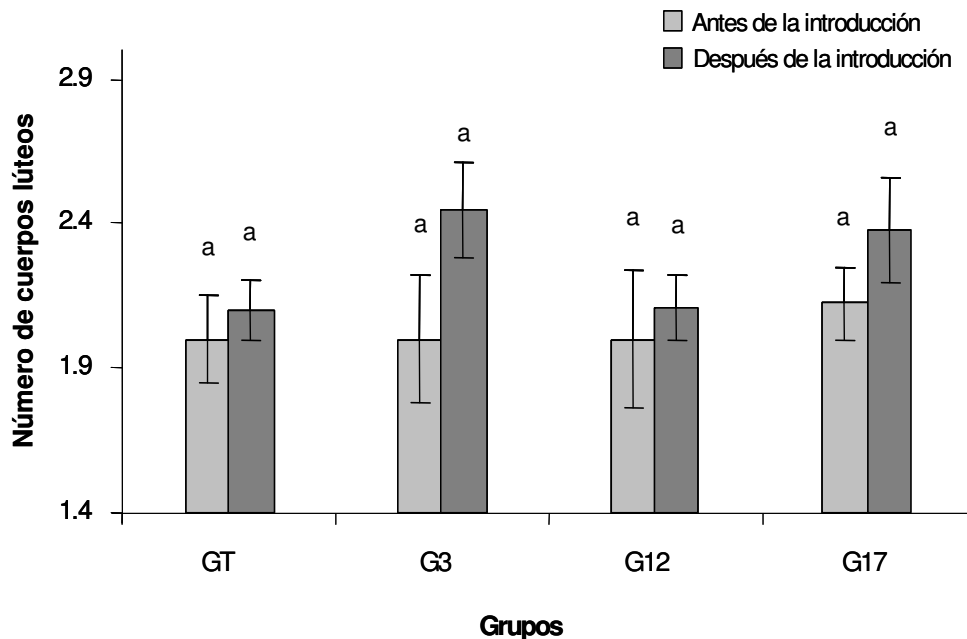


Figura 6. Tasa ovulatoria ( $\pm$  EEM) de los cuatro grupos de cabras cíclicas. La tasa ovulatoria es expresada como el número de cuerpos lúteos presentes en los dos ovarios de cada cabra al momento de las ecografías. Las hembras del GT no tuvieron contacto con ningún macho. Las hembras de los grupos G3, G12 y G17 tuvieron contacto con machos al día 3, 12 y 17 postovulación, respectivamente. En cada grupo, mismas literales indican no diferencia estadística ( $P > 0.05$ ). Asimismo, mismas literales entre grupos indican no diferencia estadística ( $P > 0.05$ ).

### 5.1.3 Tamaño del cuerpo lúteo

El tamaño del cuerpo lúteo para los cuatro grupos se muestra en la Figura 7. El tamaño del CL formado después de la ovulación inducida por  $\text{PgF2}\alpha$ , fue de  $12.7 \pm 0.3$  mm en el grupo GT y de  $14.8 \pm 0.4$  mm,  $12.9 \pm 0.4$  mm y de  $13.6 \pm 0.4$  mm, para los grupos G3, G12 y G17, respectivamente. Después de la ovulación espontánea, el tamaño del CL en el grupo GT fue de  $12.7 \pm 0.4$  mm y de  $12.5 \pm 0.4$  mm,  $13.2 \pm 0.3$  mm y de  $13.4 \pm 0.4$  mm, para los grupos G3, G12 y G17, respectivamente. El análisis estadístico reveló un efecto de la presencia del macho ( $P < 0.05$ ) en el grupo G3, sin existir un efecto en los demás grupos.

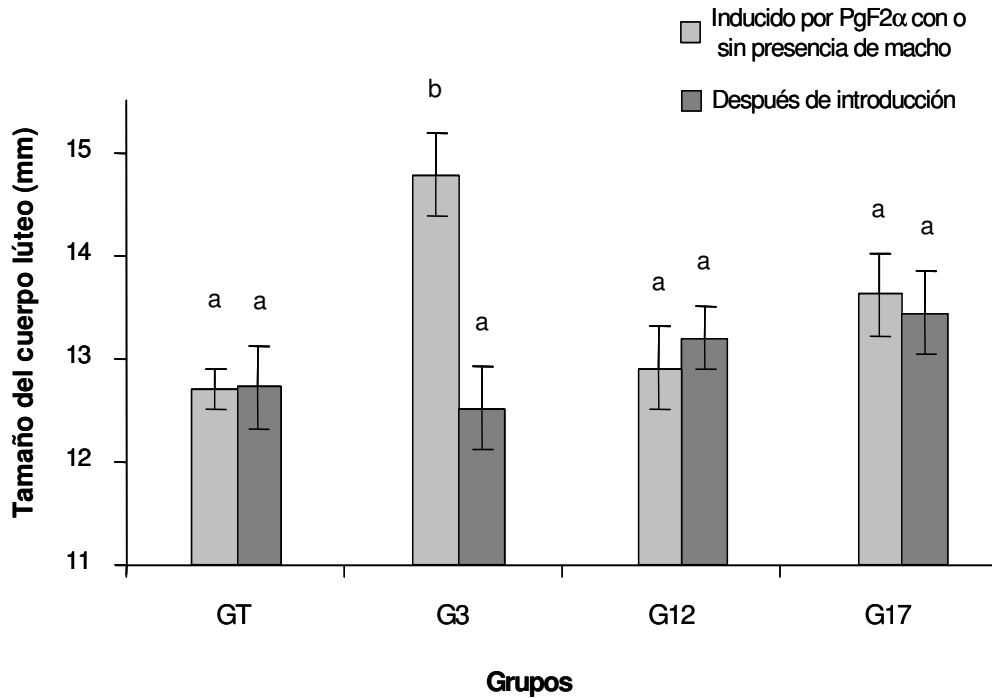


Figura 7. Tamaño promedio ( $\pm$  EEM) del cuerpo lúteo en los cuatro diferentes grupos de cabras cíclicas. El grupo GT no tuvo contacto con ningún macho, los grupos G3, G12 y G17 tuvieron contacto con machos al día 3, 12 y 17 postovulación, respectivamente. Las ultrasonografías se realizaron a los 12 días después de la ovulación. Literales distintas dentro del grupo indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ); asimismo, literales distintas entre grupos indican diferencia estadística ( $P < 0.05$ ).

