

LOS MACHOS CABRÍOS DE LA COMARCA LAGUNERA  
SEXUALMENTE ACTIVOS INDUCEN MEJOR LA ACTIVIDAD  
SEXUAL DE LAS HEMBRAS EN ANESTRO ESTACIONAL,  
MEDIANTE EL EFECTO MACHO, QUE LOS MACHOS EN  
REPOSO SEXUAL.

FRANCISCO GERARDO VELIZ DERAS

# TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN REPRODUCCION  
ANIMAL



Universidad Autónoma Agraria "AntonioNarro"  
Unidad Laguna - Subdirección de Postgrado.  
Torreón Coahuila, noviembre de 1999.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

LOS MACHOS CABRÍOS CRIOLLOS DE LA COMARCA LAGUNERA  
SEXUALMENTE ACTIVOS INDUCEN MEJOR LA ACTIVIDAD SEXUAL DE  
LAS HEMBRAS EN ANESTRO ESTACIONAL, MEDIANTE EL "EFECTO  
MACHO", QUE LOS MACHOS EN REPOSO SEXUAL

TESIS

POR

FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada  
como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN REPRODUCCIÓN ANIMAL

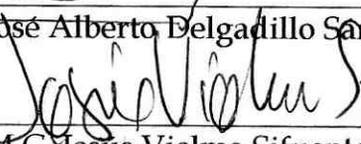
COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

Asesor principal:



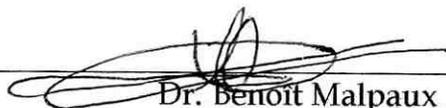
Dr. José Alberto Delgadillo Sanchez

Asesor:



M.C. Jesús Vielma Sifuentes

Asesor:



Dr. Benoît Malpaux



Dr. Raúl Villegas Vizcaino  
Jefe del Departamento de Postgrado

Dr. Ramiro López Trujillo  
Subdirector del Postgrado  
Torreón, Coahuila. Noviembre de 1999

# DEDICATORIAS

**A DIOS NUESTRO SEÑOR**

**A MIS PADRES:**

FRANCISCO VÉLIZ GONZÁLEZ  
ELVA ROSALIA DERAS DE VÉLIZ

**A MI ESPOSA E HIJO:**

DORA BEATRIZ ROMERO DE VÉLIZ  
FRANCISCO GERARDO VÉLIZ ROMERO

**A MIS HERMANOS:**

MARÍA DE JESUS VÉLIZ DERAS  
RAFAEL VÉLIZ DERAS  
FLOR VIOLETA VÉLIZ DERAS

**A MI TÍO:**

GUADALUPE VÉLIZ ARREOLA

A todos ellos por su gran cariño que me tienen y su gran apoyo incondicional que siempre me han brindado para poder lograr mis metas.

## AGRADECIMIENTOS

Especialmente al Dr. J. Alberto Delgadillo Sánchez, por su gran apoyo y dedicación para la realización de la presente investigación.

A los Drs. Benoît Malpoux y Dr. Philippe Chemineau por su apoyo en la asesoría y valorización de las determinaciones hormonales de la presente investigación.

Al Dr. Pascal Pondroin y al M.C. Jesús Vielma Sifuentes por su apoyo en la asesoría en la presente investigación.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U-L, por su gran hospitalidad durante el transcurso de la investigación y el periodo de estudio, así como también a mis maestros que me brindaron conocimientos científicos y sus experiencias.

Al programa CONACyT-SIREYES (970401020) y a la Fundación Internacional para la Ciencia (B/2071-3F) (Estocolmo, Suecia) por los recursos facilitados para la investigación.

A la Sra. Esther Peña, secretaria del postgrado y a la Srita. Dolores López, secretaria del departamento de producción animal, por el apoyo que me brindaron durante todo el periodo de estudio.

A mis compañeros de investigación especialmente a M.C. José Alfredo Flores Cabrales, por su gran apoyo y por compartir sus conocimientos, además a Carlos Yescas y Juana Aguilar, por su apoyo y amistad durante el periodo de estudio.

A mis compañeros de estudio, Héctor Felipe Hernández Ortega, Candelario Guzmán Aguilar, Juan Ramón Luna Orozco y José Antonio Pérez Villanueva.

A SEDESOL Durango, y especialmente a su delegado estatal Lic. Luis Fernando Gorgón por las facilidades recibidas para terminar la maestría.

A los caprinocultores Demetrio Merlín y A. Sandoval, por facilitar las hembras utilizados en la investigación.

# COMPENDIO

Los machos cabríos de la Comarca Lagunera, sexualmente activos inducen mejor la actividad sexual de las hembras en anestro estacional mediante el “efecto macho”, que los machos en reposo sexual

POR

FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS.

MAESTRÍA EN CIENCIAS

REPRODUCCIÓN ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

TORREÓN COAHUILA, NOVIEMBRE 1999

DR. J. ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ – ASESOR

**Palabras claves:** Cabras, anestro estacional, efecto macho, fotoperíodo, subtrópicos

El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar si los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera, en los cuales se indujo una intensa actividad sexual durante el periodo natural de reposo sexual, mediante

un tratamiento de luz más melatonina, inducen mejor la actividad sexual de las hembras en anestro estacional, mediante el “efecto macho”, que los machos no tratados que se encuentran en reposo sexual.

El comportamiento sexual de los machos cabríos del grupo DL+M determinado por las montas, los intentos de montas, las aproximaciones y los olfateos ano-genitales, fue más intenso que el de los machos del grupo GT ( $P < 0.0001$ , para todas las variables).

El 100% (40/40) de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M manifestó al menos un primer estro y una ovulación en los primeros 11 días después de la introducción de éstos. Contrariamente a esto, ninguna hembra puesta en contacto con los machos del grupo GT manifestó actividad estral durante el periodo de observación ( $P < 0.0001$ ). Sólo en el 5% (2/34) de las hembras se detectó una ovulación y un cuerpo lúteo de corta duración sin estro. La tasa de concepción de las hembras puestas en contacto con el grupo DL+M fue de 95% (38/40). De las hembras que quedaron gestantes a los 21 días, sólo parió el 63.2% (24/38). La prolificidad fue de  $2.0 \pm 0.1$  crías. En cambio, la tasa de concepción de las hembras en contacto con el GT fue de 0% (0/34) a los 21 días ( $P < 0.0001$ ).

Los resultados anteriores permiten concluir que los machos sexualmente activos gracias a un tratamiento de días largos y melatonina, inducen una mejor

respuesta de las hembras al efecto macho que los machos testigos, que se encuentran en reposo sexual.

# ABSTRACT

In the region of the Comarca Lagunera sexually active male goats are more efficient to induce sexual activity in seasonally anestrous female goats by the "male effect", than males in sexual rest.

BY

FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL REPRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

TORREÓN COAHUILA, NOVIEMBRE 1999

DR. J. ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ – ASSESSOR

**Key Words** goats, seasonal anestrous, male effect, photoperiod, subtropics

The present study was carried out to determine if Creole male goats in the Comarca Lagunera region (26°N) treated with long days and melatonin to

induce a high sexual activity during the natural sexual rest period, induce more efficiently sexual activity in female goat during seasonal anestrus by the "male effect" than non treated bucks.

The sexual behavior of the bucks in the LD+M group determined by the frequency of mounts, mounts intents, nudging and ano-genital nosings, was more intense than that of male goats of the C group ( $P < 0.001$  for all variables).

Hundred per cent (40/40) of the female goats put in contact with LD+M males showed at least one estrous and one ovulation during the first eleven days after introduction of the males. By contrast, no females in contact with C bucks showed estrous activity during the same period of observation ( $P < 0.001$ ). Ovulation was detected in only 5% (2/34) of the females and in both cases was followed by a corpus luteum of short duration and no further estrous. The conception rate of the female goats maintained with LD+M bucks was 95% (38/40). Of the females diagnosed pregnant on day 21, only 63.2% (24/38) gave birth and the prolificity was  $2.0 \pm 0.1$  kids. In the group of females with C bucks the conception rate on day 21 was 0% (0/34) ( $P < 0.001$ ).

The present results allow to conclude that male goats induced to be sexually active by long days + melatonin treatment (LD+M), induce a better response of female goats to the "male effect" than control males in sexual rest.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Páginas</b>
Índice de figuras.....	xiii
 <b>Capítulo 1</b>	
Introducción.....	1
Objetivo.....	5
Hipótesis.....	5
 <b>Capítulo 2</b>	
Revisión de literatura.....	6
2.1 Variaciones estacionales de la actividad reproductiva de los caprinos y ovinos de las zonas templadas.....	6
2.2 Zonas subtropicales.....	7
2.3 Problemática de la estacionalidad reproductiva en la Comarca Lagunera.....	10
2.4 Control reproductivo de ovinos y caprinos.....	10
2.4.1 Control reproductivo en los machos.....	11
2.4.2 Control reproductivo en las hembras.....	12
2.4.2.1 Esponjas vaginales.....	12
2.4.2.2 Tratamientos fotoperiódicos.....	12
2.4.2.3 Efecto macho.....	13
 <b>Capítulo 3</b>	
Materiales y métodos.....	17
3.1 Localización del experimento.....	17
3.2 Animales experimentales.....	19
3.2.1 Machos.....	19



## Capítulo 4

Resultados .....	33
4.1 Machos .....	33
4.1.1 Melatonina .....	33
4.1.2 Testosterona .....	35
4.1.3 Peso corporal .....	36
4.1.4 Peso testicular.....	37
4.1.5 Comportamiento sexual .....	38
4.2 Hembras.....	39
4.2.1 Peso corporal .....	39
4.2.2 Actividad estral y ovárica.....	40
4.2.3 Diferentes evoluciones plasmáticas de progesterona de los cuerpos luteos .....	46
4.2.4 Concepción a los 25 días, fertilidad al parto, duración de la gestación y prolificidad .....	49

## Capítulo 5

Discusión.....	50
----------------	----

## Capítulo 6

Conclusiones.....	55
-------------------	----

## Capítulo 7

Resumen.....	56
--------------	----

## Capítulo 8

Literatura citada.....	60
------------------------	----

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras		Páginas
<b>Capítulo 3</b>		
1	Temperaturas máximas y mínimas registradas semanalmente durante el estudio.	18
2	Variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera situada a la latitud de 26° N y 103° longitud.	18
3	Tratamientos fotoperiódicos de los machos cabríos Criollos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (GT) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (DL+M).	21
<b>Capítulo 4</b>		
1	Concentración plasmática de melatonina (promedio $\pm$ s.e.m.) de los machos del GT (O), y machos del grupo DL+M (●) el 21 de noviembre (arriba) y el 29 de diciembre de 1997 (abajo).	34
2	Evolución de la concentración plasmática de testosterona (promedio $\pm$ s.e.m.) de los machos cabríos Criollos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●). *P<0.05.	35
3	Evolución del peso corporal (promedio $\pm$ s.e.m.) de los machos cabríos Criollos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●).	36
4	Evolución del peso testicular (promedio $\pm$ s.e.m.) de los machos cabríos Criollos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●).	37

- 5 Comportamiento sexual de los machos de los grupos GT (□) y DL+M (■), registrado en 2 horas diarias de observación durante los primeros 5 días después de la introducción de éstos en los dos grupos de hembras. \*\*\*P<0.0001. 38
- 6 Evolución del peso corporal (promedio ± s.e.m.) de las cabras Criollas de los grupos en contacto con machos del grupo GT (○) o con machos del DL+M (●) durante el tiempo del experimento 39
- 7 Porcentaje de hembras que manifestaron un primer estro (●), y las que manifestaron un segundo estro (◆), después de la introducción de los machos cabríos del grupo DL+M. Ninguna hembra puesta en contacto con los machos del grupo GT fue detectada en estro (○). 41
- 8 Porcentaje de hembras que manifestaron una primera ovulación antes de presentar un estro (●), después de la introducción de machos cabríos del grupo DL+M y porcentaje de hembras que estuvieron en contacto con los machos del GT que manifestaron una ovulación sin estro (○). 41
- 9 Porcentaje de hembras que manifestaron un primer estro con ovulación (●), y las que manifestaron un segundo estro con ovulación (◆), después de la introducción de los machos cabríos del grupo DL+M. 42
- 10 Porcentaje de hembras que manifestaron un primer estro sin ovulación (●), después de la introducción de los machos cabríos del grupo DL+M. 42
- 11 Actividad estral (\*) y nivel plasmático de progesterona (●) de una hembra que tuvo contacto con machos del grupo DL+M. El primer estro fue acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de corta duración. Después se presentó un segundo estro acompañado de una ovulación y cuerpo lúteo de duración normal. 43
- 12 Actividad estral (\*) y nivel plasmático de progesterona (●) de una hembra que tuvo contacto con machos del grupo DL+M. El estro fue acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de duración normal. 44

- 13 Actividad estral (\*) y nivel plasmático de progesterona (●) de una hembra que tuvo contacto con machos del grupo DL+M. La primera ovulación fue acompañada de un cuerpo lúteo de duración corta sin estro. Después se presentó un primer estro que fue acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de duración normal 45
- 14 Actividad estral (\*) y nivel plasmático de progesterona (●) de una hembra que tuvo contacto con machos del grupo DL+M. El primer estro fue acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de duración corta. Después presentó un segundo estro acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de duración normal, después presentó un tercer estro acompañado de una ovulación. 46
- 15 Nivel plasmático de progesterona (\*) de una hembra que presentó un ciclo ovárico de duración normal y un estro (●). 47
- 16 Nivel plasmático de progesterona (●) de dos hembras que presentaron un ciclo ovulatorio corto con un nivel de máximo de 2.3 (arriba) y 0.5 ng/ml (abajo). 48

# APÉNDICE

## Páginas

- A Evolución de la concentración plasmática de testosterona (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos cabríos Criollos utilizados en el efecto macho y sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●). 68
- B Evolución del peso corporal (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos cabríos Criollos utilizados en el efecto macho y sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●). 69
- C Evolución del peso testicular (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos cabríos Criollos utilizados en el efecto macho y sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●). 70

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

La caprinocultura en México es una de las actividades pecuarias más importantes. Las cabras representan un recurso natural pecuario de gran importancia, por su gran habilidad para desarrollarse en zonas inhóspitas como son las zonas semiáridas y áridas. En México estas zonas representan casi la mitad del territorio nacional. Los productores que explotan las cabras obtienen gran variedad de productos para autoconsumo (carne, cuero, leche y sus derivados). Además, obtienen ingresos extras para mejorar su economía familiar con la venta de la leche y el cabrito (Hoyos *et al.*, 1991; Romero-Paredes, 1998).

La Comarca Lagunera está situada en la parte suroeste del estado de Coahuila y al noreste del estado de Durango y queda comprendida entre los paralelos 24°05' y 26°54' de Latitud Norte, y cuenta con una superficie de 64,785.7 km<sup>2</sup>. El 83% del total de la superficie tiene temperatura anual promedio de 21°C con temperaturas extremas de 40°C y de -3°C a la sombra, con vientos dominantes con dirección Este, precipitación anual de 200.2 mm y evaporación total de 2,366.1 mm. En la Comarca Lagunera la población caprina

es estimada en más 400,000 cabezas, de las cuales 70% se encuentra en áreas marginadas (SAGAR, 1998). Su explotación se efectúa de manera estabulada, semiestabulada, pastoreo nómada y sedentario. De los cuatro sistemas mencionados, el más importante es el pastoreo sedentario ya que el 96% pertenecen a este sistema (Hoyos *et al.*, 1991).

En el subtrópico Mexicano, y particularmente en la Comarca Lagunera (26° N), se han observado variaciones importantes de la actividad de los caprinos (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991; Duarte *et al.*, 1999). Las hembras caprinas mantenidas en extensivo presentan un período de anestro de marzo a mayo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991), mientras que en los machos se observa un peso testicular bajo, indicativo de reposo sexual, de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1995, 1997). En los animales estabulados y alimentados adecuadamente, también se observaron variaciones en la actividad sexual de las hembras y de los machos (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 1999). En las hembras el período de anestro ocurrió de febrero a julio, mientras que en los machos el período de reposo sexual fue observado de enero a abril. Estos datos sugieren que en los caprinos de la Comarca Lagunera la alimentación no es el factor responsable de la estacionalidad reproductiva. Es posible que otro factor, como el fotoperíodo, sea el responsable de estas variaciones. Duarte *et al.* (1999) y Cortez *et al.* (1997) demostraron que los caprinos de la Comarca Lagunera son sensibles a las variaciones del fotoperíodo y es posible que este factor esté involucrado en el desarrollo del ciclo anual de reproducción de los caprinos en condiciones naturales.

La estacionalidad reproductiva provoca que tanto la producción de leche como de cabrito, se reduzca a ciertas épocas del año (Hoyos *et al.*, 1991). Esta estacionalidad ha dado como consecuencia graves problemas a los productores, ya que la mayor parte de sus ingresos dependen exclusivamente de la venta de leche y cabrito, lo que los lleva a que en unas épocas del año se vean gravemente reducidos sus ingresos.

En el norte de México (26° N), una de las técnicas que se ha utilizado para inducir una intensa actividad sexual de los machos cabríos Criollos durante el período de reposo sexual es la aplicación de 2.5 meses de días largos (16 horas luz) del primero de noviembre al quince de enero seguidos de la aplicación subcutánea de dos implantes de melatonina (días cortos) incrementando la libido, los niveles plasmáticos de testosterona, el peso testicular y la calidad espermática (Carrillo *et al.*, 1996, 1997, 1998). Estos machos podrían ser utilizados para inducir la actividad sexual de las hembras en anestro mediante un “efecto macho”. Este método consiste en la introducción de machos cabríos en un grupo de hembras anovulatorias, después de un período de completa separación (Chemineau, 1987).