#### 5.1.4 Tamaño del folículo ovulatorio

El tamaño del folículo ovulatorio para los cuatro grupos se muestra en la Figura 8. Para el grupo GT el tamaño del folículo ovulatorio inducido por las prostaglandinas fue en promedio de  $8.5 \pm 0.2$  mm. Para los grupos G3, G12 y G17 el tamaño del folículo ovulatorio fue de  $7.9 \pm 0.2$  mm,  $8.8 \pm 0.4$  mm y de  $8.6 \pm 0.3$ ; respectivamente. Después de la introducción de los machos, el tamaño del folículo ovulatorio fue de  $8.7 \pm 0.3$  en el grupo GT, y de  $8.5 \pm 0.3$  mm,  $8.5 \pm 0.3$  y de  $8.9 \pm 0.2$  para los grupos G3, G12 y



G17, respectivamente. No se encontró diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en el tamaño del folículo ovulatorio antes y después de la introducción del macho ni entre los diferentes grupos.

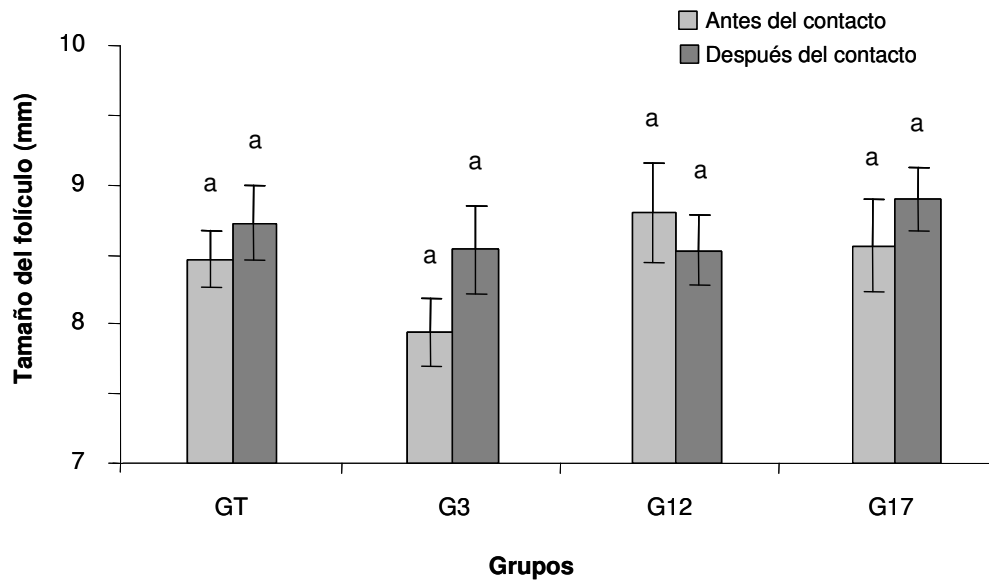


Figura 8. Tamaño promedio ( $\pm$  EEM) del folículo ovulatorio en los cuatro grupos de hembras. El grupo GT no tuvo contacto con ningún macho; en los grupos G3, G12 y G17, el macho fue introducido al día 3, 12 y 17 post-ovulación, respectivamente. Mismas literales indican no diferencia estadística ( $P<0.05$ ).

### 5.1.5 Niveles plasmáticos de progesterona

La Figura 9 muestra los perfiles promedio de la secreción de progesterona en los 4 grupos de cabras. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución de la secreción de P4 ( $P<0.001$ ). Además, se registró una interacción grupo\*tiempo sobre esta variable ( $P<0.05$ ). En la

comparación dos a dos únicamente se registró diferencia ( $P < 0.05$ ) al día 13 del ciclo estral.