En las razas que exhiben una moderada estacionalidad reproductiva como las ovejas Merino o las cabras Criollas de la Isla de Guadalupe, la introducción del macho induce y sincroniza la actividad sexual de éstas en cualquier época del año (Lindsay and Signoret, 1980; Chemineau, 1983). En cambio, la respuesta de las hembras al “efecto macho” es baja cuando se

encuentran en anestro profundo (% hembras ovulando), por lo que su uso es limitado solamente antes del comienzo de la estación reproductiva (Chemineau, 1987). El fracaso del “efecto macho” fuera de este período puede ser debido a la incapacidad de las hembras a responder durante el anestro, resultado de una refractariedad de las hembras al estímulo del macho. Sin embargo, esta falta de respuesta puede ser debida también a una inadecuada estimulación de las hembras por parte del macho, el cual se encuentra también en reposo sexual.

## **OBJETIVO**

El objetivo de la presente investigación fue el de determinar si los machos cabríos Criollos de Comarca Lagunera, en los cuales se indujo una intensa actividad sexual durante el período de reposo sexual, mediante un tratamiento de luz más melatonina, inducen mejor la actividad sexual de las hembras en anestro estacional, mediante el “efecto macho”, que los machos no tratados que se encuentran en reposo sexual.

## **HIPÓTESIS**

Los machos sexualmente activos inducen una mejor respuesta de las hembras al “efecto macho”, que los machos en reposo sexual.

# Capítulo 2

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **2.1 Variaciones estacionales de la actividad reproductiva de los caprinos y ovinos de las zonas templadas**

En la mayoría de los mamíferos de las zonas templadas, el período de reproducción es limitado a un tiempo específico del año, con la finalidad de que los partos se produzcan al final del invierno o principios de la primavera (Ortavant *et al.*, 1985). Así, las razas ovinas y caprinas de estas zonas, manifiestan variaciones estacionales en su actividad reproductiva (Yeates, 1949). En las hembras, el período de anestro que ocurre en primavera y verano, está asociado con la ausencia de ovulaciones, mientras que el período de actividad sexual en otoño e invierno, se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales y ovulatorios cada 16 - 18 días en las ovejas y cada 20 -21 días en las cabras (Thimonier y Mauléon, 1969; Chemineau *et al.*, 1992).

Los machos de las dos especies antes mencionadas presentan también variaciones estacionales de la actividad sexual (Lincoln, 1989). El período de actividad sexual se desarrolla durante el otoño e invierno, cuando la

secreción de LH y testosterona, el peso testicular y la producción espermática son elevados. En cambio, el período de reposo sexual, que se desarrolla durante la primavera y el verano, se caracteriza porque la secreción de LH y testosterona, el peso testicular y la producción espermática, son bajos (Lincoln y Short, 1980; Dacheaux *et al.*, 1981; Lincoln, 1989; Delgadillo *et al.*, 1991).

En las razas de ovinos y caprinos originarios de estas latitudes, el fotoperíodo es el principal factor del medio ambiente que controla la actividad reproductiva de estas especies, sincronizando un ritmo endógeno de reproducción (Howles *et al.*, 1982; Karsch *et al.*, 1989; Malpoux *et al.*, 1997).

## **2.2 Zonas subtropicales**

En las latitudes subtropicales (23 - 40° N), se ha demostrado que algunas razas originarias o adaptadas a estas latitudes muestran variaciones estacionales de su actividad reproductiva (Walkden-Brown y Restall, 1996; Delgadillo y Malpoux, 1996; Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 1999).

En las hembras caprinas de la raza Cashmere en Australia (29° S), la época de reproducción sexual se presenta de febrero a agosto (otoño-invierno), mientras el reposo sexual se observa de septiembre a enero (primavera-verano) (Restall *et al.*, 1991). En los machos de la misma raza, se han observado también variaciones estacionales de la LH, la testosterona, el peso testicular y la producción espermática. Asimismo, las glándulas sebáceas ubicadas

alrededor de los cuernos, que son estimuladas por la testosterona, presentan una estacionalidad en su actividad, provocando cambios en la intensidad del olor que desprenden los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Los valores promedio más bajos de las variables mencionadas se presentan durante la primavera y el verano (Restall *et al.*, 1991; Walkden-Brown *et al.*, 1994). En estas latitudes, la alimentación es considerada como un factor muy importante para el desarrollo del ciclo anual de reproducción de estas especies (Restall *et al.*, 1991; Walkden-Brown *et al.*, 1994). En los machos Cashmere de Australia (29° S, 153° E) sometidos a una subalimentación, la concentración de LH se incrementó, como consecuencia del inicio de la actividad sexual natural, después que en los machos alimentados adecuadamente, lo que sugiere que la alimentación es un modulador importante del ciclo reproductivo (Walkden-Brown *et al.*, 1994).

En el subtrópico Mexicano, y particularmente en la Comarca Lagunera (26° N), se han observado variaciones importantes de la actividad sexual de los caprinos (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991; Duarte *et al.*, 1999). En efecto, las hembras caprinas mantenidas en extensivo presentan un período de anestro sexual de marzo a mayo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991), mientras que en los machos se observa un peso testicular bajo, indicativo de reposo sexual, de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1995, 1997). Los períodos de anestro (hembras) y reposo sexual (machos) coinciden con la época de sequía, y por consiguiente, con una baja en la disponibilidad de alimento. Por ello, Sáenz-Escárcega *et al.* (1991) sugirieron que la alimentación era el factor responsable de las

variaciones de la actividad reproductiva de los caprinos de la Comarca Lagunera. Sin embargo, en los animales estabulados y alimentados adecuadamente, se observaron también variaciones estacionales en la actividad sexual de las hembras y de los machos (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 1999). En las hembras, el período de anestro ocurrió de febrero a julio, mientras que en los machos, el período de reposo sexual fue observado de enero a abril. Estos datos sugieren que en los caprinos de la Comarca Lagunera, la alimentación no es el factor responsable de la estacionalidad reproductiva. Es posible que otro factor, como el fotoperíodo, sea el responsable de estas variaciones. Para demostrar que la estacionalidad reproductiva es provocada por el fotoperíodo, Duarte *et al.* (1999) y Cortez *et al.* (1997) sometieron a hembras y machos, respectivamente, a un tratamiento fotoperiódico de tres meses de días largos alternados con tres meses de días cortos, durante dos años consecutivos. En las hembras, la actividad ovárica inició, en promedio, a los  $64 \pm 3$  días después de pasar de días largos a días cortos, y terminó, en promedio, a los  $38 \pm 4$  días después de pasar de días cortos a días largos. En los machos, el peso testicular se incrementó a la mitad de los días largos y alcanzó su máximo nivel a la mitad de los días cortos. Los resultados anteriores sugieren que los caprinos de la Comarca Lagunera son sensibles a las variaciones del fotoperíodo y que este factor está, posiblemente involucrado en el desarrollo del ciclo anual de reproducción de los caprinos en condiciones naturales.

### **2.3 Problemática de estacionalidad reproductiva en la Comarca Lagunera**

La estacionalidad reproductiva provoca que tanto la producción de leche como de carne, se reduzca a ciertas épocas del año (Hoyos *et al.*, 1991). En la Comarca Lagunera, esto ha ocasionado que el precio del cabrito varíe durante el año, disminuyendo entre un 30 y un 40% cuando los nacimientos se producen en septiembre y diciembre, respectivamente (Hoyos *et al.*, 1991). Aunque la leche no presenta estas variaciones en su precio, la estacionalidad genera graves problemas a los productores, ya que la mayor parte de sus ingresos dependen exclusivamente de la venta de este producto, lo que los lleva a que en una época del año se vean gravemente reducidos sus ingresos. Por ello es importante implementar técnicas de control reproductivo con el fin de que la reproducción del hato, y en consecuencia su producción, sean adecuadas a las necesidades de los productores y a las oportunidades de mercado .

### **2.4 Control reproductivo de ovinos y caprinos**

Algunos objetivos de las técnicas utilizadas para el control de la reproducción son los siguientes: en machos: inducir la actividad sexual a contra-estación; en hembras: inducir y sincronizar la actividad sexual durante el anestro estacional (Chemineau *et al.*, 1993; Delgadillo *et al.*, 1996).

En los machos, esta inducción ha sido a través de los tratamientos fotoperiódicos, mientras que en las hembras, se ha utilizado la combinación de las esponjas vaginales, la hormona Gonadotropina de Suero de Yegua Preñada (eCG) y prostaglandinas, los tratamientos fotoperiódicos y el efecto macho, entre otros.

#### **2.4.1 Control reproductivo en los machos**

Dado que no existe ninguna duración del día que estimule o inhiba la actividad sexual de manera continua (Howles *et al.*, 1982; Karsch *et al.*, 1989), es necesario la alternancia de días largos y días cortos para poder manipular la actividad sexual de los machos. Los días cortos o decrecientes estimulan la actividad sexual, mientras que los días largos o crecientes, la inhiben (Ortavan *et al.*, 1985; Chemineau *et al.*, 1992). Los días largos pueden ser proporcionados con luz artificial en cámaras fotoperiódicas o combinando la luz artificial con luz natural, en instalaciones abiertas (Chemineau *et al.*, 1988). Los días cortos pueden ser artificiales (en edificios oscuros) o imitados con una administración de melatonina, hormona que da una señal de días cortos (Staples *et al.*, 1991; Chemineau *et al.*, 1993). Esta hormona puede ser administrada a través de implantes subcutáneos (Chemineau *et al.*, 1988, 1993).

En el norte de México (26° N), la utilización de 2.5 meses de días largos (16 horas luz) del primero de noviembre al quince de enero seguidos de

la aplicación subcutánea de 2 implantes de melatonina (días cortos) durante el período de reposos sexual, ha permitido inducir una intensa actividad sexual de los machos cabríos Criollos incrementando la libido, los niveles plasmáticos de testosterona, el peso testicular y la calidad espermática (Carrillo *et al.*, 1996, 1997, 1998).

## **2.4.2 Control reproductivo en hembras**

### **2.4.2.1 Esponjas vaginales**

Se ha utilizado la aplicación de esponjas vaginales impregnadas de 45 mg de acetato de fluorogestona durante 9 – 11 días, combinadas con la administración intramuscular de eCG y prostaglandinas, 48 horas antes de retirar las esponjas, permite inducir y sincronizar la actividad sexual durante el anestro estacional (Corteel *et al.*, 1988). Sin embargo, la continua utilización de la eCG produce anticuerpos anti eCG, reduciendo la respuesta ovárica (Roy *et al.*, 1999).

### **2.4.2.2 Tratamiento fotoperiódicos**

Otro método utilizado en las hembras caprinas y ovinas para inducir la actividad sexual son los tratamientos fotoperiódicos (Chemineau *et al.*, 1988). En las cabras Alpinas y Saanen, y en las ovejas Ile-de-France, la aplicación de tres meses de días largos durante el invierno seguidos de tres meses de días

cortos induce y sincroniza la actividad ovárica, durante el periodo de anestro. Con este protocolo la actividad sexual inicia aproximadamente a los 80 (ovejas) y 52 (cabras) días, después de iniciados los días cortos (Chemineau *et al.*, 1988).

#### **2.4.2.2 Efecto macho**

Otro método utilizado para inducir y sincronizar la actividad sexual durante el período de anestro es el efecto macho. La utilización del efecto macho es barata, eficiente y a menudo más eficaz para aumentar la productividad por cabra que los tratamientos más complejos (Chemineau *et al.*, 1993).

Después de un período de completa separación (olor, sonido, vista y tacto) no menor de 3 semanas entre ambos sexos (Chemineau, 1987; Walkden-Brown, *et al.*, 1993), la introducción del macho cabrío y carnero en un grupo de hembras prepúberes (Amoah *et al.*, 1984), en anestro lactacional o estacional, induce y sincroniza la actividad sexual de las mismas, en los días subsiguientes (cabra: Chemineau, 1987; ovejas: Martín *et al.*, 1990). El número de hembras que responden al estímulo dependerá de la intensidad de la estimulación, la raza, los días postpartos, la profundidad del anestro y el porcentaje de machos por hembras, entre otros (ovejas: Martín *et al.*, 1986; Signoret, 1990; cabras: Chemineau, 1987).

El contacto de las hembras con los machos induce un rápido incremento en la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH plasmática (Poindron *et al.*, 1980). En las cabras Saanen, la pulsatilidad de LH antes de la introducción de los machos era de 0.3 pulsos cada 3 horas, con una amplitud de 0.5 ng/ml. Después de la introducción de los machos, la pulsatilidad se incrementó a 2.2 pulsos por cada 3 horas con una amplitud de 1.2 ng/ml (Chemineau *et al.*, 1986).

El aumento de la actividad hipofisiaria estimula el crecimiento folicular y provoca la aparición de un pico preovulatorio de LH a través del feedback positivo del estradiol sobre la secreción de la LH (Signoret, 1990). En las cabras Criollas de la isla de Guadalupe, el surgimiento del pico preovulatorio de LH ocurre a las 53 horas  $\pm$  12.4 después de la introducción del macho (Chemineau, 1985).

En cabras Criollas anovulatorias, el primer estro se observa del día uno al nueve, y el segundo estro ocurre del día siete al doce y del veinticinco al veintinueve después de la introducción de los machos (Chemineau, 1987).

Después de la introducción de los machos, la actividad ovárica de las cabras Criollas y Saanen se observa en promedio a los 2.5 días (Chemineau, 1983; Chemineau *et al.*, 1986). En las cabras Criollas, la primera ovulación está asociada con estro (62%), y de éstas le sigue un 75% con un ciclo ovárico corto

de tres a ocho días de duración (en promedio 5.3 días). Este ciclo ovárico corto está asociado con una menor secreción de progesterona por el cuerpo lúteo resultante de la ovulación (Chemineau, 1987). Este primer ciclo ovárico corto es siempre seguido por una segunda ovulación, y el subsecuente cuerpo lúteo es de duración normal. Esta segunda ovulación es asociada con un estro en un 90% de las cabras.

El sistema olfativo juega un papel muy importante en la percepción del macho (ovejas: Signoret, 1990; cabras: Chemineau, 1987). La supresión del sistema olfativo general, decrece el porcentaje de cabras que ovula (50% de 16 hembras anósmicas ovulan comparado con 89% de 19 cabras control;  $P=0.012$ ) (Chemineau *et al.*, 1986).

En hembras intactas, el olor del macho es suficiente para inducir la actividad sexual. Sin embargo, el porcentaje de hembras que ovulan es menor que el obtenido cuando se ponen en contacto directo con los machos (22% de 70 hembras con únicamente el olor del macho, comparado con 69% de 66 cabras en contacto directo con machos) (Shelton, 1980), lo que sugiere que es necesario el contacto directo para lograr una máxima respuesta (cabra: Shelton, 1980; oveja: Signoret *et al.*, 1990). Estos resultados indican que el contacto físico y comportamiento del macho es un factor importante requerido para obtener una respuesta elevada.

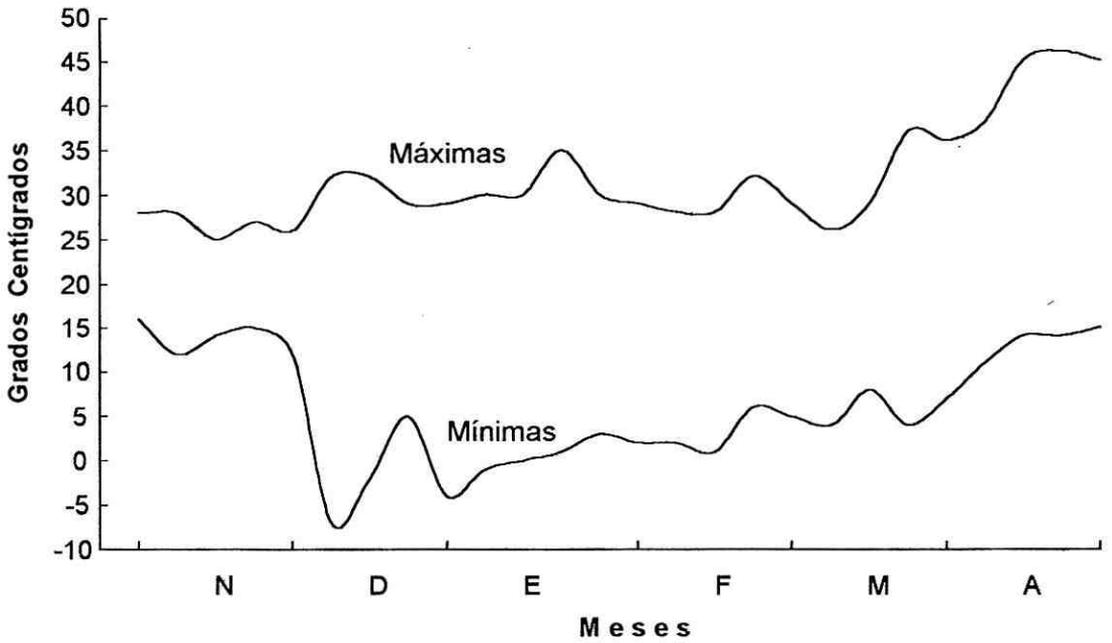
Sin embargo, el “efecto macho” induce una actividad reproductiva baja cuando se utiliza durante el anestro estacional, especialmente en las razas que tienen un anestro profundo. En estas razas, el efecto macho sólo se utiliza antes del inicio de la estación reproductiva anual (Chemineau, 1987).