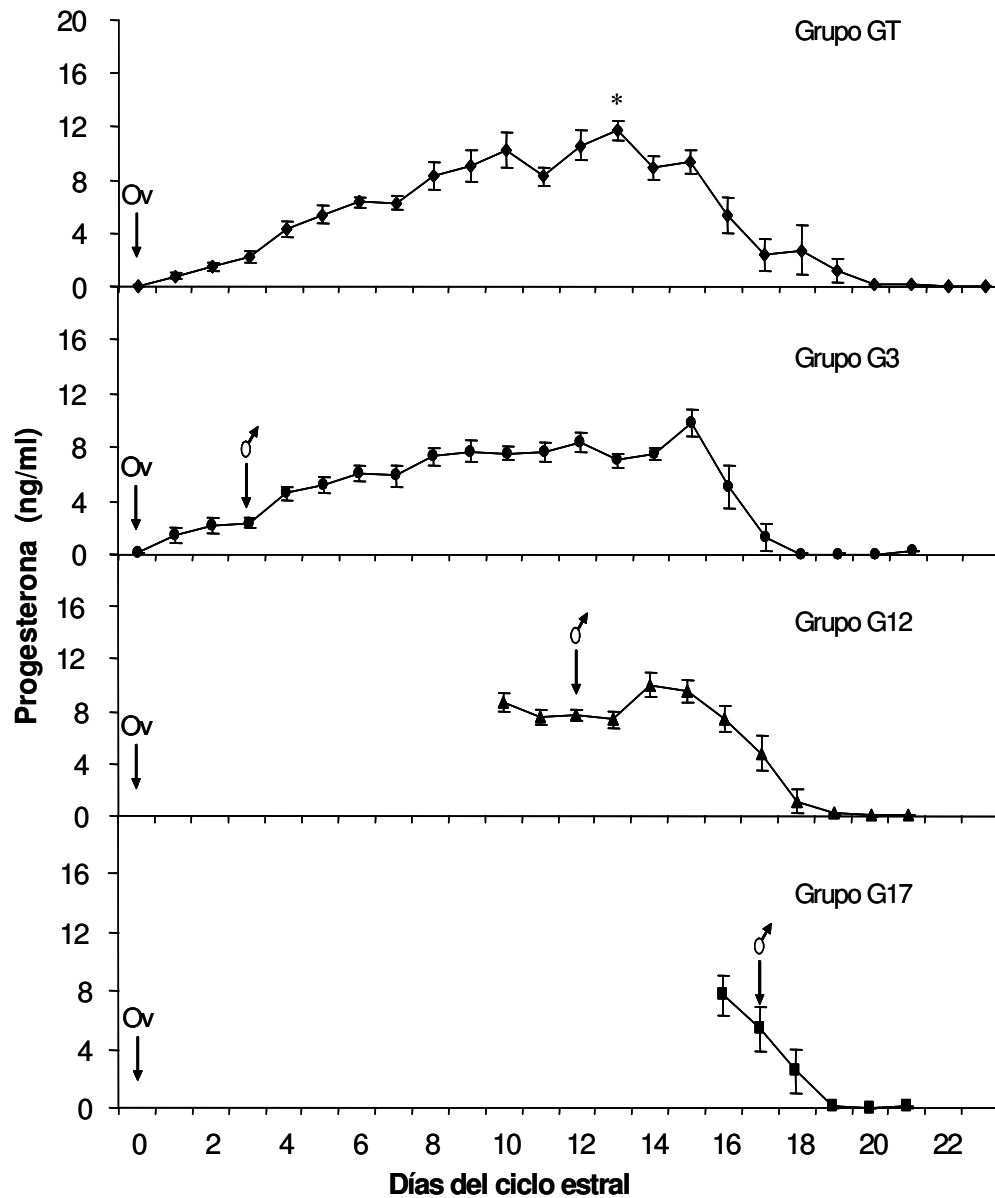


Figura 9. Perfiles promedio ( $\pm$  EEM) de la secreción de progesterona de los cuatro grupos de cabras cíclicas. La flecha con Ov en su parte superior indica el momento de la ovulación. La flecha con el signo de macho en la parte superior indica el día de la introducción de los machos en cada grupo. Los machos fueron puestos en contacto con las hembras el 29 de octubre. \* ( $P < 0.05$ )

## **5.2 Desarrollo folicular**

### **5.2.1 Número de oleadas foliculares**

En las Figuras 10 y 11 se muestra el crecimiento folicular de los grupos GT y G3, respectivamente. En el grupo GT, el 11.1% (1/9) de las hembras se registraron 3 oleadas foliculares, la mayoría (77.8 %; 7/9) registraron 4 oleadas foliculares y el 11.1 % (1/9) registró 5 oleadas. En el grupo G3, el 62 % (5/8) tuvieron 3 oleadas y el 37.5 % (3/5) tuvieron 4 oleadas .

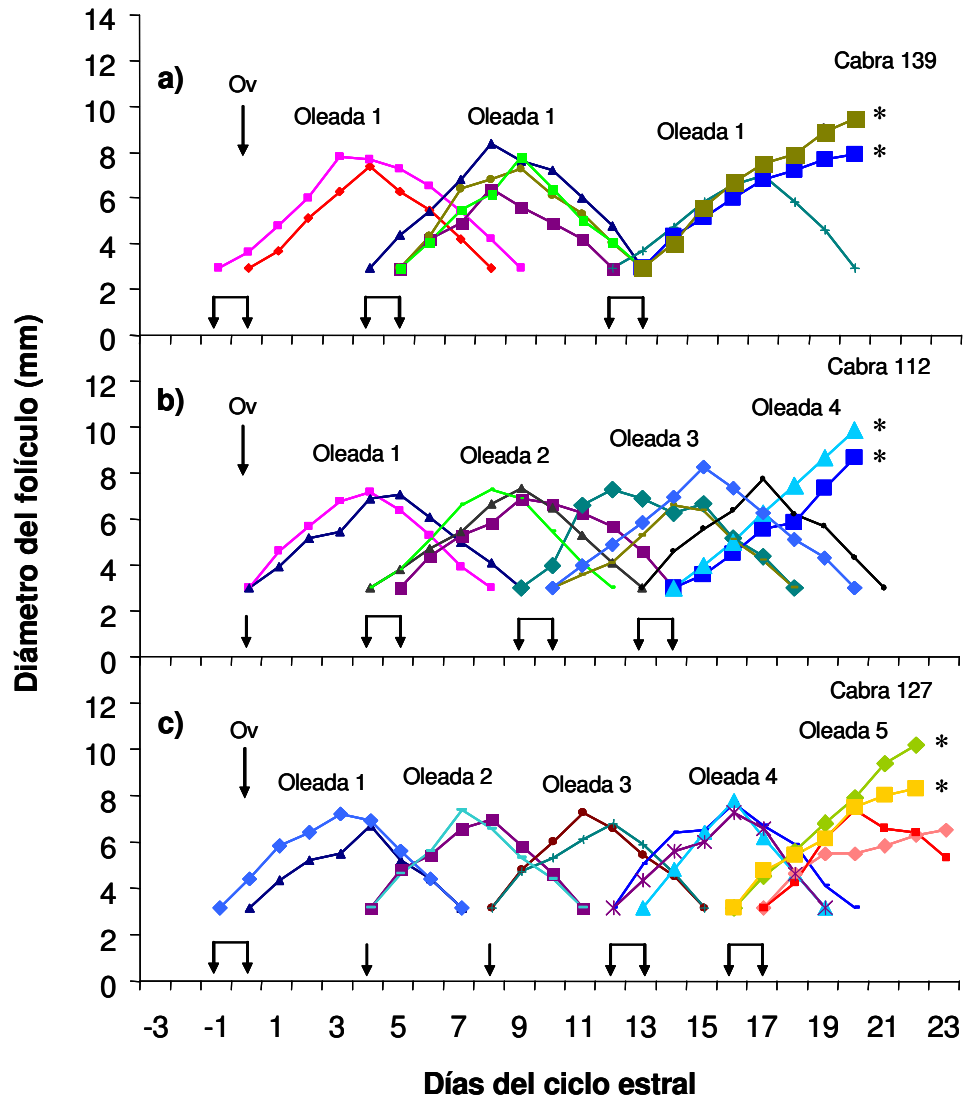


Figura 10. Patrón representativo de crecimiento y regresión de folículos durante un ciclo estral completo en tres cabras cíclicas del grupo GT. Hembras con: a) hembra con tres, b) cuatro y c) cinco oleadas foliculares. Las flechas indican la emergencia de oleadas, la flecha con Ov en la parte superior indica ovulación. \* = oleada ovulatoria.

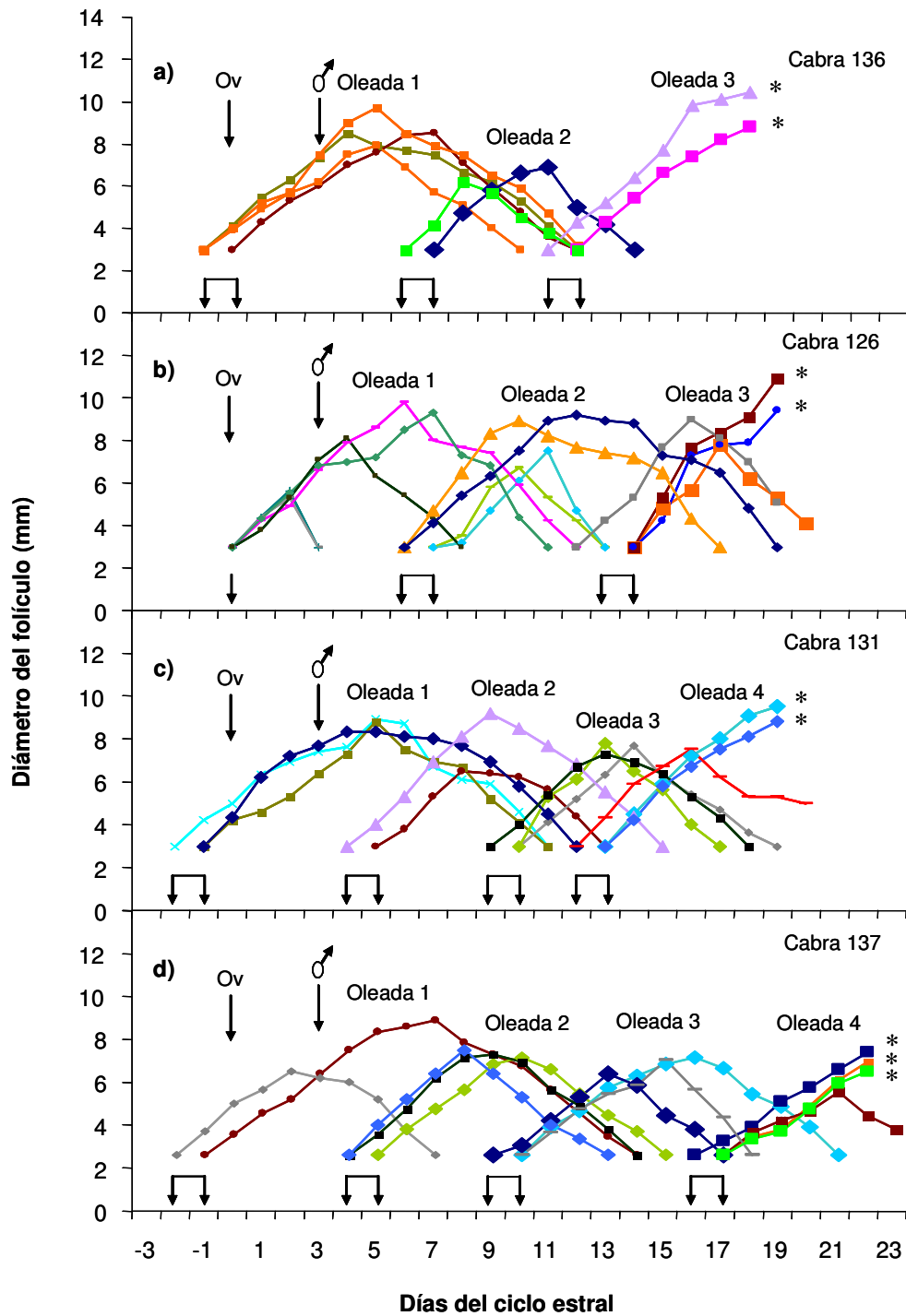


Figura 11. Patrón representativo de crecimiento y regresión de folículos en cuatro cabras del grupo G3 durante un ciclo estral. Hembras con: a) y b) tres oleadas, c) y d) cuatro oleadas foliculares. Las flechas indican la emergencia de oleadas, la flecha con Ov en la parte superior indica ovulación. La flecha con signo de macho indica día de introducción de macho. \* = oleada ovulatoria.

### **5.2.2 Duración de las oleadas foliculares**

La duración promedio ( $\pm$  EEM) de las oleadas del grupo GT se muestra en la tabla 2. En las hembras que registraron cuatro oleadas, la duración promedio de dichas oleadas foliculares fue diferente ( $P < 0.05$ ), siendo la oleada tres la más larga. En las hembras que registraron tres oleadas no existió diferencia ( $P > 0.05$ ) en la duración entre las oleadas, ni en la comparación con las de cuatro oleadas ( $P > 0.05$ ). Por otra parte, en las hembras con cinco oleadas, la duración de éstas es menor en relación con las de 3 y 4 oleadas ( $P < 0.05$ ).

En la comparación de las oleadas de los grupos GT y G3, el análisis reveló un efecto de la introducción del macho sobre la duración de la oleada ( $P < 0.05$ ). La duración de las oleadas fue diferente ( $P < 0.05$ ), sin importar si presentaron tres o cuatro oleadas siendo la oleada uno y dos del grupo G3 las de mayor duración.