# Capítulo 3

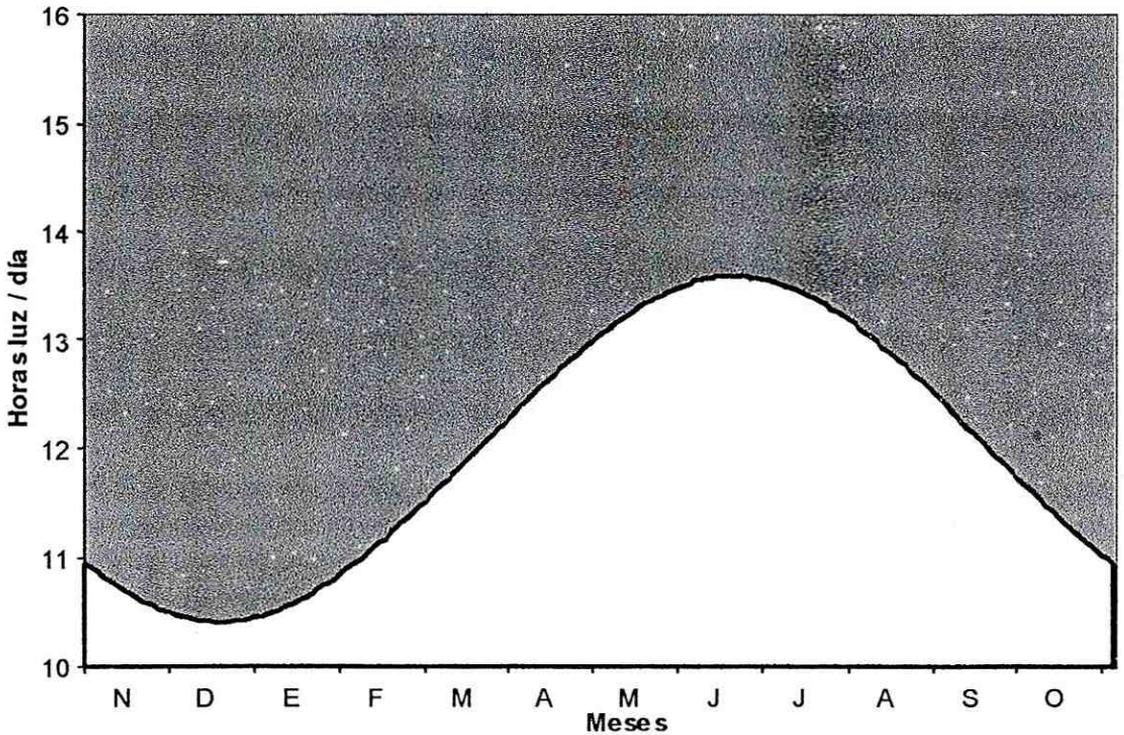
## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Localización del experimento

Este estudio se realizó de noviembre de 1997 a septiembre de 1998 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, localizada en Torreón, Coahuila, y en los ejidos El Cambio, Municipio de Matamoros, Coahuila, y Ricardo Flores Magón, ubicado en el Municipio de Torreón, Coahuila. Estas localidades forman parte de la Comarca Lagunera de Coahuila, la cual está situada a una latitud  $26^{\circ}$  norte y una altitud que varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio registrada a la sombra durante este estudio fue de  $19^{\circ}\text{C}$ , con rango de  $-7^{\circ}\text{C}$  en diciembre y de  $46^{\circ}\text{C}$  en abril (Figura 1). Las variaciones naturales del fotoperíodo en la Comarca Lagunera son de 13:41 horas luz durante el solsticio de verano y de 10:19 horas luz durante el solsticio de invierno (Figura 2).



**Figura 1.** Temperaturas máximas y mínimas registradas semanalmente durante el estudio.



**Figura 2.** Variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera situada a la latitud de  $26^{\circ}$  N y  $103^{\circ}$  longitud.

## 3.2 Animales experimentales

### 3.2.1 Machos

#### 3.2.1.1 Formación de grupos experimentales

Para este estudio se utilizaron 14 machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera, cuya edad variaba de 2 a 4 años. El 25 de octubre de 1997, los machos fueron repartidos en dos grupos homogeneos, un grupo experimental (DL+M: n=7) y un grupo testigo (GT: n=7), de acuerdo al peso corporal, peso testicular y motilidad espermática (Tabla I). Para determinar esta última variable, del día 17 al 20 octubre de 1997, los machos fueron solicitados para eyacular en una vagina artificial (Delgadillo *et al.*, 1992). En cada ocasión se obtuvo un eyaculado de cada macho. La motilidad espermática de cada eyaculado fue evaluada poniendo una gota de semen no diluido entre un porta y un cubre objeto para ser observada en el microscopio óptico con el objetivo de 40 X. La motilidad espermática fue determinada utilizando una escala de 0 a 5 (Delgadillo *et al.*, 1992).

Tabla I. Promedio ( $\pm$  s.e.m.) de los pesos corporal, testicular y motilidad espermática de los machos de los grupos testigo (GT) y experimental (DL+M).

Grupos	Peso corporal Kg	Peso testicular g	Motilidad espermática 0-5
GT	61.0 $\pm$ 4.0	80.7 $\pm$ 6.7	2.7 $\pm$ 0.3
DL+M	60.7 $\pm$ 4.4	83.0 $\pm$ 4.1	2.6 $\pm$ 0.3

### **3.2.1.2 Manejo y alimentación**

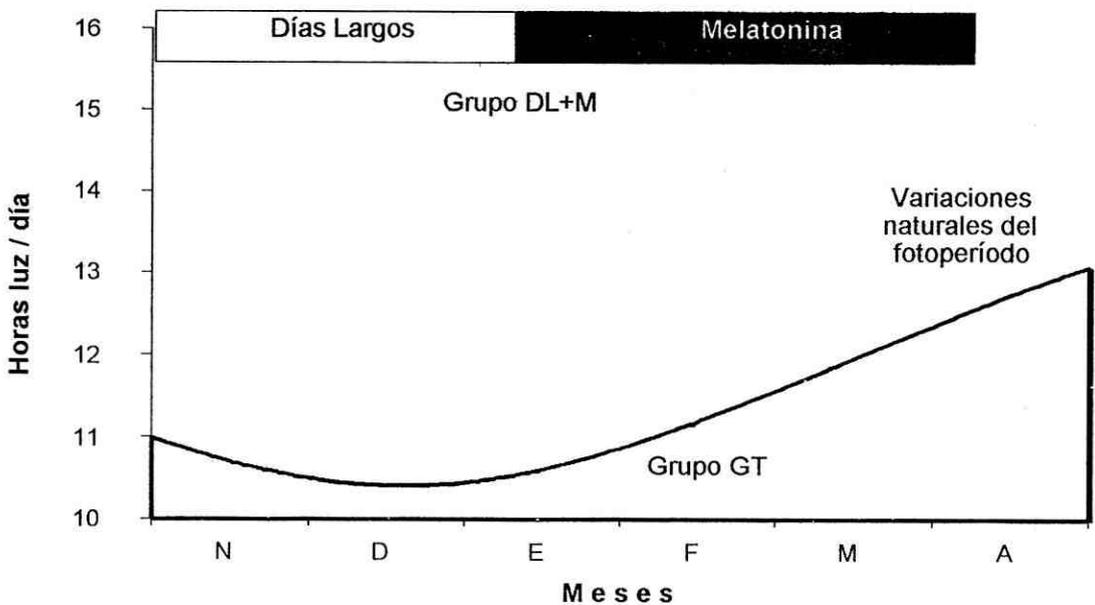
Antes de iniciar el presente estudio, los machos fueron desparasitados tanto interna como externamente, descornados, vitaminados e identificados con aretes de plástico. Durante todo el estudio, los animales fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 300 g de concentrado comercial con el 15% de proteína cruda por día y por animal. La ración fue proporcionada a las 8:00 y 13:00 horas. El agua y los minerales fueron proporcionados a libre acceso.

### **3.2.1.3 Tratamientos fotoperiódicos**

Los machos del GT fueron alojados en un corral de 5 X 7 m, construido de tela ciclónica y postes de madera, provisto de sombra (láminas de cartón). Estos animales percibieron las variaciones naturales del fotoperíodo y la temperatura de la Comarca Lagunera (Figura 3).

Los machos del grupo DL+M fueron alojados en un corral de 5 X 7 m, construido con tela ciclónica y postes de madera, provistos de sombra (láminas de cartón). El corral fue equipado con 3 lámparas de "luz de día" que proporcionaban una intensidad luminosa mínima de 300 lux al nivel de los ojos de los animales. El mecanismo de encendido y apagado de las lámparas se efectuó con relojes automáticos y programables (Intermatic, Timerold, USA). Los machos de este grupo fueron sometidos del 1 de noviembre de 1997 al 15 de enero de 1998 a días largos (16 horas de luz; 8 horas de oscuridad)

combinando la luz artificial y la natural. El alba (encendido de la luz) fue fija y ocurrió diariamente a las 6:00 horas. Después, las lámparas fueron apagadas a las 9:00 horas, cuando la luz natural era suficiente. Antes del crepúsculo natural, a las 17:00 horas, las lámparas de nuevo fueron encendidas y se apagaron a las 22:00 horas. El 16 de enero de 1998, cada macho recibió, por vía subcutánea, dos implantes de melatonina de 18 mg cada uno (Regulin<sup>®</sup> Hoechst), los cuales liberan constantemente la melatonina durante aproximadamente 10 semanas (Staples *et al.*, 1991). En este momento fue suspendido el tratamiento luminoso y los machos fueron sometidos sólo a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (Figura 3). Después de su aplicación, los implantes subcutáneos de melatonina no fueron removidos durante el período experimental.



**Figura 3.** Tratamientos fotoperiódicos de los machos cabríos Criollos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (GT) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (DL+M).

## **3.2.2 Hembras**

### **3.2.2.1 Formación de grupos experimentales**

Para este estudio se seleccionaron 88 cabras Criollas multíparas, que parieron de noviembre a diciembre de 1997, y que pertenecían a dos rebaños típicos de la Comarca Lagunera situados en los ejidos El Cambio y Ricardo Flores Magón, Coahuila. La distancia entre estos dos ejidos es de aproximadamente 4 km. De las hembras seleccionadas, sólo se utilizaron aquellas que estaban anovulatorias, lo cual se determinó con los niveles plasmáticos de progesterona en las muestras sanguíneas obtenidas los días -20, -10 y antes de la introducción de los machos (día 0). Las hembras que presentaron concentraciones plasmáticas de progesterona  $>1.0$  ng/ml en los 3 muestreos se consideraron que tenían un cuerpo lúteo funcional, resultado de una gestación o un cuerpo lúteo persistente. Las hembras que presentaron cualquier combinación de valores superiores e inferiores a 1 ng/ml de progesterona, se consideraron que estaban ciclando, y las hembras que tuvieron en sus tres muestreos niveles  $<1$  ng/ml de progesterona plasmática, se consideraron que estaban en anovulación (Tabla II).

Tabla II. Número de cabras muestreadas y seleccionadas a través del nivel plasmático de progesterona para ser sometidas al efecto macho.

Ejido	No. de hembras muestreadas	Cabras anovulatorias	Cabras cíclicas o gestantes	Peso corporal cabras seleccionadas
		n	n	kg
El Cambio	43	40	3	44.2 ± 1.2
Ricardo Flores Magón	45	34	11	46.0 ± 1.5

Los dos rebaños se encontraban bajo un sistema de pastoreo extensivo, y los animales salían al campo de las 10:00 a las 18:00 horas, sin recibir ninguna suplementación alimenticia en el corral. Veinticinco días previos a la introducción de los machos, cada grupo fue estabulado en su respectivo ejido (20 de febrero), en 4 corrales contiguos de 7 X 10 m, en los cuales se alojaron al azar de 8 a 10 hembras por corral. Cada grupo fue alojado en instalaciones abiertas bajo las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera. Las hembras no tuvieron ningún contacto físico, auditivo, visual ni olfativo con ningún macho, veinticinco días antes de la introducción de los mismos.

### 3.2.2.2 Manejo y alimentación

Antes de iniciar el presente estudio, las hembras fueron desparasitadas tanto interna como externamente, descornadas, vitaminadas e identificadas con aretes de plástico. Las hembras fueron alimentadas desde el momento de su estabulación hasta 35 días después de la introducción de los machos (19 de

abril) con heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado comercial con el 15% de proteína cruda por día y por animal, el cual fue proporcionado a las 8:00 horas. El agua y los minerales fueron proporcionados a libre acceso. El día 20 de abril las hembras volvieron al sistema de pastoreo extensivo.

### **3.2.3 Introducción de los machos con las hembras**

Del grupo DL+M se seleccionaron los machos que presentaron un intenso comportamiento sexual, basado en el comportamiento agresivo, aspecto del pelo (erizado, sucio, etc.) (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Los machos del GT se seleccionaron al azar, ya que el comportamiento sexual era similar en los animales de este grupo. El 15 de marzo de 1998 se introdujeron 4 machos en cada grupo de hembras. Las hembras del ejido Ricardo Flores Magón fueron puestas en contacto con los machos del GT (1 macho por corral). Las hembras del ejido El Cambio fueron puestas en contacto con 4 machos del grupo DL+M (1 macho por corral). Los machos permanecieron durante 35 días con las hembras.

## **3.3 Variables determinadas**

### **3.3.1 Machos**

### 3.3.1.1. Melatonina

Con la finalidad de conocer cómo los machos percibían la duración del día, se determinaron los niveles plasmáticos de melatonina durante los días decrecientes (noviembre y diciembre) en el GT y durante los días largos artificiales (noviembre y diciembre) en el DL+M. Estas determinaciones se llevaron a cabo el 21 de noviembre y el 29 de diciembre de 1997. Para ello se obtuvo una muestra sanguínea cada hora de los dos grupos de las 20:00 horas a la 1:00 horas, y de las 4:00 horas y a las 9:00 horas. Durante la fase oscura, se utilizaron lámparas de luz roja con una intensidad menor a 3 lux. En cada muestreo sanguíneo se extrajeron 5 ml de la vena yugular de cada macho. Las muestras se obtuvieron en tubos al vacío con anticoagulante (heparina 30  $\mu$ l). La sangre obtenida fue centrifugada a 3000 rpm durante 20 minutos, y el plasma obtenido se congeló a  $-15^{\circ}\text{C}$ , hasta la realización de las determinaciones hormonales. La determinación de los niveles plasmáticos de la melatonina fue realizada mediante la técnica de radioinmunoanálisis. Esta hormona fue determinada en doble en muestras de 100  $\mu$ l según la técnica descrita por Fraser *et al.* (1983), utilizando anticuerpos desarrollados por Tillet *et al.* (1986). La sensibilidad del ensayo fue de 4 pg/ml y el coeficiente de variación fue de 8%.

### **3.3.1.2 Testosterona**

Para determinar las concentraciones plasmáticas de la testosterona se obtuvo una muestra sanguínea cada semana durante todo el tiempo experimental. La obtención del muestreo sanguíneo se realizó de la vena yugular (5 ml por animal). La toma de muestras se realizó a las 8:00 horas, antes de proporcionar el alimento. Las muestras se obtuvieron en tubos al vacío con anticoagulante (heparina 30  $\mu$ l). La sangre obtenida fue centrifugada a 3000 rpm durante 20 minutos, y el plasma obtenido fue congelado a  $-15^{\circ}\text{C}$ , hasta la realización de las determinaciones hormonales por radioinmunoanálisis, según la técnica propuesta por Garnier *et al.* (1978). La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/ml y el coeficiente de variación fue de 8%.

### **3.3.1.3 Peso corporal**

El peso corporal fue determinado cada 15 días. Esta determinación se realizó en la mañana, antes de proporcionarles el alimento. Para esto se utilizó una báscula con una capacidad de 300 kg y con una precisión de 250 g.

### **3.3.1.4 Peso testicular**

El peso testicular fue determinado cada 15 días mediante la técnica de palpación comparativa propuesta por Oldham *et al.* (1978) mediante el

orquidómetro, que es un collar de piezas sintéticas que tienen formas similares a los testículos con diferentes medidas: 50, 75, 100, 125, 150, 180 y 200 ml (1 ml = 1 g). Esta técnica consiste en palpar siempre el mismo testículo de cada macho y compararlo con las piezas del orquidómetro.

### **3.3.2 Prueba de comportamiento sexual**

Para determinar la actividad sexual de los machos, éstos fueron observados durante los primeros 5 días seguidos a su introducción en los grupos de hembras. Estas observaciones se realizaron en la mañana (8:00 horas -10:00 horas), antes de proporcionarles el alimento. Durante las pruebas del comportamiento sexual se registraron las montas, los intentos de montas, las aproximaciones y los olfateos ano-genitales.

#### **3.3.2.1 Montas**

Se consideró una monta cuando el macho conseguía montar totalmente a la hembra con penetración o sin ésta.

#### **3.3.2.2 Intento de monta**

Se consideró como intento de monta a cada uno de los intentos del macho a subirse a las hembras.

### **3.3.2.3 Aproximaciones**

Se consideró como aproximación, a cada uno de los acercamientos del macho hacia las hembras por la parte lateral o posterior de éstas, emitiendo un sonido y a la vez levantando una de las patas delanteras.

### **3.3.2.4 Olfateos ano-genitales**

Se consideró como olfateos ano-genitales cuando el macho se aproximaba a la hembra, por la parte posterior y olfateaba la parte posterior de ésta (vulva o ano), levantando el labio superior.

## **3.3.3 Hembras**

### **3.3.3.1 Peso corporal**

El peso corporal fue determinado cada 15 días, del 15 de febrero al 15 de abril en ambos grupos. Del 30 de abril hasta una semana después del último parto (30 de agosto), sólo fue determinado en el grupo de hembras que estuvo en contacto con los machos del grupo DL+M, debido a que ninguna hembra puesta en contacto con los machos testigos fue detectada en estro durante el período de observación. El peso corporal fue registrado en la mañana, antes de proporcionarles el alimento a los animales. Para esto se utilizó una báscula con una capacidad de 300 kg y con una precisión de 250 g.

### 3.3.3.2 Actividad estral

La actividad estral fue determinada por la aceptación de las hembras a ser montadas por el macho (Chemineau *et al.*, 1992), y la detección del celo fue realizada 2 veces por día (mañana y tarde). Para ello se utilizaron machos marcadores (Radford *et al.*, 1960), a los cuales se le puso grasa para automóvil en el esternón. Las hembras que eran montadas y marcadas por el macho, se limpiaron dos veces por día. Esta determinación se registró desde de la introducción de los machos (día 0) hasta el día 35 postintroducción.