Tabla 2. Duración y día de emergencia de las oleadas foliculares en las cabras Criollas cíclicas de la Comarca Lagunera de los grupos: a) Grupo GT; b) Grupo G3.

	Día de emergencia de la oleada folicular	Duración de la oleada (días)
<b>a) Grupo GT</b>		
Cabra con tres oleadas		
Oleada 1	1.0 ± 0.5	10.0 ± 0.1 <sup>b</sup>
Oleada 2	4.8 ± 0.3	9.0 ± 0.4 <sup>a</sup>
Oleada 3	12.7 ± 0.3	
Cabra con cuatro oleadas		
Oleada 1	0 ± 0.2	8.8 ± 0.5 <sup>a</sup>
Oleada 2	3.3 ± 0.2	9.6 ± 0.4 <sup>b</sup>
Oleada 3	8.4 ± 0.2	10.1 ± 0.3 <sup>b</sup>
Oleada 4	12.4 ± 0.3	
Cabra con cinco oleadas		
Oleada 1	-1.0 ± 0.5	8.5 ± 0.5 <sup>a</sup>
Oleada 2	4.0 ± 0.0	8.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
Oleada 3	8.0 ± 0.0	8.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
Oleada 4	12.3 ± 0.3	8.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
Oleada 5	16.5 ± 0.3	
<b>b) Grupo G3</b>		
Cabra con tres oleadas		
Oleada 1	0.0 ± 0.4	13.1 ± 0.5 <sup>d</sup>
Oleada 2	6.9 ± 0.4	10.1 ± 0.5 <sup>b</sup>
Oleada 3	12.5 ± 0.3	
Cabra con cuatro oleadas		
Oleada 1	-0.6 ± 0.4	12.3 ± 0.6 <sup>c</sup>
Oleada 2	4.1 ± 0.2	10.8 ± 0.5 <sup>b</sup>
Oleada 3	9.3 ± 0.	9.6 ± 0.1 <sup>b</sup>
Oleada 4	14.2 ± 0.3	

Literales distintas indican diferencia estadística (P < 0.05)

## VI. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que la introducción del macho al día 3, 12 ó 17 del ciclo estral, no tiene efecto sobre la duración del ciclo estral ni en la tasa ovulatoria de las cabras criollas Cíclicas de la Comarca Lagunera. Sin embargo, la introducción del macho al día tres del ciclo estral, modifica el crecimiento folicular y las características del cuerpo lúteo.

En efecto, la duración del ciclo estral de las hembras de este estudio fue similar a la reportada para esta especie en otras latitudes (Camp *et al.*, 1983; Llewelyn *et al.*, 1993; Orita *et al.*, 2000; Medan *et al.*, 2003; Simões *et al.*, 2006), y varía de 21 a 23 días. Sin embargo, nuestros resultados contrastan con lo reportado por Chemineau, (1983) quien observó que en las cabras Criollas de la Isla de Guadalupe en el caribe, el 65 % de las hembras cíclicas manifestaron actividad sexual en los siguientes 3 días después de la introducción de los machos. De igual modo, nuestros resultados contrastan con lo reportado por Skinner *et al.* (2002), en antílopes en los cuales la introducción de un macho durante la fase luteal del ciclo estral provocó una sincronización de la fase folicular en el 77.7 % (7/9) de las hembras después de dos ciclos estrales consecutivos. Sin embargo, en el trabajo de Chemineau (1983) no se investigó el efecto del macho en las cabras de manera individual, ni tampoco se verificó el estado folicular de los ovarios de esas hembras en



el periodo que precedió a la introducción de los machos. Es probable que en ese estudio, la sincronización de las cabras se diera antes de la introducción de los machos. De igual modo, en el trabajo de Skinner *et al.* (2002), las observaciones se basaron únicamente en perfiles hormonales y no realizaron un registro del crecimiento folicular y lúteal que mostraron las hembras antes y después de la introducción del macho. Por el contrario, en nuestro estudio, el ciclo estral de las hembras fue sincronizado mediante la aplicación de dos dosis de prostaglandinas y se investigó a las hembras individualmente a través de una ecografía transrectal diariamente, por lo cual se conocía el estado folicular de los ovarios antes y después de la introducción del macho. De esta manera, se pudo constatar que al menos durante un ciclo estral completo, la introducción del macho no modificó la duración del ciclo estral, independientemente si la introducción se realizó al día 3, 12 ó 17 del ciclo estral. Lo anterior se debió probablemente a tres factores no excluyentes entre si; Primero, es probable que el efecto de la introducción de un macho en un grupo de hembras cíclicas se registre a largo plazo, es decir después de 2 o 3 ciclos estrales como lo sugiere Skinner *et al.*, 2000. En efecto, en este estudio las observaciones se realizaron únicamente durante un ciclo estral y cuando las hembras manifestaron nuevamente estro fueron servidas y quedaron gestantes. Segundo, que el estímulo otorgado por un macho en cabras cíclicas no sea tan fuerte para provocar un efecto en la fisiología reproductiva de las hembras como el que se registra en las hembras anovulatorias durante el periodo del anestro donde está demostrado que la introducción de un macho estimula el

crecimiento folicular y la ovulación a los pocos días después del contacto (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2006). Tercero, el hecho que la actividad sexual de hembras en los 4 grupos fue sincronizada con prostaglandinas pudo influir en la respuesta de dichas hembras, es probable que si dichas cabras estuvieran en diferentes fases del ciclo estral dentro de un mismo grupo al momento de la introducción del macho, se hubiese registrado un efecto más evidente.

En lo que respecta a la tasa ovulatoria en el presente estudio fue similar en los cuatro grupos y concuerda con la reportada recientemente en las cabras Criollas de la Comarca Lagunera (1.9 y 2.2, respectivamente; DeSantiago *et al.*, 2005 y Luna-Orozco *et al.*, 2006). De igual forma, el tamaño del folículo ovulatorio no fue afectado por la introducción de los machos a los días 3, 12 y 17 días del ciclo estral y es similar al reportado por otras investigaciones en cabras (de Castro *et al.*, 1999; Medan *et al.*, 2003).

El tamaño del CL (mm) de los grupos GT, G12 y G17 fue similar a los reportado en cabras por otros autores (de Castro *et al.*, 1999; Medan *et al.*, 2003; Simões *et al.*, 2005). Sin embargo, en las hembras del grupo G3 el tamaño del cuerpo lúteo fue superior al registrado en las hembras de los otros grupos. En efecto, en el grupo G3 al momento de la introducción del macho el CL se encontraba en proceso de formación y era visible durante las ecografías. Después del contacto de las hembras con el macho, el CL tuvo un crecimiento acelerado debido, probablemente a un

aporte extra de LH que pudo ser producido por la introducción del macho, lo que estimuló y fortaleció dicho CL (Baird, 1992; McCracken *et al.*, 1999; Niswender *et al.*, 2000). Sin embargo, a pesar que el tamaño del cuerpo lúteo se incrementó, los niveles de progesterona no se modificaron, lo cual contrasta con lo reportado anteriormente por McCracken *et al.* (1999) y Niswender *et al.* (2000). En efecto, estos últimos autores, demostraron una correlación positiva entre el tamaño del CL y las concentraciones plasmáticas de P4; tanto, en células luteales *in vitro* después de una infusión de LH, como *in vivo*.

En lo relacionado al número de oleadas de los grupos GT y G3, nuestros resultados coinciden con lo reportado en cabras por otros autores (Ginther y Kot, 1994; de Castro *et al.*, 1999; Medan *et al.*, 2003; Simões *et al.*, 2006) en donde el número de oleadas foliculares durante un ciclo estral varía de dos a cinco. Sin embargo, en este estudio el 77.8 % de las hembras del GT presentaron cuatro oleadas mientras que la mayoría (62.5 %), de las hembras del G3 manifestaron tres oleadas. Esta diferencia en el número de las oleadas puede ser explicada por un mecanismo de dominancia folicular que se presenta en las cabras y que es más evidente en las oleadas 1 y 4 (Ginther y Kot, 1994). En efecto, en las hembras del G3 la duración de la oleada 1 fue mayor a la registrada en el grupo GT. Esta mayor duración podría ser atribuida a que la introducción del macho haya facilitado la dominancia folicular de uno o más folículos de esa oleada y que ésta dominancia aparentemente

retardó el desarrollo de nuevos folículos y por ende de la oleada siguiente (Ginther y Kot, 1994).

Esta es la primera ocasión en la cual a través de un estudio claro y mediante el uso ultrasonografía transrectal se demuestra que la introducción de un macho en un grupo de cabras cíclicas no tiene efecto en la duración del ciclo estral, así como en la tasa ovulatoria al menos durante un ciclo estral. Sin embargo, en el presente estudio las observaciones se realizaron únicamente durante un ciclo estral. Sería interesante realizar un estudio similar donde se realicen observaciones durante al menos 2-3 ciclos estrales consecutivos después de la introducción de los machos.

## **VII. CONCLUSIONES**

Los resultados del presente estudio permiten concluir que la introducción de un macho al día 3, 12 ó 17 del ciclo estral, no modifica la duración del ciclo estral, ni la tasa ovulatoria de las cabras Criollas cíclicas de la Comarca Lagunera. Sin embargo, sí la introducción del macho se realiza al día tres del ciclo estral, modifica las características del crecimiento folicular y del cuerpo lúteo.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Álvarez, L., Zarco, L. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet. Mex.* 32:117-129.
- Álvarez, L., Ducoing, A.E., 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. *Vet. Mex.* 30:25-31.
- Baird, D.T. 1992. Luteotropic control of the corpus luteum. *Anim. Reprod. Sci.* 28:95-102.
- Bronson, F.H. 1985. Mammalian Reproduction: An ecological perspective. *Biol. Reprod.* 32:1-26.
- Camp, J.C., Wildt, D.E., Howard, P.K., Stuart, L.D., Chakraborty, P.K. 1983. Ovarian activity during normal and abnormal length estrous cycles in the goat. *Biol. Reprod.* 28:673-681.
- Chemineau, P. 1983. Effects on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the year. *J. Reprod. Fertil.* 67:65-72.
- Chemineau, P., Normant, E., Ravault, J.P., Thimonier, J. 1986. Induction and persistence of pituitary and ovarian activity in the out-of-season lactating dairy goat after a treatment combining a skeleton photoperiod, melatonina and the male effect. *J. Reprod. Fertil.* 78:497-504.
- Chemineau, P., Delgadillo, J.A. 1993. Neuroendocrinología de la reproducción en el caprino. *Rev. Cient. FCV-LUZ.* 3:113-121.
- Claus, R., Over, R., Denhnhard, M. 1990. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Anim. Reprod. Sci.* 22:27-38.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2005. Subdelegación región Laguna. Registros de archivos.
- de Castro, T., Rubianes, E., Menchaca, A., Rivero, A. 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterona concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology.* 52:399-411.
- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaune, D., Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of

food availability in male Creole goats in subtropical northern México. *Theriogenology*. 52:727-737.

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. *J. Anim. Sci.* 80:2780-2786.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Veliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpoux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. Mex.* 34:69-79.

Delgadillo J.A., Fitz-Rodríguez G, Duarte G, Véliz FG, Carrillo E, Flores JA, Vielma J, Hernández HF, Malpoux B. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:1-8.

Delgadillo, J.A. 2005. Inseminación artificial en caprinos. Ed. Trillas. México. pp 25.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Veliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H., Fernández, I. 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod. Nutr. Dev.* 46:391-400.

DeSantiago-Miramontes, M.A., Véliz, F.G., Rivas-Muños, R., Delgadillo, J.A. 2005. La condición corporal afecta el comportamiento estral y la tasa ovulatoria de las cabras Criollas del norte de México. *Memorias de la XX Reunión Nacional sobre Caprinocultura*. Culiacán, Sinaloa, México. 425-428.