### 3.3.3.3 Actividad ovárica

La actividad ovárica fue determinada a través de los niveles plasmáticos de progesterona. Se consideró que las hembras tenían un cuerpo lúteo de duración normal, cuando la concentración de progesterona fue  $>1.0$  ng/ml durante más de 17 días (Chemineau *et al.*, 1992). Se consideró como un ciclo ovárico corto a las hembras que tuvieron por lo menos en un muestreo una concentración  $\geq 0.5$  ng/ml de progesterona plasmática, disminuyendo rápidamente a nivel basal (Chemineau, 1986; Gómez-Brunet *et al.*, 1995).

La determinación de la progesterona plasmática se realizó cuantitativamente, mediante la técnica de radioinmunoanálisis según Terqui y Thimonier (1974). La obtención del muestreo sanguíneo se realizó de la vena

yugular (5 ml por animal). La toma de muestras se realizó a las 8:00 horas, antes de proporcionar el alimento. Las muestras se obtuvieron en tubos al vacío con anticoagulante (sal anhidra del ácido etilendiamino tetracético). La sangre obtenida fue centrifugada a 3000 rpm durante 20 minutos, y el plasma obtenido fue congelado a  $-15^{\circ}\text{C}$ , hasta la realización por radioinmunoanálisis, de las determinaciones hormonales. Del día 1 al 9, un muestreo sanguíneo fue obtenido diariamente. Del 10 al 35, este muestreo se obtuvo cada dos días. Las muestras fueron determinadas en duplicado y en un sólo ensayo. La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/ml y el coeficiente de variación intra-ensayo fue de 12%.

#### **3.3.3.4 Concepción a los 25 días postestro, fertilidad al parto, duración de la gestación y prolificidad**

Concepción: se consideró que una hembra había concebido cuando los niveles plasmáticos de progesterona fueron  $>1.0$  ng/ml durante 21 días después de la presentación del último estro.

La fertilidad al parto: número de hembras que parieron en relación con las hembras que se consideraron que habían concebido a los 25 días a través sus niveles plasmáticos de progesterona.

La duración de la gestación se calculó considerando como día uno, cuando la hembra presentó estro (montada) y al día del parto como el día último de la gestación.

La prolificidad: número de cabritos por hembra parida.

### **3.4 Análisis estadísticos**

#### **3.4.1 Melatonina**

Los datos individuales obtenidos en cada muestreo fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), con medidas repetidas a 2 factores (grupo – horas de muestreo). Cada ritmo (21 de noviembre y 29 de diciembre de 1997) se dividió en 4 períodos (cada 3 horas un período). Para calcular la duración de secreción nocturna de la melatonina, se tomaron en cuenta todos los valores iguales o superiores a 5 pg/ml. Posteriormente los datos se compararon dos a dos con una prueba de t.

#### **3.4.2 Testosterona**

Los datos obtenidos semanalmente fueron sometidos a un ANOVA con medidas repetidas a 2 factores (grupo - tiempo del experimento). Posteriormente, los datos se compararon dos a dos con una prueba de t.

### **3.4.3 Peso corporal y peso testicular**

Los datos de peso corporal y testicular que fueron obtenidos quincenalmente, fueron sometidos a un ANOVA con medidas repetidas a 2 factores (grupo - tiempo del experimento). Posteriormente los datos se compararon dos a dos con una prueba de t.

### **3.4.4 Pruebas de comportamiento sexual**

Los datos obtenidos durante los 5 días de observaciones se analizaron mediante una prueba de Fisher exacta (monta, intento de monta, aproximaciones y olfateos ano-genitales).

### **3.4.5 Fertilidad al parto y prolificidad**

La fertilidad de los dos grupos se comparó mediante la prueba de Fisher exacta y la prolificidad se comparó mediante la prueba de t.

Los resultados fueron presentados con promedio  $\pm$  error estándar del promedio (s.e.m.).

Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el paquete estadístico SYSTAT 5.03 (Evenston, ILL. USA, 1990/1992).

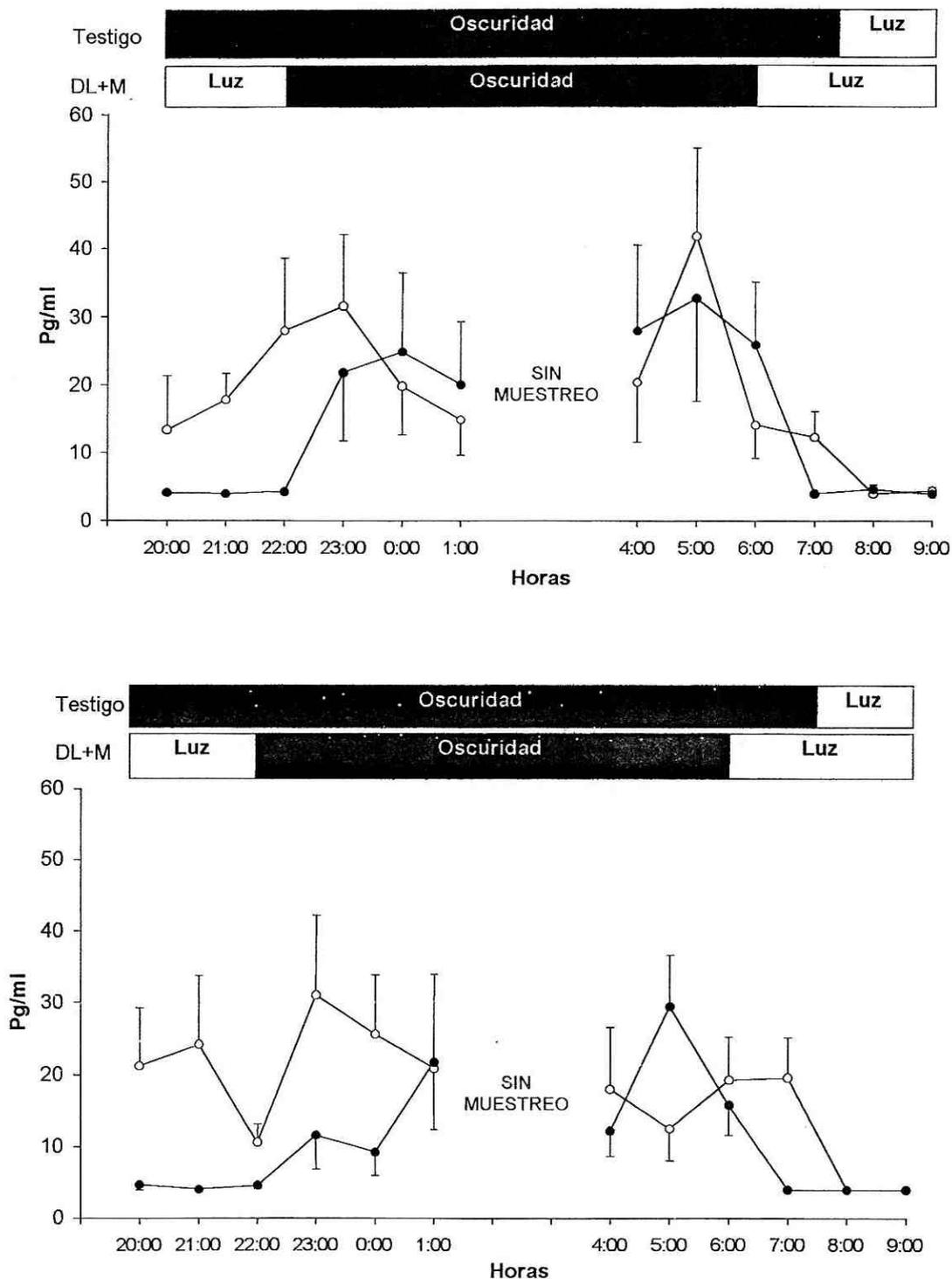
# Capítulo 4

## RESULTADOS

### 4.1 Machos

#### 4.1.1 Melatonina

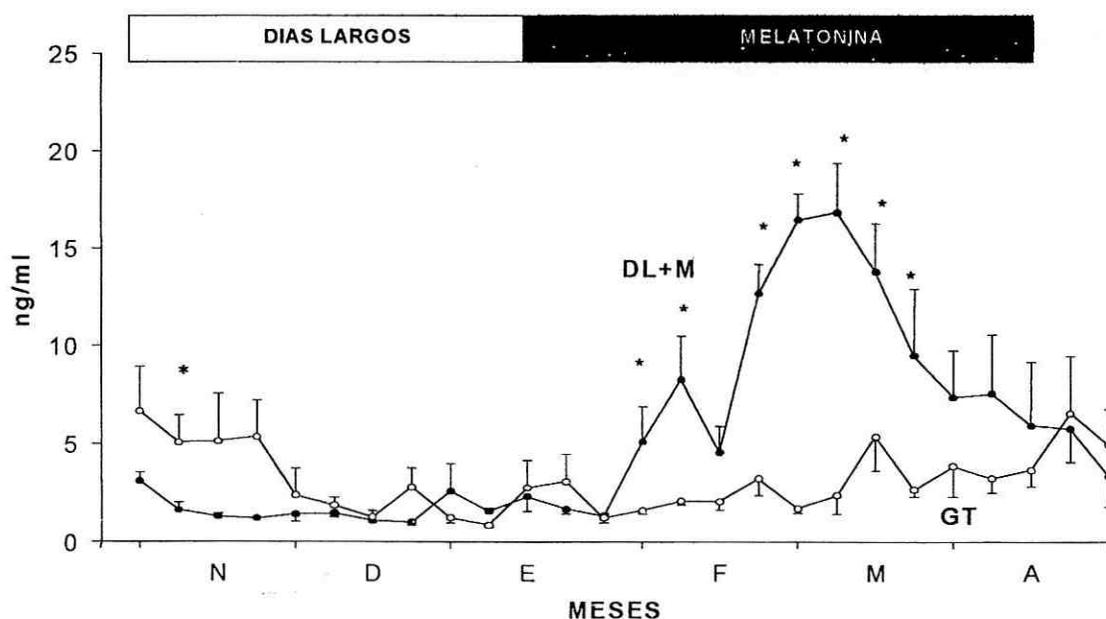
La evolución de los niveles plasmáticos de melatonina de los grupos GT y DL+M se puede apreciar en la Figura 1. El ANOVA reveló un efecto significativo del tiempo (horas) sobre la secreción de la melatonina ( $P < 0.001$ ) en los diferentes períodos. También existió una interacción entre grupo y tiempo del experimento ( $P < 0.001$ ), indicando que la evolución de la concentración de melatonina fue diferente entre ambos grupos en la comparación de los períodos de fotoperíodo natural (GT) contra luz (DL+M). Sin embargo, en la comparación dos a dos no se registró ninguna diferencia significativa entre grupos.



**Figura 1.** Concentración plasmática de melatonina (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos del GT (O), y machos del grupo DL+M (●) el 21 de noviembre (arriba) y el 29 de diciembre de 1997 (abajo).

### 4.1.2 Testosterona

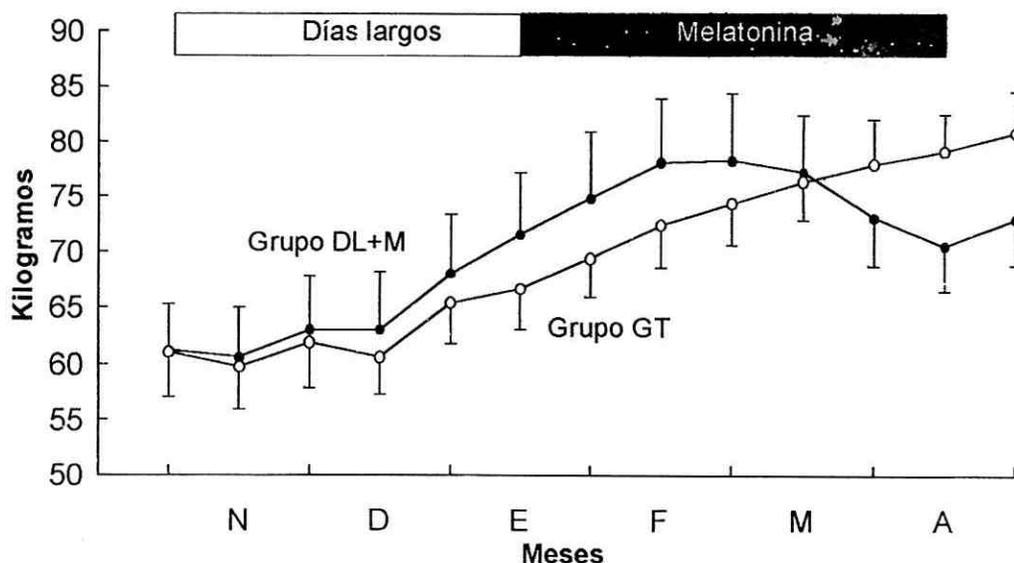
La evolución de la concentración plasmática de testosterona de los grupos GT y DL+M se puede apreciar en la Figura 2. El ANOVA reveló un efecto significativo del tiempo ( $P < 0.0001$ ) sobre la secreción de la testosterona de los grupos GT y DL+M. También existió una interacción entre grupo y tiempo del experimento ( $P < 0.0001$ ), indicando que la evolución de la testosterona plasmática fue diferente entre los grupos. En la comparación dos a dos se encontró diferencias significativas entre grupos. El 15 de marzo, día de la introducción de los machos en los dos grupos de hembras, la concentración de testosterona de los machos utilizados en el estudio, fue de  $1.6 \pm 0.3$  ng/ml en el grupo GT y de  $18.8 \pm 2.1$  ng/ml en el grupo DL+M ( $P < 0.05$ ; apéndice A).



**Figura 2.** Evolución de la concentración plasmática de testosterona (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos cabríos Criollos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●). \* $P < 0.05$ .

### 4.1.3 Peso corporal

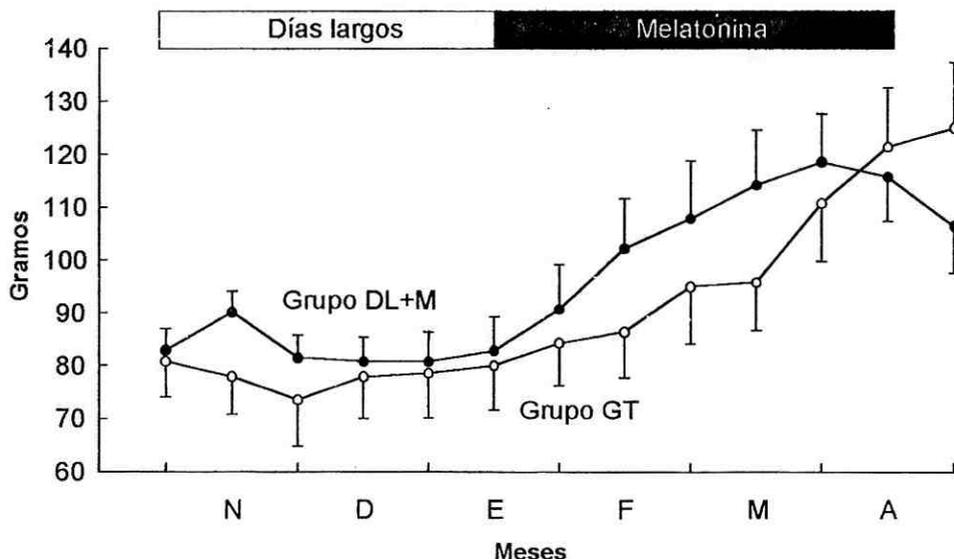
La evolución del peso corporal de los grupos GT y DL+M se puede apreciar en la Figura 3. El ANOVA reveló un efecto significativo del tiempo sobre la evolución del peso corporal ( $P < 0.001$ ). También existió una interacción entre grupo y tiempo del experimento ( $P < 0.001$ ), indicando que la evolución del peso corporal fue diferente entre ambos grupos. Sin embargo, en la comparación dos a dos no se registró ninguna diferencia significativa entre grupos. El 15 de marzo, día de la introducción de los machos en los dos grupos de hembras, el peso corporal de los machos utilizados en el estudio, fue de  $79.5 \pm 1.4$  kg en el grupo GT y de  $84.3 \pm 6.7$  kg en el grupo DL+M ( $P < 0.05$ ; apéndice B).



**Figura 3.** Evolución del peso corporal (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos cabríos Criollos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●).

#### 4.1.4 Peso Testicular

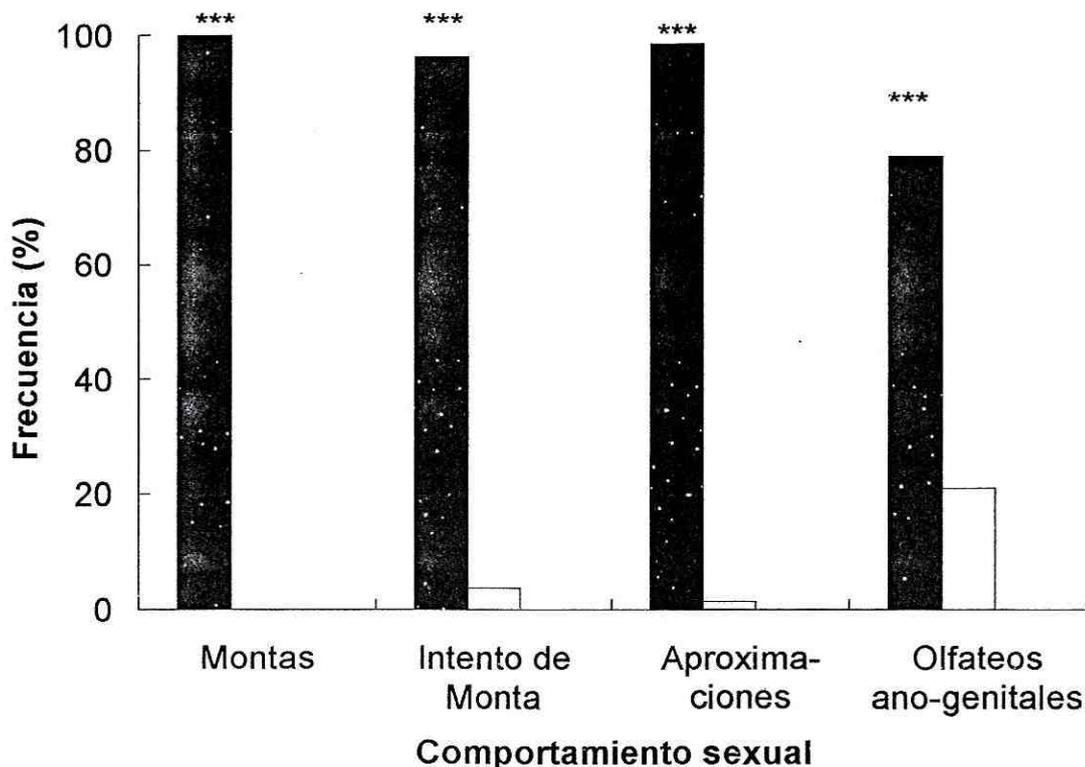
La evolución del peso testicular de los grupos GT y DL+M se puede apreciar en la Figura 4. El ANOVA reveló un efecto significativo del tiempo ( $P < 0.001$ ) sobre la evolución del peso testicular de los grupos GT y DL+M. También existió una interacción entre grupo y tiempo del experimento ( $P < 0.001$ ), indicando que la evolución del peso testicular fue diferente entre los grupos. Sin embargo, en la comparación dos a dos no hubo diferencia significativa entre grupos. El 15 de marzo, día de la introducción de los machos en los dos grupos de hembras, el peso testicular de los machos utilizados en el estudio, fue de  $104 \pm 14$  g en el grupo GT y de  $113 \pm 13$  g en el grupo DL+M ( $P < 0.05$ ; apéndice C).



**Figura 4.** Evolución del peso testicular (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos cabríos Criollos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●).

#### 4.1.5 Comportamiento sexual

El comportamiento sexual de los machos cabríos del grupo DL+M fue más intenso que el de los machos del grupo GT (Figura 5). En el grupo DL+M se registraron 26 montas, mientras que ninguna fue registrada en el grupo GT ( $P < 0.0001$ ). El total de intentos de montas registradas fue de 27, correspondiendo el 96% a los machos del grupo DL+M ( $P < 0.0001$ ). De 492 aproximaciones registradas, el 98.6% correspondió al grupo DL+M ( $P < 0.0001$ ). Los olfateos ano-genitales registrados en el grupo DL+M fueron superiores a los del grupo GT (79% vs. 21%, respectivamente;  $P < 0.0001$ ).

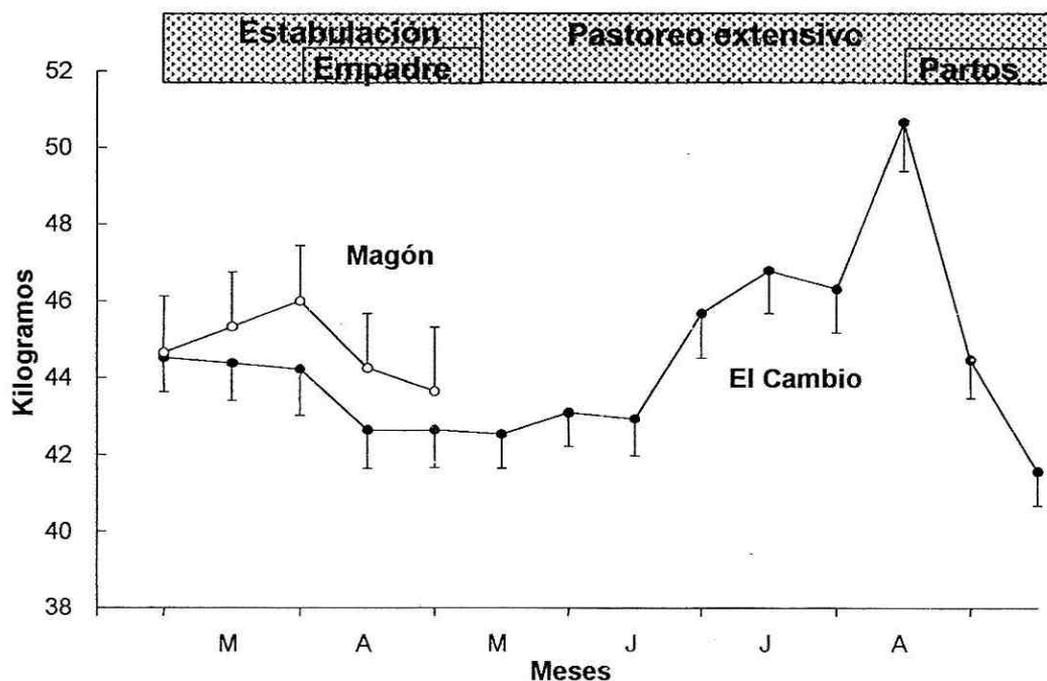


**Figura 5.** Comportamiento sexual de los machos de los grupos GT (□) y DL+M (■), registrado en 2 horas diarias de observación durante los primeros 5 días después de la introducción de éstos en los dos grupos de hembras. \*\*\* $P < 0.0001$ .

## 4.2 Hembras

### 4.2.1 Peso corporal

La evolución del peso corporal de las hembras de los dos grupos se puede apreciar en la Figura 6. El peso corporal de las hembras de los dos grupos el 15 de marzo (día de la introducción de los machos) fue de  $46.0 \pm 1.5$  kg en el grupo en contacto con los machos del GT y de  $44.2 \pm 1.2$  kg en el grupo en contacto con los machos del DL+M. En el grupo que estuvo en contacto con los machos DL+M subieron hasta  $50.7 \pm 1.3$  kg una semana antes de empezar los partos, bajando hasta  $41.6 \pm 0.9$  kg después de éstos.

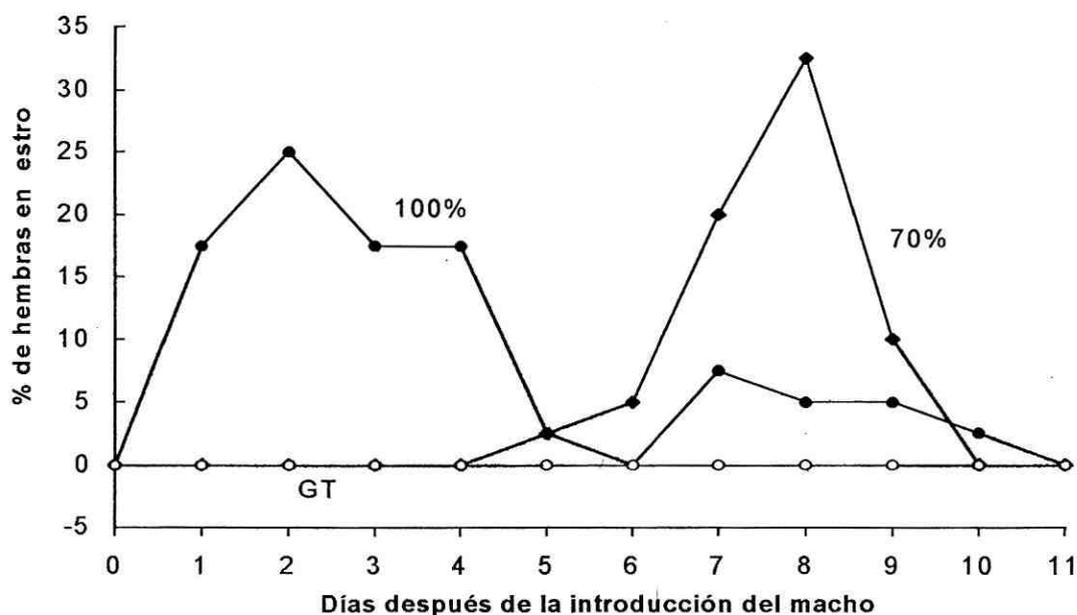


**Figura 6.** Evolución del peso corporal (promedio  $\pm$  s.e.m.) de las cabras Criollas de los grupos en contacto con machos del grupo GT (O) o con machos del DL+M (●) durante el tiempo del experimento.

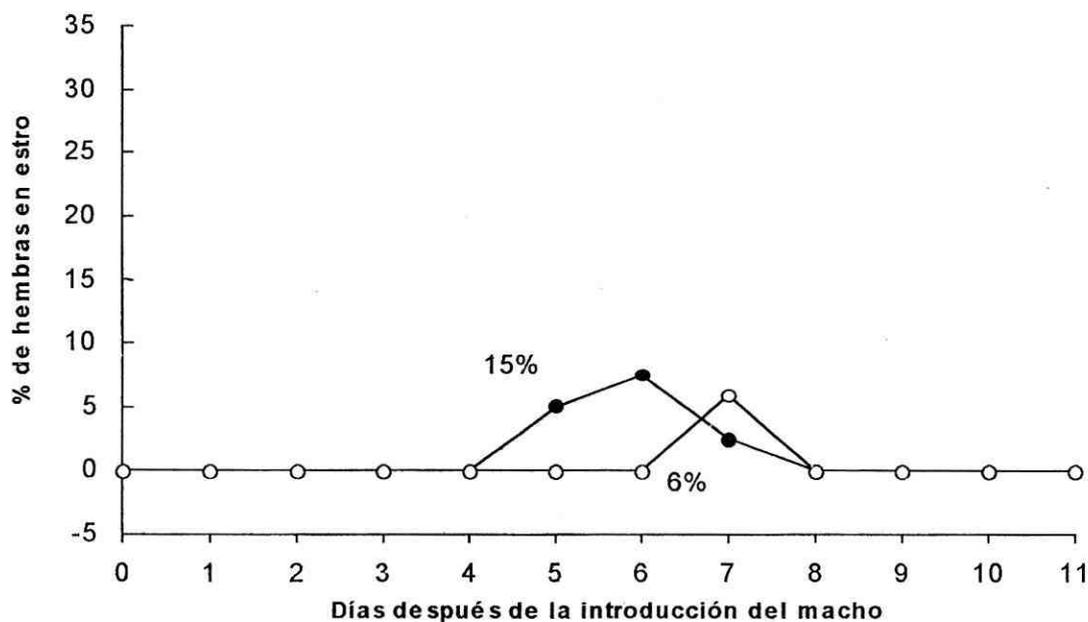
#### 4.2.2 Actividad estral y ovárica

Ninguna hembra puesta en contacto con los machos del grupo GT manifestó actividad estral durante el período de observación (Figura 7). Sólo en el 5% (2/34) de las hembras se detectó una ovulación y un cuerpo lúteo de corta duración sin estro (Figura 8) y el 95% (32/34) no manifestó actividad ovárica.

Contrariamente a la baja actividad estral y ovárica de las hembras que fueron puestas en contacto con los machos del grupo GT, el 100% (40/40) de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M manifestó al menos un primer estro en los primeros 11 días después de la introducción de éstos ( $P < 0.0001$ ), con una duración de  $25.1 \pm 3.8$  horas (Figura 7). El intervalo entre la introducción de los machos y la presentación del estro fue de  $3.5 \pm 0.2$  días.

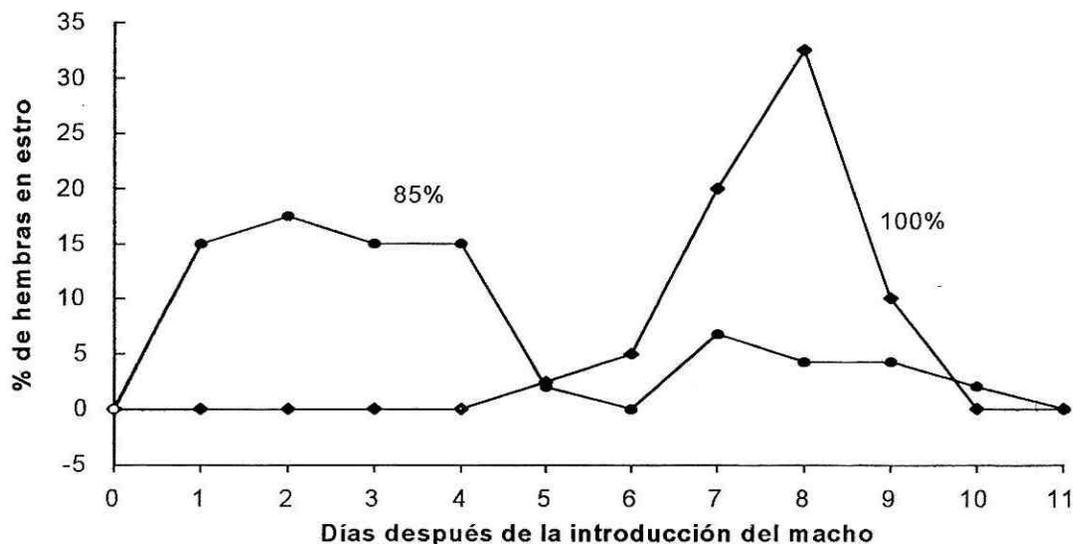


**Figura 7.** Porcentaje de hembras que manifestaron un primer estro (●), y las que manifestaron un segundo estro (◆), después de la introducción de los machos cabríos del grupo DL+M. Ninguna hembra puesta en contacto con los machos del grupo GT fue detectada en estro (○).

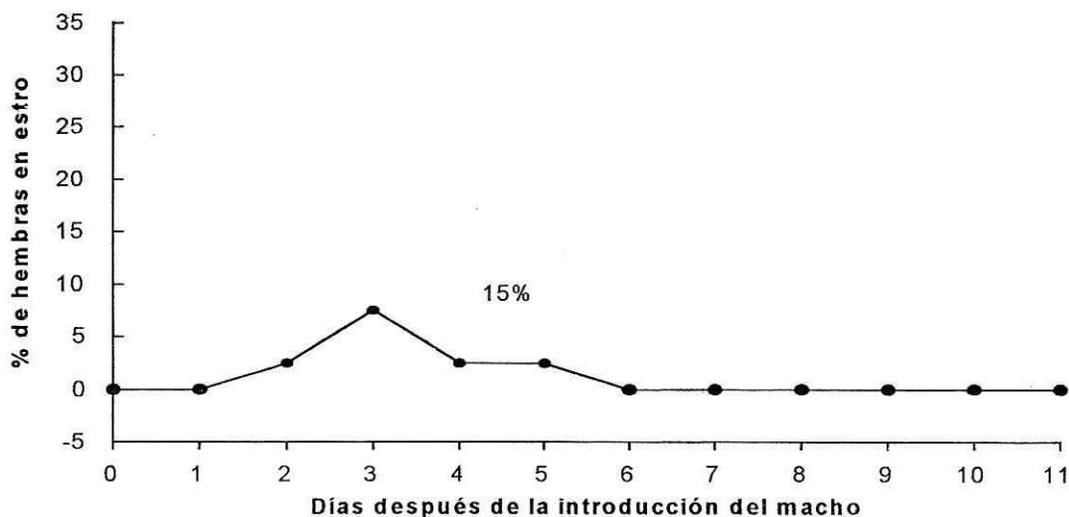


**Figura 8.** Porcentaje de hembras que manifestaron una primera ovulación antes de presentar un estro (●), después de la introducción de machos cabríos del grupo DL+M y porcentaje de hembras que estuvieron en contacto con los machos del GT que manifestaron una ovulación sin estro (○).

El 85% (34/40) de los primeros estros de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M fue acompañado de una ovulación (Figura 9) y sólo un 15% (6/40) presentó un estro sin ovulación (Figuras 10).

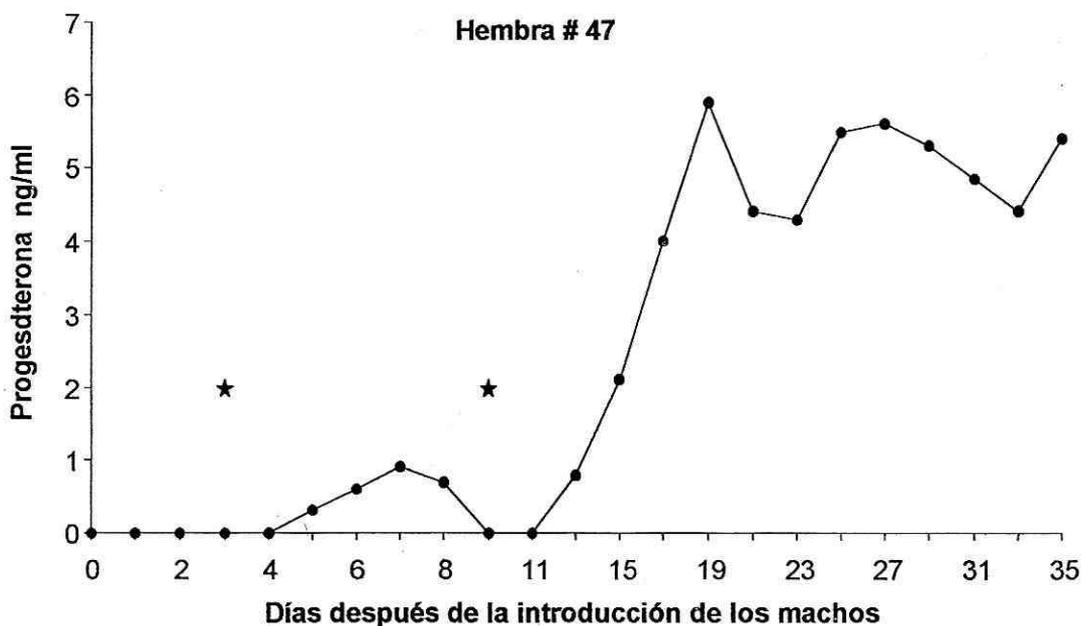


**Figura 9.** Porcentaje de hembras que manifestaron un primer estro con ovulación (●), y las que manifestaron un segundo estro con ovulación (◆), después de la introducción de los machos cabríos del grupo DL+M.