Duarte, G. 2000. Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas de la Comarca Lagunera (tesis de Doctorado). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México DF. pp .

Eppig, J.J. 2001. Oocyte control of ovarian follicular development and function in mammals. *Reproduction*. 122:829-838.

Evans, A.C.O. 2003a. Characteristic of ovarian follicle development in domestic animals. *Reprod. Dom. Anim.* 38:240-246.

Evans, A.C.O. 2003b. Ovarian follicle growth and consequences for fertility in sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 78:289-306.

Evans, A.C.O., Duffy, P., Crosby, T.F., Hawken, P.A.R., Boland, M.P. Beard, A.P. 2004. Effect of ram exposure at the end of progestagen

treatment on estrus synchronisation and fertility during the breeding season in ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 84:349-358.

- Flores, J.A., Veliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62:1409-1414.
- Girard, L. 1813. Moyens employés avec succès, par M. Morel de Vindé, Membre de la Société d'Agriculture de Seine et Oise, pour obtenir, dans le temps le plus court possible, la fécondation du plus grand nombre des brebis portières d'un troupeau. *Ephémérides de la Société d'Agriculture du Département de l'Indre pour l'An 1813* Séance du 5 September, VIII Cahier, Château-Roux, Département de l'Indre, VII, 66-68.
- Ginther, O.J., Kot, K. 1994. Follicular dynamics during the ovulatory season in goats. *Theriogenology.* 42:987-1001.
- Gonzalez, R., Orgeur, P., Signoret, J.P. 1988a. Luteinizing hormone, testosterone and cortisol responses in rams upon presentation of estrous females in the nonbreeding season. *Theriogenology.* 30:1075-1085.
- Gonzalez, R., Poindron, P., Signoret, J.P. 1988b. Temporal variation in LH and testosterone response of rams after the introduction of oestrous females during the breeding season. *J. Reprod. Fert.* 83:201-208.
- Goodman, R.L. 1994. Neuroendocrine control of the ovine estrous cycle. In *Physiology of reproduction*. Knobil, E., Neil, J.D. (eds). Second edition. Raven Press, Ltd. New York. 1994.
- Iwata, E., Kikusui, T., Takeuchi Y., Mori Y. 2003. Substances derived from 4-Ethyl octanoic acid account for primer pheromone activity for the "male effect" in goats. *J. Vet. Med. Sci.* 65:1019-1021.
- Karsch, F.J., Legan, S.J., Ryan, K.D., Foster, D.L. 1980. Importance of estradiol and progesterone in regulating LH secretion and estrous behavior during the sheep estrous cycle. *Biol. Reprod.* 23:404-413.
- Leboeuf, B., Forgerit, Y., Bernelas, D., Pougard, J.L., Senty, E., Driancourt, M.A. 2003. Efficacy of two types of vaginal sponges to control onset of oestrus, time of preovulatory LH peak and kidding rate in goats inseminated with variable number of spermatozoa. *Theriogenology.* 60:1371-1378.



- Lassoued, N., Naouali, M., Khaldi, G., Rekik, M. 2004. Influence of the permanent presence of rams on the resumption of sexual activity in postpartum Barbarine ewes. *Small. Rumin. Res.* 54:25-31.
- Lyndsay, D.R. 1995. The role of management in the control of the estrous cycles. *Proceeding conference. Reproduction and animal breeding: advances and strategy.* Milan, Italia. 251-263.
- Llewelyn, C.A., Ogaa, J.S., Obwolo, M.J. 1993. Plasma progesterone profiles and variation in cyclic ovarian activity throughout the year in indigenous goats in Zimbabwe. *30:301-311.*
- Lucidi, P., Barboni, B., Mattioli, M. 2001. Ram-induced ovulation to improve artificial insemination efficiency with frozen semen in sheep. *Theriogenology.* 55:1797-1805.
- Luna-Orozco, J.R., Zamudio, O., Vázquez, E., Flores, J.A., Hernández, H., Delgadillo, J.A., Fernández, I. 2006. Sexual response of nulliparous and multiparous goats submitted to the male effect. *Reprod. Dom. Anim.* 41:375. Abstract.
- Malpoux, B., Chemineau, P., Pelletier, P. 1993. Melatonin and reproduction in sheep and goats. In *Melatonin: biosynthesis, physiological effect and clinical application*, Yu H.S., Reiter R.S. (Eds), Boca Raton, F.L. CRC Pres. 253-287.
- Martin, G.B., Scaramuzzi, R.J., Lindsay, D.R. 1983. The effect of the introduction of rams during the anoestrous season on the pulsatile secretion of LH in ovariectomized ewes. *J. Reprod. Fertil.* 67:47-55.
- Martin, G.B., Oldham, C.M., Cognié, Y., Pearce, D.T. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams: a review. *Livestock Prod. Sci.* 15:219-247.
- Martin, G.B., 2002. Socio-sexual signal and reproduction in mammals: an overview. *Curso internacional sobre feromonas y bioestimulación sexual.* F.M.V.Z. U.N.A.M. México. D.F. pp 11-28.
- McCracken, J.A., Custer, E.E., Lamsa, J.C. 1999. luteolysis: a neuroendocrine-mediated event. *Physiological reviews.* 79:1-62.
- Medan, M.S., Watabe, B., Sasaki, K., Sharawy, S., Groome, N.P., Taya, K. 2003. Ovarian dynamics and their association with peripheral concentration of gonadotropins, ovarian steroids, and inhibin during the estrous cycle in goats. *Biol. Reprod.* 69:57-63.
- Mellado, M., Cárdenas, C., Ruiz F. 2000. Mating behavior of bucks and does in goat operations under range conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 67:89-96.