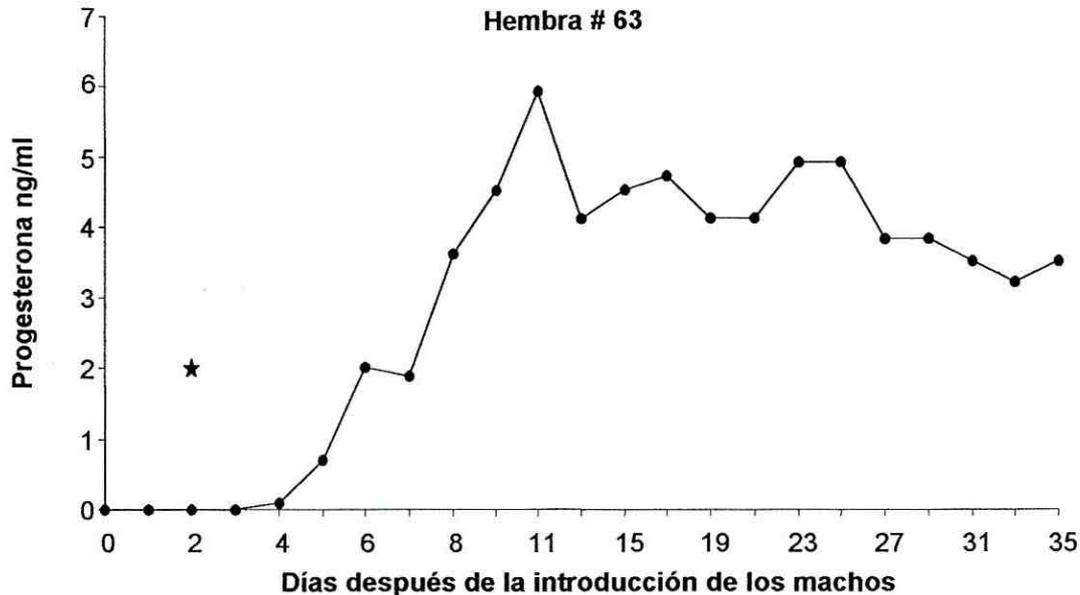


**Figura 10.** Porcentaje de hembras que manifestaron un primer estro sin ovulación (●), después de la introducción de los machos cabríos del grupo DL+M.

De las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M que presentaron su primer estro acompañado de una ovulación, el 82.4% (28/34) presentó un ciclo ovárico de corta duración (Figura 11) y sólo el 17.6% (6/34) presentó un ciclo ovárico de duración normal (Figura 12). Todas las hembras que tuvieron un primer estro acompañado de un ciclo ovárico corto presentaron un segundo estro con un intervalo de  $5.0 \pm 0.2$  días, asociado en un 100% (28/28) con una ovulación de duración normal (Figura 11).

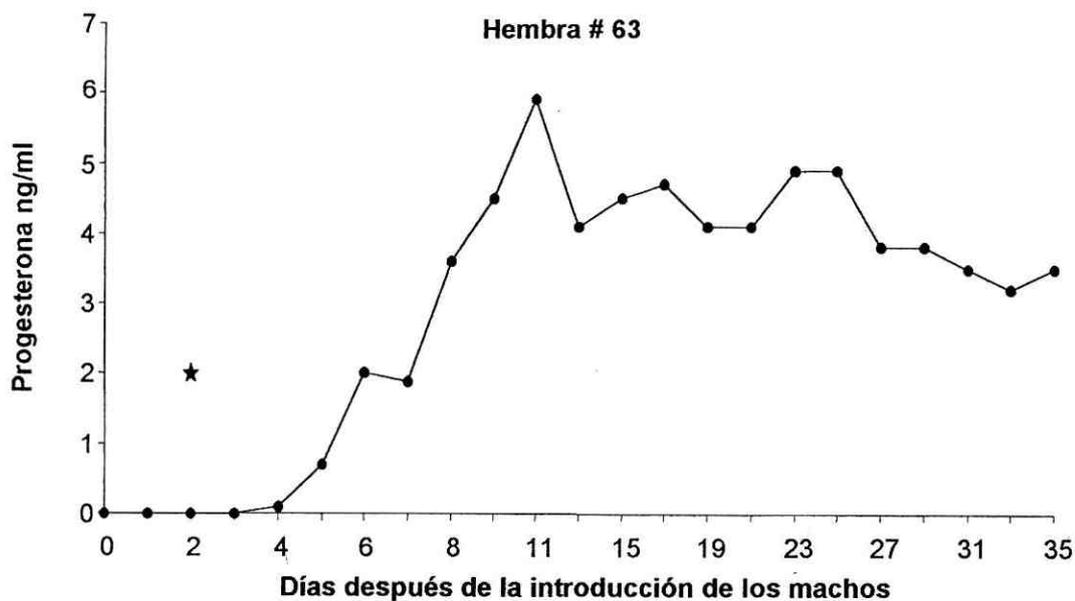


**Figura 11.** Actividad estral (\*) y nivel plasmático de progesterona (●) de una hembra que tuvo contacto con machos del grupo DL+M. El primer estro fue acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de corta duración. Después se presentó un segundo estro acompañado de una ovulación y cuerpo lúteo de duración normal.



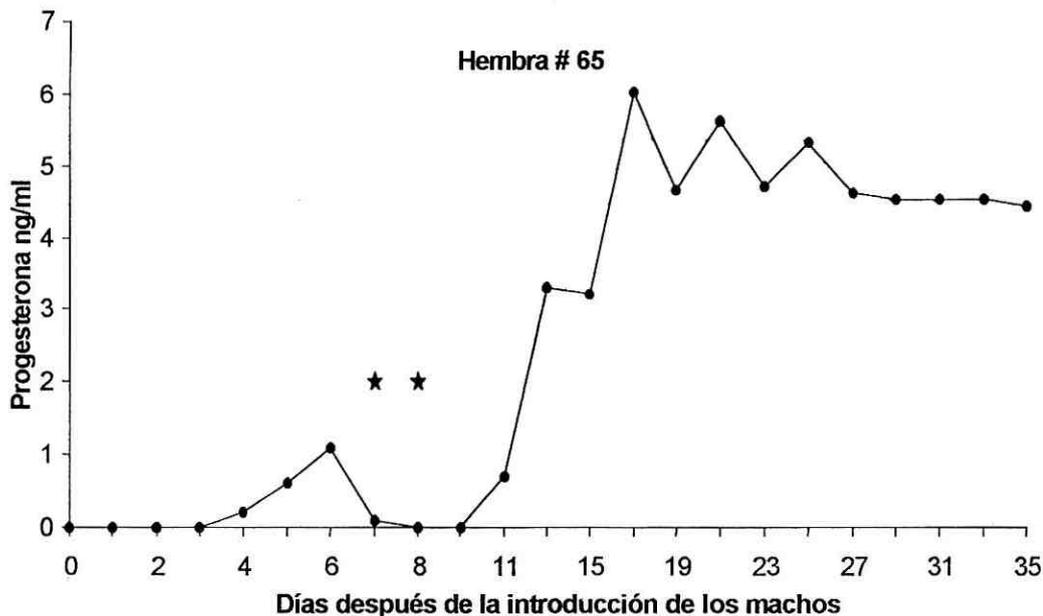
**Figura 12.** Actividad estral (\*) y nivel plasmático de progesterona (●) de una hembra que tuvo contacto con machos del grupo DL+M. El estro fue acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de duración normal.

También un 15% (6/40) de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M manifestaron una ovulación silenciosa, antes de presentar su primer estro, el cual se presentó del día 7 al 10 (Figuras 13).



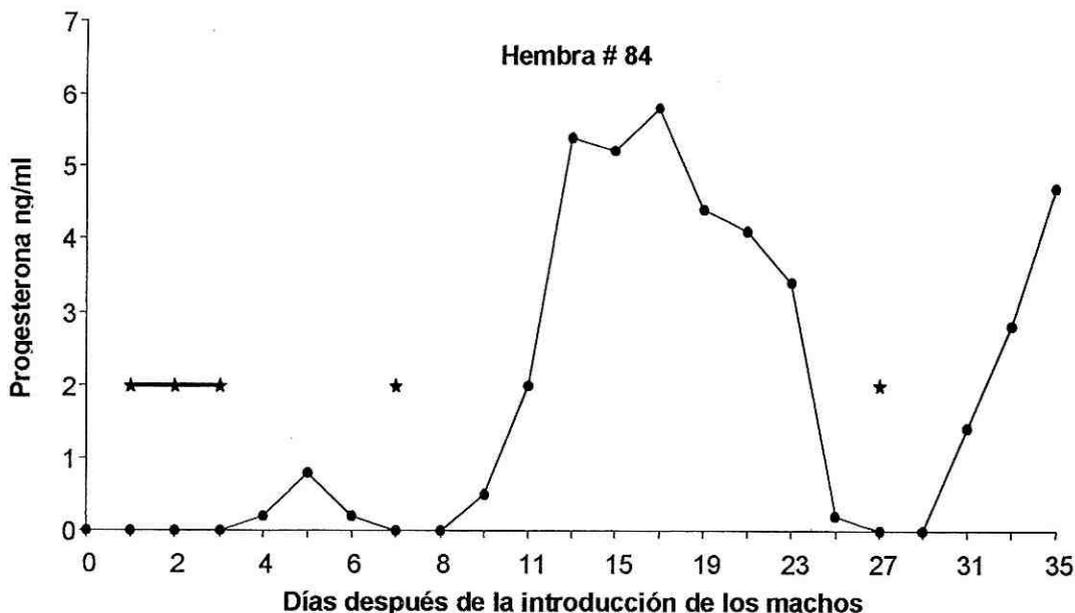
**Figura 12.** Actividad estral (\*) y nivel plasmático de progesterona (●) de una hembra que tuvo contacto con machos del grupo DL+M. El estro fue acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de duración normal.

También un 15% (6/40) de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M manifestaron una ovulación silenciosa, antes de presentar su primer estro, el cual se presentó del día 7 al 10 (Figuras 13).



**Figura 13.** Actividad estral (\*) y nivel plasmático de progesterona (●) de una hembra que tuvo contacto con machos del grupo DL+M. La primera ovulación fue acompañada de un cuerpo lúteo de duración corta sin estro. Después se presentó un primer estro que fue acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de duración normal.

Sólo un 2.5 % (1/40) de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M, manifestó un tercer estro asociado con una ovulación, el cual se registró el día 27 postintroducción de los machos (Figura 14).

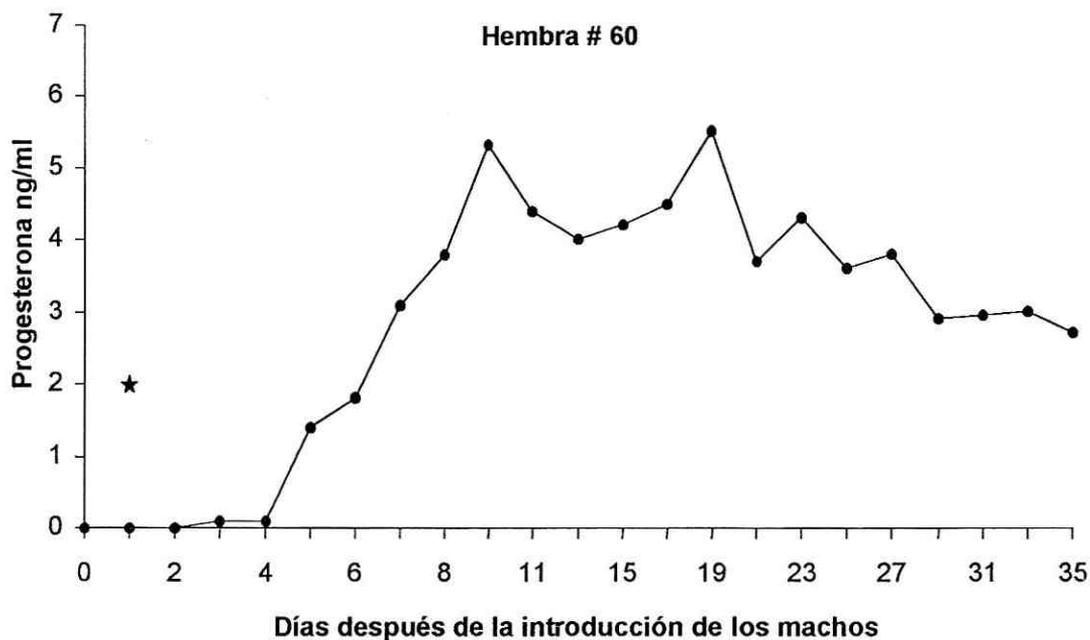


**Figura 14.** Actividad estral (\*) y nivel plasmático de progesterona (●) de una hembra que tuvo contacto con machos del grupo DL+M. El primer estro fue acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de duración corta. Después presentó un segundo estro acompañado de una ovulación y un cuerpo lúteo de duración normal, después presento un tercer estro acompañado de una ovulación.

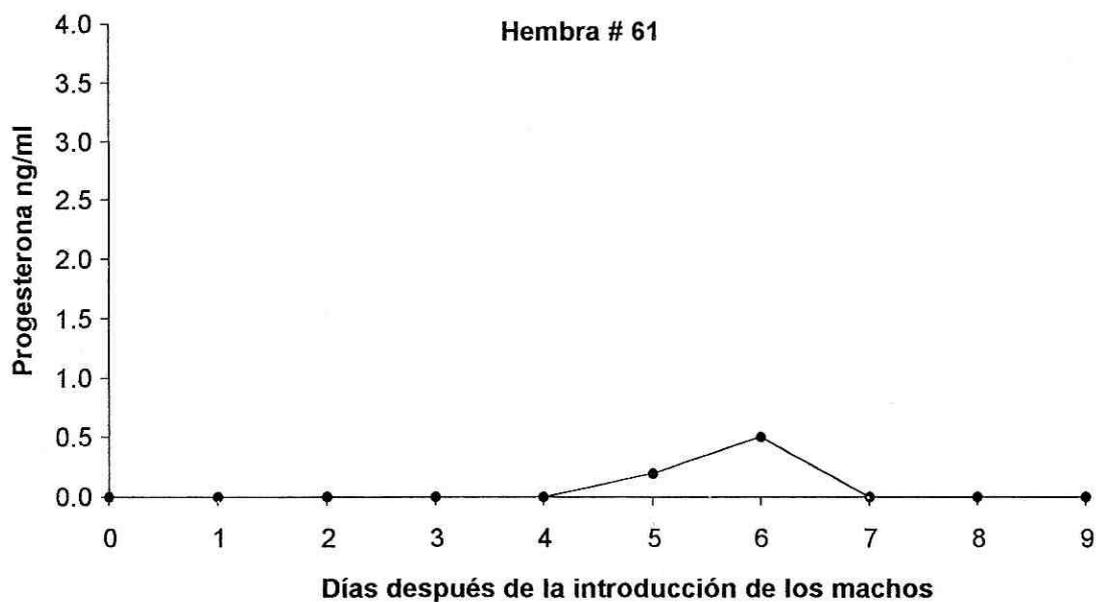
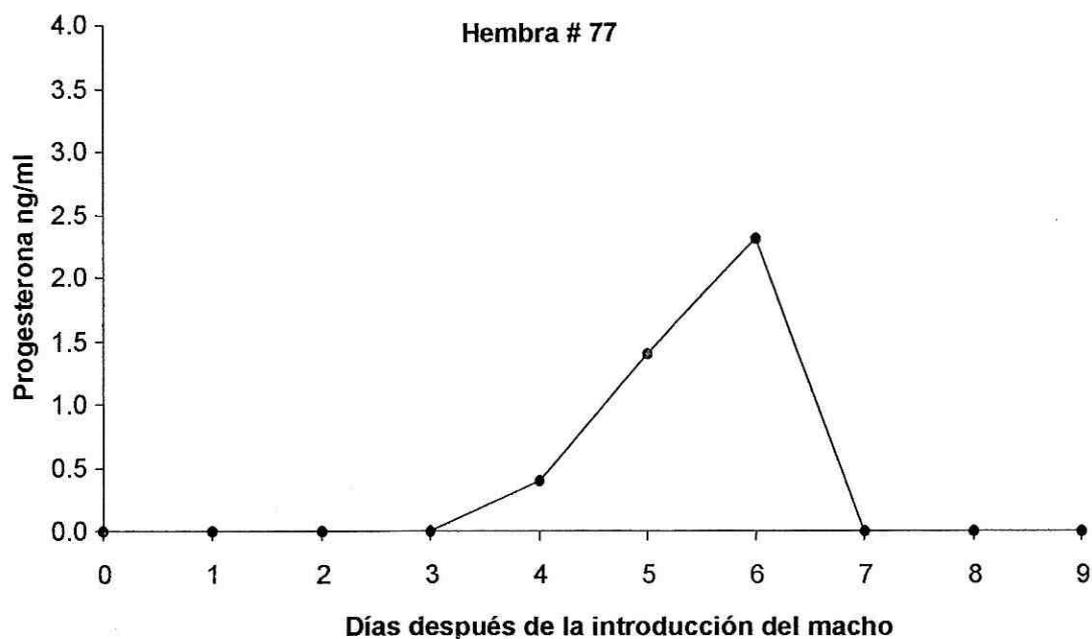
#### 4.2.3. Diferentes evoluciones plasmáticas de progesterona de los cuerpos luteos

En las hembras que tuvieron contacto con los machos del grupo DL+M y que presentaron un primer ciclo ovárico y cuerpo lúteo de duración normal (30%), la concentración plasmática de progesterona se elevó del nivel basal (<0.5 ng/ml) hasta  $4.3 \pm 0.5$  ng/ml en los 7 días siguientes, manteniendo esta concentración por varios días más (Figura 15). En cambio, en las hembras que tuvieron un primer ciclo ovulatorio con un cuerpo lúteo de corta duración (70%), la progesterona se elevó, en algunos casos hasta 0.5 ng/ml, mientras que en

otros, los valores fueron de 2.3 ng/ml, regresando rápidamente a un nivel basal (Figura 16).



**Figura 15.** Nivel plasmático de progesterona (\*) de una hembra que presentó un ciclo ovárico de duración normal y un estro (●).



**Figura 16.** Nivel plasmático de progesterona (●) de dos hembra que presentarán un ciclo ovulatorio corto con un nivel de máximo de 2.3 (arriba) y 0.5 ng/ml (abajo).

La máxima secreción de progesterona en el ciclo corto inducida por los machos del grupo DL+M se observó en promedio en el día  $6.0 \pm 0.2$  con una concentración de  $0.9 \pm 0.1$  ng/ml.

#### **4.2.4 Concepción a los 25 días, fertilidad al parto, duración de la gestación y prolificidad**

La tasa de concepción de las hembras puestas en contacto con el grupo DL+M determinada a través de los niveles plasmáticos de progesterona a los 25 días fue de 95% (38/40). De éstas, el 10% (4/40) quedaron gestantes durante la primera ovulación, y el 85% (34/40) restante quedó gestante en la segunda ovulación. De las hembras que quedaron gestantes a los 25 días, sólo parió el 63.2% (24/38). La duración de la gestación fue de  $148 \pm 0.7$  días. La prolificidad fue de  $2.0 \pm 0.1$  crías. En cambio, la tasa de concepción de las hembras en contacto con el GT fue de 0% (0/34) a los 25 días ( $P < 0.0001$ ).

# Capítulo 5

## DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que la respuesta al efecto macho es más elevada cuando se utilizan machos sexualmente activos que en reposo sexual. Además, demuestran que el tratamiento de 2.5 meses de días largos seguidos de dos implantes subcutáneos de melatonina en machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera, es un excelente método para inducir la actividad sexual de éstos durante el período de reposo sexual. El 100% de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M reactivaron su actividad sexual durante los primeros 11 días después de la introducción de los machos, mientras que ninguna hembra puesta en contacto con los machos del grupo testigo, fue detectada en estro. La respuesta de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M, fue una respuesta clásica, donde se observaron dos períodos de estros en los primeros días después de la introducción de los machos, con una alta proporción de ciclos estrales de duración corta, lo que coincide con lo reportado anteriormente por otros autores (cabras: Chemineau, 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1993; ovejas: Martín *et al.*, 1986). El 85% de los primeros estros fue acompañado de una ovulación de corta duración. Estos ciclos ováricos cortos están asociados con bajos niveles

de progesterona plasmática secretada por el cuerpo lúteo (Chemineau, 1987), y se presentan cuando se realiza el efecto macho y al inicio de la época de reproducción natural (Claus *et al.*, 1990; Chemineau *et al.*, 1992). Posteriormente, las hembras que tuvieron un ciclo estral corto, volvieron a presentar un segundo estro, con un intervalo de  $5.0 \pm 0.2$  días, el cual fue acompañado de una ovulación, y por un cuerpo lúteo de duración normal. Esta segunda ovulación fue asociada en un 100% con un estro, lo cual es similar a lo reportado por Chemineau (1987). Además, un 15% de las hembras manifestaron una ovulación silenciosa del día 5 al 7 después de la introducción de los machos, antes de presentar su primer estro, lo que concuerda con lo descrito con Walkden-Brown *et al.* (1992). Estas respuestas estral y ovárica son similares a lo reportado en las hembras de otras razas caprinas sometidas al efecto macho (Walkden-Brown *et al.*, 1992; Chemineau, 1993). En cambio, ninguna hembra puesta en contacto con los machos del grupo testigo manifestó actividad estral durante el período de observación. Sólo se detectaron dos hembras con una ovulación de ciclo corto, sin estro. La falta de respuesta de las hembras del grupo GT, contrasta con lo reportado hasta ahora referente al efecto macho, pues se ha postulado que la introducción de los machos después de una completa separación de las hembras durante al menos tres semanas, reactiva la actividad sexual de éstas durante el anestro estacional (Chemineau, 1987; Restall, 1988). La respuesta de las hembras a la introducción de los machos del grupo DL+M se debió, probablemente, al intenso comportamiento sexual de los machos que estimularon la liberación de la LH y reactivaron la

actividad gonadal. Este intenso comportamiento de los machos quedó demostrado a través de las pruebas de comportamiento sexual realizadas durante los primeros días del empadre. En efecto, las variables determinadas como las monta, los intentos de monta, las aproximaciones y los olfateos anogenitales, fueron significativamente más elevados en el grupo DL+M que en el grupo GT. Es posible que el contacto físico, el olor, el comportamiento sexual, el sonido, o la interacción de estos factores en los machos tratados, estimularon de una manera intensa a las hembras, para que éstas respondieran presentando un comportamiento sexual después la introducción de los machos. Sin embargo, dado que se utilizaron hembras de dos hatos diferentes, no puede descartarse la existencia de un efecto hato. Es posible que la respuesta de los dos grupos al efecto macho pudo deberse a diferencias en la alimentación, y/o la profundidad del anestro (ovejas: Martín *et al.*, 1986; cabras: Chemineau, 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1993). Sin embargo, esto es improbable por las siguientes razones. La alimentación de los dos hatos fue similar 20 días antes del efecto macho, y durante este tiempo el desarrollo corporal de los dos grupos no fue diferente. El porcentaje de hembras cíclicas antes del empadre indica que los dos hatos estaban en anestro profundo (más del 50% de las hembras son anovulatorias) (Chemineau, 1983). Al respecto, es importante señalar que el porcentaje de hembras cíclicas que fueron separadas del estudio fue más elevado en el grupo de hembra puestas en contacto con los machos tratados (4.7 %) que con los machos testigos (15.6%). Esto indica que el anestro era más profundo en el primero que en el segundo grupo, respectivamente. Estos datos permiten descartar un efecto hato, y sugieren que las hembras Criollas de

nuestra región en anestro estacional y sometidas al efecto macho, responden únicamente a los machos sexualmente activos. Esto es importante porque denota una diferencia de las cabras utilizadas en nuestro estudio con otras en las que se han sometido al efecto macho (Chemineau, 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1993).

La concepción en el primer estro, determinada por los niveles plasmáticos de progesterona, fue menor que en el segundo (10% vs 85%  $P < 0.001$ ) y es similar a lo descrito por Thimonier *et al.* (1983) en cabras Criollas. Este menor porcentaje de concepción es probablemente una consecuencia del ciclo ovárico de corta duración, que usualmente se presenta en la primera ovulación (Chemineau, 1987). Este ciclo ovárico corto que está asociado con una menor secreción de progesterona por el cuerpo lúteo, no puede sostener una gestación (González *et al.*, 1986). El segundo estro en donde quedó gestante la mayor cantidad de hembras, se debe probablemente a que este estro estuvo asociado con un cuerpo lúteo de duración normal acompañado de niveles elevados de progesterona plasmática (Chemineau, 1983). A pesar de que la tasa de concepción de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M al término del empadre fue muy elevada (95%), sólo parió el 60%, de las hembras. Aunque no se conocen los factores que influyeron para que existiera una reducción de la fertilidad al parto, es posible que esta disminución se debió a problemas de alimentación después de haber terminado el empadre. Al terminar el estudio (35 días post introducción de los machos), las hembras volvieron al sistema extensivo, pasando de un alto

nivel a un bajo nivel de alimentación, lo que pudo afectar la fertilidad al parto (Wallace *et al.*, 1999). Al respecto, se ha reportado que en la Comarca Lagunera existe una importante reducción de la disponibilidad alimenticia para las hembras explotadas de una manera extensiva de diciembre a mayo (Hoyos y Sáenz, 1993). Esto pudo provocar un aumento en la mortandad embrionaria. La tasa de concepción de las hembras en contacto con el GT fue de 0%, lo cual se debió a la baja respuesta sexual de las hembras, pues sólo el 15% presentó un ciclo ovulatorio de duración corta, debido a un desarrollo folicular inadecuado como consecuencia de niveles bajos de las hormonas gonadotrópicas (LH, FSH) (González *et al.*, 1986; Martín *et al.*, 1986; Chemineau, 1987).

La prolificidad de las hembras puestas en contacto con el grupo DL+M fue de  $2 \pm 0.1$  y difirió del registrado en las hembras del mismo hato que fueron cubiertas durante la estación natural de reproducción ( $1.7 \pm 0.1$  crías). Esta prolificidad es similar ( $2 \pm 0.1$  crías) a la reportada en las hembras de esta misma región explotadas de manera intensiva (Delgadillo *et al.*, 1998), por lo que es probable que el sistema de explotación intervenga en la tasa de ovulación y en consecuencia en la prolificidad del hato.

# Capítulo 6

## CONCLUSIONES

Los resultados anteriores permiten concluir que los machos sexualmente activos gracias a un tratamiento de días largos y melatonina, inducen una mejor respuesta de las hembras al efecto macho que los machos testigos, que se encuentran en reposo sexual.

# Capítulo 7

## RESUMEN

El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar si los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N), en los cuales se indujo una intensa actividad sexual durante el período natural de reposo sexual, mediante un tratamiento de luz más melatonina, inducen mejor la actividad sexual de las hembras en anestro estacional, mediante el "efecto macho", que los machos no tratados que se encuentran en reposo sexual.

Este estudio se realizó de noviembre de 1997 a septiembre de 1998. Para este estudio se utilizaron 14 machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera, cuya edad variaba de 2 a 4 años. Los machos fueron repartidos en dos grupos, un grupo experimental (DL+M: n=7) y un grupo testigo (GT: n=7). Los machos del grupo GT percibieron las variaciones naturales del fotoperíodo (13:41 horas luz durante el solsticio de verano y de 10:19 horas luz durante el solsticio de invierno). Los machos del grupo DL+M fueron sometidos del 1 de noviembre de 1997 al 15 de enero de 1998 a días largos (16 horas de luz; 8 horas de obscuridad) combinando la luz artificial y la natural. Posteriormente el 16 de enero de 1998, cada macho recibió, por vía subcutánea, dos implantes de

melatonina de 18 mg. En este momento fue suspendido el tratamiento luminoso y los machos fueron sometidos sólo a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera. Este tratamiento induce una intensa actividad sexual de los machos durante el reposo sexual.

Para realizar el efecto macho se utilizaron 74 cabras Criollas multíparas, que parieron de noviembre a diciembre de 1997, y que pertenecían a dos rebaños típicos de la Comarca Lagunera. Veinticinco días previos a la introducción de los machos, cada grupo fue estabulado en su respectivo ejido (20 de febrero). Las hembras no tuvieron ningún contacto físico, auditivo, visual ni olfativo con ningún macho, veinticinco días antes de la introducción de los mismos.

El 15 de marzo de 1998, se introdujeron 4 machos en cada grupo de hembras. Las hembras del ejido Ricardo Flores Magón ( $n= 40$ ) fueron puestas en contacto con machos del grupo DL+M Las hembras del ejido El Cambio ( $n= 34$ ), fueron puestas en contacto con 4 machos del grupo GT. Los machos permanecieron durante 35 días con las hembras.

La actividad sexual de los machos, se realizaron observaciones del comportamiento sexual durante los primeros 5 días seguidos a la introducción de éstos en los grupos de hembras.

En las hembras las actividades estral y ovárica fueron determinadas desde la introducción de los machos (día 0) hasta el día 35 postintroducción. La concepción se determinó a través de los niveles plasmáticos de progesterona. La fertilidad y prolificidad se determinaron al parto.

El comportamiento sexual de los machos cabríos del grupo DL+M determinado por las montas, los intentos de montas, las aproximaciones y los olfateos ano-genitales, fue más intenso que el de los machos del grupo GT ( $P < 0.0001$ , para todas las variables).

El 100% (40/40) de las hembras puestas en contacto con los machos del grupo DL+M manifestó al menos un primer estro y una ovulación en los primeros 11 días después de la introducción de éstos. Contrariamente a esto, ninguna hembra puesta en contacto con los machos del grupo GT manifestó actividad estral durante el período de observación ( $P < 0.0001$ ). Sólo en el 5% (2/34) de las hembras se detectó una ovulación y un cuerpo lúteo de corta duración sin estro. La tasa de concepción de las hembras puestas en contacto con el grupo DL+M fue de 95% (38/40). De las hembras que quedaron gestantes a los 21 días, sólo parió el 63.2% (24/38). La prolificidad fue de  $2.0 \pm 0.1$  crías. En cambio, la tasa de concepción de las hembras en contacto con el GT fue de 0% (0/34) a los 21 días ( $P < 0.0001$ ).

Los resultados anteriores permiten concluir que los machos sexualmente activos gracias a un tratamiento de días largos y melatonina, inducen una mejor respuesta de las hembras al efecto macho que los machos testigos, que se encuentran en reposo sexual.

# Capítulo 8

## LITERATURA CITADA

- Amoah, E.A., Byrant, M.J. 1984. A note on the effect of contact with male goats on the occurrence of puberty in female goat kids. *Anim. Prod.* 38: 141-144.
- Carrillo, E., Morán, J., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 1996. Inducción de la actividad sexual en los machos Criollos de la Comarca Lagunera durante el período de reposo sexual mediante la utilización de la luz artificial y melatonina. XI Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 16-18 Octubre, Chapingo, México: 53-59.
- Carrillo, E., Morán, J., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 1998. Efecto de la luz artificial y melatonina sobre la producción espermática cuantitativa en los machos cabríos criollos durante el período de reposo sexual. XIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura, Octubre del 21 al 23, San Luis Potosí, México: 102-105.
- Carrillo, E., Morán, J., Yescas, C.A., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 1997. Mejoramiento de la calidad espermática de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera tratados con luz y melatonina durante el período de reposo sexual. XII Reunión Nacional sobre Caprinocultura, 4 a 6 Noviembre, Torreón, Coahuila, México: 159-162.
- Claus, R., Over, R., Dehnhard. 1990. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Anim. Reprod. Sci.* 22: 27-38.
- Corteel, J.M., Leboeuf, B., Baril, G. 1988. Artificial breeding of adult goats and kids induced with hormones to ovulate outside the breeding season. *Sm. Rum. Res.* 1: 19.
- Cortez, M.E., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 1997. Evidencia de que el fotoperíodo controla la actividad sexual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera.

XII Reunión Nacional sobre Caprinocultura, 4 a 6 Noviembre, Torreón Coahuila, México: 139-142.

- Chemineau P. 1986. Sexual behaviour and gonadal activity during the year in the tropical Creole meat goat. I. Female estrous behaviour and ovarian activity. *Reprod. Nutr. Dévelop.* 26 (2A): 441-452.
- Chemineau P., Baril G., Delgadillo J.A., 1992. Control hormonal de la reproducción en el caprino. X Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de los Zootecnistas y Técnicos de la Caprinocultura. 22-25 septiembre, Monterrey, Nuevo León, México:143-164.
- Chemineau, P. 1983. Effect on oestrous and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the years. *J. Reprod. Fertil.* 67: 65-72.
- Chemineau, P. 1985. Effects of a progestagen on buck-induced short ovarian cycles in the Creole meat goat. *Anim Reprod Sci.* 9: 87-94.
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrus cycles in anovulatory goats. A review. *Livest. Prod. Sci.* 17: 135-147.
- Chemineau, P., Baril, G., Vallet, J.C., Delgadillo, J.A. 1993. Control de la reproducción en la especie caprina: Interés zootécnico y métodos disponibles. *Rev. Latamer. Peq. Rum.* 1 (1): 15-38.
- Chemineau, P., Lévy, F., Thimonier, J. 1986. Effects of anosmia on LH secretion, ovulation and oestrous behaviour induced by males in the anovulatory Creole goat. *Anim. Reprod. Sci.* 10: 125-132.
- Chemineau, P., Malpoux B., Delgadillo, J.A., Guerin, Y., Ravault, J.P., Thimonier, J., Pelletier, J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 30: 157-184.
- Chemineau, P., Pelletier, J., Guérin, Y., Colas, G., Ravault, J.P., Touré, G., Almeida, G., Thimonier, J., Ortavant, R. 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reprod. Nutr. Dév.* 28 (2B): 409-422.
- Dacheux, J.L., Pisselet, C., Blanc, M.R., Hochereau-de-Reviere M.T., Courot, M. 1981. Seasonal variations in rete testis fluid

secretion and sperm production in different breeds of ram. *J. Reprod. Fertil.* 61: 363-371.

- Delgadillo, J.A., Canedo, G., Espitia, O.H., Flores, M.J., Hernández, O., Flores, J.A. 1997. La estacionalidad del peso testicular de los machos cabríos criollos de la Comarca Lagunera no es modificada por el sistema de explotación. XII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 4-6 Noviembre, Torreón, Coahuila, México: 153-157.
- 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: 727-737.
- Delgadillo, J.A., Chemineau, P. 1992. Abolition of seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats by short photoperiodic cycles. *J. Reprod. Fertil.* 94: 45-55.
- Delgadillo, J.A., Estala, E., Varela, H., Duarte, G., Malpoux, B. 1996. Seasonal variations in testicular weight in Alpine and Nubian male goats in subtropical conditions (Northern México). VI. Int. Conf. on Goats, May 6 – 11, Beijing, China, 2: 810.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Villarreal, O., Flores, M.J., Hoyos, G., Chemineau, P., Malpoux, B. 1997. Length of postpartum anestrus in goats in subtropical Mexico: Effect of season of parturition and duration of nursing. *Theriogenology.* 49: 1209-1218.
- 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: 755-770.
- Delgadillo, J.A., Hochereau M.T., Daveau, A., Chemineau, P. 1995. Effect of short photoperiodic cycles on male genital tract and testicular parameters in male goats (*Capra Hircus*). *Reprod. Nutr. Dév.* 35, 549-558.
- Delgadillo, J.A., Malpoux, B. 1996. Reproduction of goats in the tropics and subtropics. VI. Int. Conf. on Goats, May 6 – 11, Beijing, China: 2, 785-799.
- Duarte, G., Flores, J.A., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 1999. Influencia de factores no fotoperiódicos sobre la regulación estacional de la secreción de LH en las cabras criollas. XLII Congreso

Nacional de Ciencias Fisiológicas, 20 a 24 de octubre, Zacatecas, México: O23.