- Menchaca, A., Rubianes, E. 2004. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:403-413
- Menchaca, A., Miller, V., Gil, J., Pinczak, A., Laca, M., Rubianes, E. 2004. Prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  treatment associated with timed artificial insemination in ewes. *Reprod. Dom. Anim.* 39:1-4.
- Ngere, L.O., Dzakuma, J.M. 1975. The effect of sudden introduction of rams on oestrus pattern of tropical ewes. *J. Agric. Sci. Camb.* 84:263-264.
- Niswender, G.D., Juengel, J.C., Silva, P.J., Rollyson, M.K., McIntush, E.W. 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiological reviews.* 80(1):1-29.
- O'Callaghan, D., Donovan, A., Sunderland, S.J. Boland, M.P., Roche, J.F. 1994. Effects of the presence of male and female flockmates on reproductive activity in ewes. *J. Reprod. Fertil.* 100:497-503.
- Orita, J., Tanaka, T., Kamomae, H., Kaneda, Y. 2000. Ultrasonographic observation of follicular and luteal dynamics during the estrous cycle in Shiba goats. *J. Reprod. Dev.* 46:31-37.
- Ott, R.S., Nelson, D.R., Hixon, J.E. 1980. Effect of presence of the male on initiation of estrous cycle activity of goats. *Theriogenology.* 13:183-190.
- Pearce, D.T., Oldham, C.M. 1983. Ram effect in the breeding season. En *Proceedings of the 15th Annual Conference of the Australian Society for Reproductive Biology.* Camberra, Australia. Septiembre. pp 49. Abstract.
- Pearce, D.T. y Oldham, C.M. 1988. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J. Reprod. Fertil.* 84:333-339.
- Poindron, P., Cognié, Y., Gayerie, F., Orgeur, P., Oldham, C.M., Ravault, J.P. 1980. Changes in gonadotropins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol. Behav.* 25:227-236.
- Restall, B.J. 1992a. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27:305-318.
- Restall, B.J. 1992b. The male effect in goats. V *International Conference on Goats. Pre-conference proceedings invited papers.* New Delhi, India. 2:322-330.

- Restall, B.J., Restall, H., Walkden-Brown, S.W. 1995. The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrus females. *Anim. Reprod. Sci.* 40:299-303.
- Rivera, G.M., Alanis, G.A., Chaves, M.A., Ferrero, S.B., Morello, H.H. 2002. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Rumin. Res.* 48:109-117.
- Rosa, H.J.D., Bryant, M. J. 2002. The "ram effect" as a way of modifying the reproductive activity in the ewe: a review. *Small. Rumin. Res.* 45:1-16.
- Rubianes, E., Menchaca, A. 2003. The pattern and manipulation of ovarian follicular growth in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 78: 271-287.
- Scaramuzzi, R.J., Adams, N.R., Bair, D.T., Campbell, B.K., Downing, J.A., Findlay, J.K., Henderson, K.M., Martin, G.B., McNatty, K.P., McNeilly, A.S., Tsonis, C.G. 1993. A model for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. *Reprod. Fertil. Dev.* 5:459-78.
- Shelton, M. 1980. Goats: influence of various exteroceptive factors on initiation of estrus and ovulation. *International Goat and Sheep Research.* 1:156-162.
- Skinner, D.C. Cillier, S.D. Skinner, J.D. 2002. Effect of ram introduction on the oestrous cycle of springbok ewes (*Antidorcas marsupialis*). *Reproduction.* 124:509-513.
- Signoret, J.P. y Lindsay, D.R. 1982. The male effect in domestic mammals: effect on LH secretion and ovulation: importance of olfactory cues. In: *Olfaction and Endocrine Regulation*. Ed W. Breipohl. IRL press, London, UK. pp 63-72.
- Simões, J., Potes, J., Azevedo, J., Almeida, J.C., Fontes, P., Baril, G., Mascareñas, R. 2005. Morphometry of ovarian structures by transrectal ultrasonography in serrana goats. *Anim. Reprod. Sci.* 85:263-273.
- Simões, J., Almeida, J.C., Valentim, R., Baril., Azevedo, J., Fontes, P., Mascarenhas, R. 2006. Follicular dynamics in Serrana goats. *Anim. Reprod. Sci.* 95:16-26.
- Singh, J., Adams, G.P., Pierson, R.A. 2003. Promise of new imaging technologies for assessing ovarian function. *Anim. Reprod. Sci.* 78:371-399.
- Smith, M.J., Jennes, L. 2001. Neural signals that regulate GnRH neurons directly during the oestrous cycle. *Reproduction.* 122:1-10.

- Underwood, E.J., Shier, F.L., Davenport, N. 1944. Studies in sheep industry in Western Australia. V. The breeding season of Merino crossbred and British breed in the agricultural districts. *J. Dep. Agric. West. Aust.* 11:135-143.
- Ungerfeld, R., Suárez, G., Carbajal, B., Silva, L., Laca, M., Forsberg, M., Rubianes, E. 2003. Medroxyprogesterone priming and response to the ram effect in Corriedale ewes during the non-breeding season. *Theriogenology*. 60:35-45.
- Ungerfeld, R., Forsberg, M., Rubianes, E. 2004. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reprod. Fertil. Dev.* 16 :479-490.
- Véliz, F.G., Moreno, S., Duarte, G., Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2002. Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 72:197-207.
- Walkden-Brown S.W., Restall, B.J., Henniawati R. 1993a. The male effect in the Australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 32:69-84
- Walkden-Brown S.W., Restall, B.J., Henniawati R. 1993b. The male effect in the Australian cashmere goat. 2. Role of olfactory cues from the male. *Anim. Reprod. Sci.* 32:55-67.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B. 1994a. Effect of nutrition on seasonal pattern of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *J. Reprod. Fertil.* 102:351-360.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J. 1994b. The "female Effect" in Australian cashmere goats: effect of season and quality of diet on the LH and testosterone response of bucks to oestrus does. *J. Reprod. Fertil.* 100: 521-531.
- Walkden-Brown, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 52:243-257.
- Yildiz, S., Saatci, M., Uzun, M., Güven, B. 2003. Effects of ram introduction after the second Prostaglandin F2 $\alpha$  injection on day 11 on the LH surge characteristic in Fat-Tailed ewes. *Reprod. Dom. Anim.* 38:54-57.