- Fraser, S., Cowen, P., Franklin, M., Franey, C., Arendt, J. 1983. Direct radioimmunoassay for melatonin in plasma. *Clin. Chem.* 20: 396-397.
- Garnier, D.H., Cotta, Y., Terqui, M. 1978. Androgen radioimmunoassay in the ram: results of direct plasma testosterone and dehydroepiandrosterone measurement and physiological evaluation. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 18: 265-281.
- Gómez-Brunet, A., López-Sebastián, A., Picazo, R.A., Cabellos, B., Goddard, S. 1995. Reproductive response and LH secretion in ewes treated with melatonin implants and induced to ovulate with the ram effect. *Anim. Reprod. Sci.* 39: 23-34.
- González, R., Gibbons, A., García Vinent, J.C. y Birkner, J. 1986. Efecto de la presencia del macho vasectomizado sometido a un régimen luminoso 8 hs luz: 16 hs oscuridad sobre la inducción de celos y la fertilidad en ovejas merino australiano en anestro. *Rev. Arg. Pro. Anim.* Vol. 6, 1-2: 91-100.
- Hoyos, L.G., Sáenz, P. 1993. "La utilización de residuos agrícolas en la alimentación del ganado caprino en la Comarca Lagunera." Reporte del proyecto de sistemas de producción caprino en la Comarca Lagunera y Zacatecas. INIFAP-CIID, Calera, Zacatecas. Publicación especial No 10.: 8-17.
- Hoyos, L.G., Sáenz, P., Salinas, H. 1991. Desarrollo de módulos en la Región Lagunera. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera, 1ª. Reunión informativa, INFAP-CIID: 1-11.
- Howles, C.M., Craigon, H., Haynes, N.B. 1982. Long – term rhythms of testicular volumen and plasma prolactin concentration in rams reared for three year in constant photoperiod. *J. Reprod. Fert.* 65: 439-446.
- Karsch, F.J., Robinson, J.E., Woodfill Celia, J.I., Brown Morton, B. 1989. Circannual cycles of luteinizing hormone and prolactin secretion in ewes: during prolonged exposure to a fixed photoperiod: evidence for an endogenous reproductive rhythm. *Biol. Reprod.* 41: 1034-1046.

- Lindsay, D.R., Signore, J.P. 1980. Influence of behaviour on reproduction. Proceedings of 9<sup>th</sup> International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination. Madrid, España, 1: 83-92.
- Lincoln, G.A. 1989. Seasonal aspects of testicular function. *The Testis*. 2 de: 329-385.
- Lincoln, G.A., Short, R.V. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent Prog. Horm. Res.* 36: 1-52.
- Malpoux, B., Delgadillo, J.A., Chemineau, P. 1997. Neuroendocrinología del fotoperíodo e el control de la actividad reproductiva. Seminario Internacional: Tópicos Avanzados en Reproducción Animal. 12 Septiembre, Montecillo, México: 23-41.
- Martín, G.B., Ford, J.R., Purvis, I.W. 1990. Environmental and genetic factors affecting reproductive activity in the Merino ram. *Reproductive Physiology of Merino Sheep*. School of Agriculture (Animal Science), The University of Western Australia. 109-129.
- Martín, G.B., Oldham, C.M., Cognié, Y., Pearce, D.T. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams – a review. *Livest. Prod. Sci.* 15: 219-247.
- Oldham, C.M., Adams, N.R., Gherardi, P.B., Lindsay, D.R., Mackintosh, J.B. 1978. The influence of level of feed intake on sperm producing capacity of testicular tissue in the ram. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 173-179.
- Ortavant R., Pelletier, J., Ravault, J.P., Thimonier, J., Volland-Nail, P. 1985. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm animals. In: *Oxford Rev. Reprod. Biol.* Clarendon Pres. Oxford. Vol. 7: 303-345.
- Pointron, P., Cognié, Y., Gayerie, F., Orgeur, P., Oldham, C.M., Ravault, J.P. 1980. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol. Behav.* 25: 227-237.
- Radford, H.M., Watson, R.H. y Wood, G.F. 1960. Acrayon and associated harness for the detection of mating under field conditions. *Aus. Vet. J.* 36: 57-66.

- Restall B.J. 1988. Artificial insemination of Australian goats stimulated by the buck effect. *Proc. Austr. Soc. Anim. Prod.* 17: 302-305.
- Restall, B.J. Walkden-Brown, S. Restall, H. 1991. Reproduction research in Australian goats. *Cashmere Research Seminar Proceedings*. 23-24 May, Australia: 49-69.
- Romero-Paredes, J. 1998. Utilización de forrajes nativos del desierto en la alimentación de la cabra. XIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura, Octubre del 21 al 23, San Luis Potosí, S. L. P. México:74-84.
- Roy, f., Combes, B., Vaiman, D., Cribiu, E.P., Poblé, T., Delétang, F., Combarnous, Y., Guillou, F., Maurel, M. 1999. Humoral Immune response to equine chorionic gonatropin in ewes: association with major histocompatibility complex and interferon with subsequent fertility. *Bio. Reprod.* 61: 209-218.
- Sáenz-Escárcega, P., Hoyos, G., Salinas, H., Martínez, M., Espinoza, J., Guerrero, A., Contreras, E. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En "Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera", SARH-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México: 24-34.
- SAGAR, 1998. El siglo de Torreón, 1 de Enero, Coahuila, México.
- Shelton, M. 1980. Goats: Influence of various exteroceptive factors on initiation of oestrus and ovulation. *Int. Goat Sheep Res.* 1: 156-162.
- Signoret, J.P. 1990. The influence of the ram effect on the breeding activity of ewes and its underlying physiology. *Reproductive Physiology of Merino Sheep*. School of Agriculture (Animal Science), The University of Western Australia. 59-70.
- Staples, L.D., McPhee, S., Reeve, J., Williams, A.H. 1991. Practical applications for controlled release melatonin implants in sheep. *Advances in pineal research*: 6. Andrew Foldes & Russel J. Reiter eds. ©: 199-208.
- Therqui, M., Thimonier, J. 1974. Nouvelle méthode radioimmologique pour l'estimation du niveau de progestérone plasmatique. Application pour le diagnostic précoce de la gestation chez la brebis et chez la chèvre. *CR Hebd Séanc. Acad. Sci. Paris*. D279: 1109-1112.
- Thimonier, J., Mauléon, P. 1969. Variations saisonnières du

comportement d'oestrus et des activités ovarienne et hypophysaire chez les ovins. *Ann. Biol. Anim. Bioch. et Biophys.* 9: 223-250.

Tillet, Y., Ravault, J.P., Selve, C., Eving, G., Castro, B., Dubois, M.P. 1986. Conditions d' utilisation d' anticorps especifiques pour la visualisation immuno histochemique de la sérotonine et de la melatonine dan la glande pintéale du montón. *July Seanled. Sci. Paris. III*, 303: 77-82.

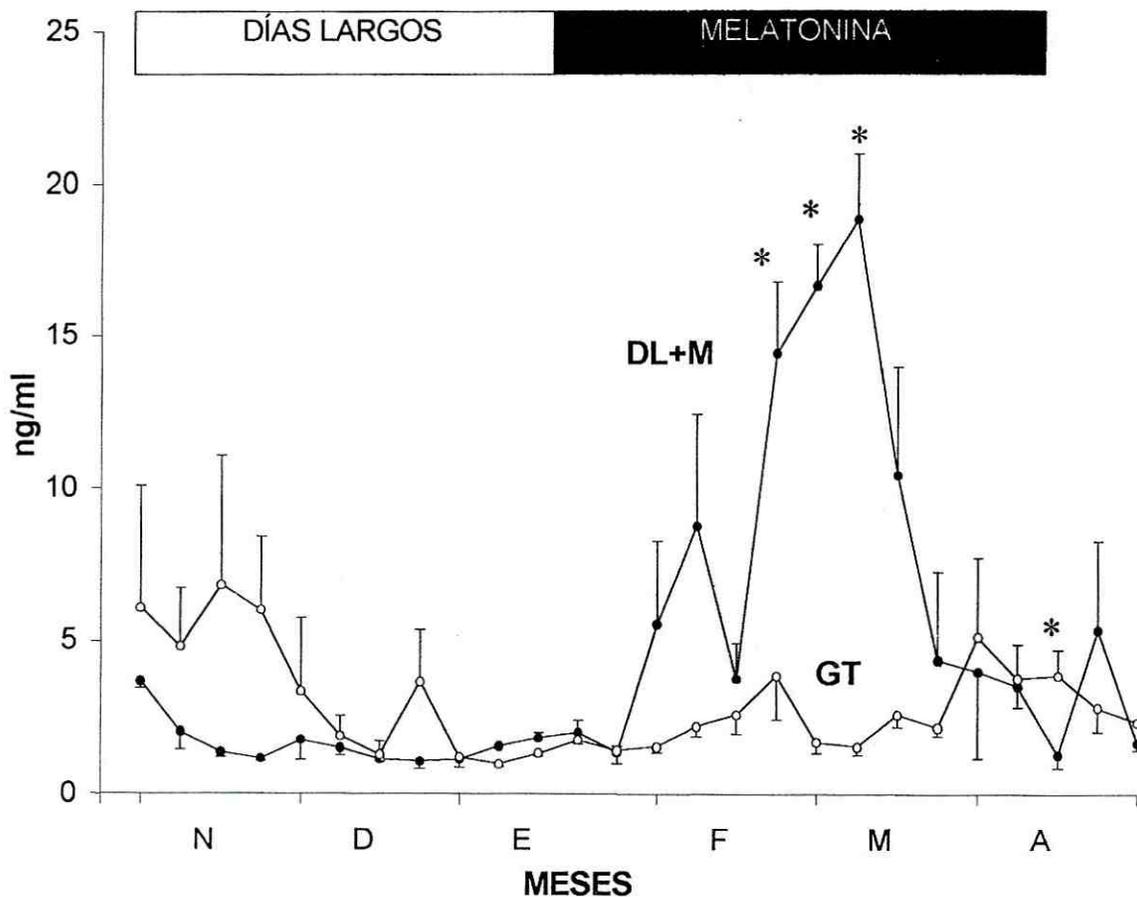
Walkden-Brown, S.E., Restall, B.J. 1996. Enviromental and social factors affecting reproduction. VI Int. Conf. on Goats, May 6 – 11, Beijing, China: 2, 762-775.

Walkden-Brown, S.E., Restall, B.J., Henniawati. 1992. The male effect in the Australian cashmere goat. 1. Ovarian and beavioral response of seasonally anovulatory does following the introduction of males. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 41-53.

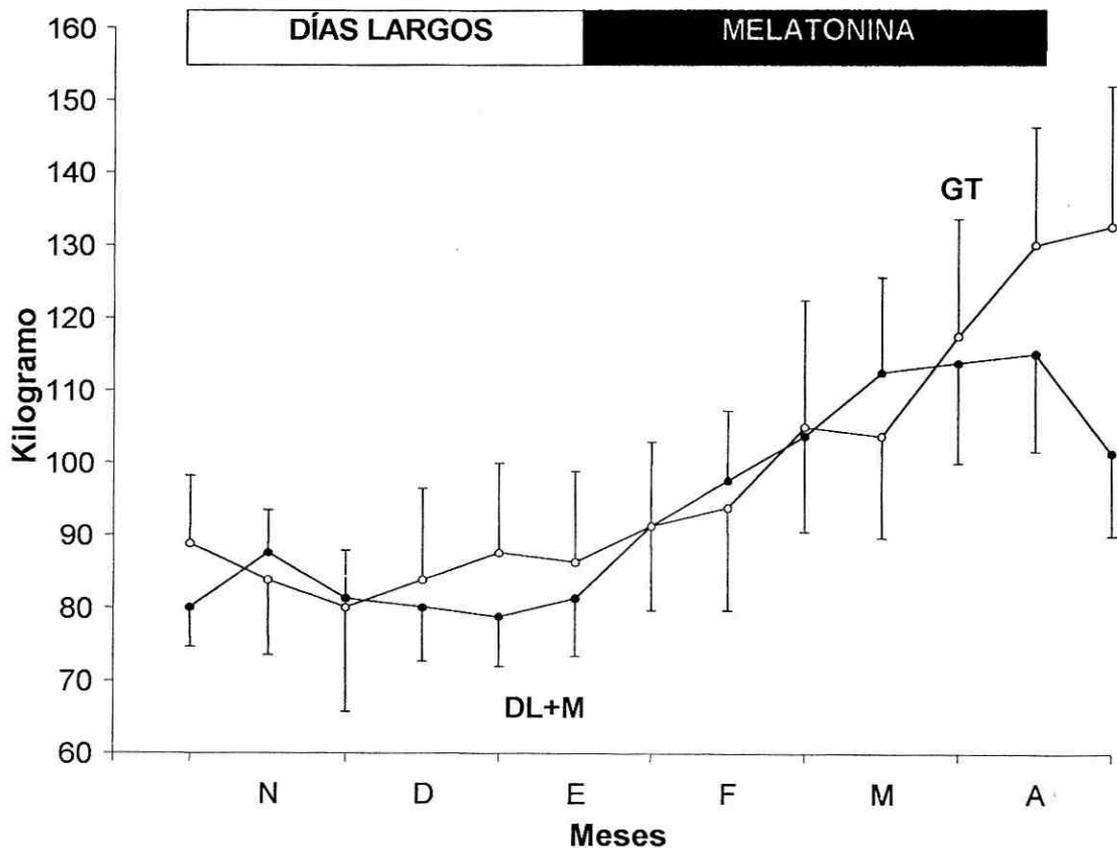
Walkden-Brown, S.E., Restall, B.J., Henniawati. 1993. The male effect in the Australian Cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrus females. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 69-84.

Walkden-Brown, S.E., Restall, B.J., Taylor, W.A. 1994. Testicular and epididymal sperm content in grazing Cashmere bucks: seasonal variation and prediction from measurements in vivo. *Reprod. Fertil. Dev.* 6: 727-736.

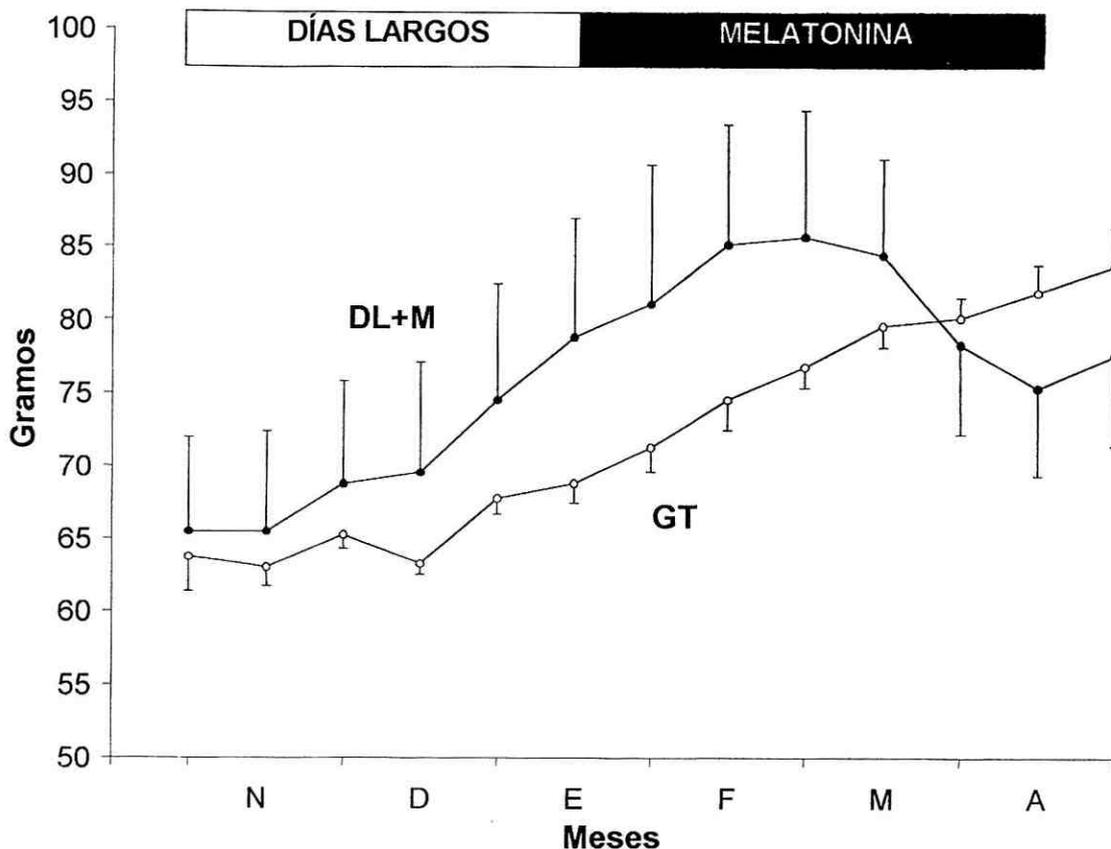
Yeates, N.T.M. 1949. The breeding season of the sheep with particular reference to its modification by artificial light. *J. Agric. Sci. Cambrige.* 39: 1-43.



**Figura A.** Evolución de la concentración plasmática de testosterona (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos cabríos Criollos utilizados en el efecto macho y sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●). \*P<0.05



**Figura B.** Evolución del peso corporal (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos cabríos Criollos utilizados en el efecto macho y sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●).



**Figura C.** Evolución del peso testicular (promedio  $\pm$  s.e.m.) de los machos cabríos Criollos utilizados en el efecto macho y sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (O) o a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de 2 implantes de melatonina (●).