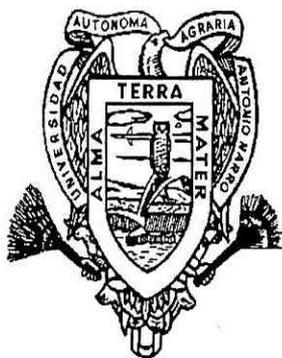


UNA HORA SUPLEMENTARIA DE LUZ DE LAS 13-14 Ó
16 -17 HORAS DESPUÉS DEL ALBA NO PERMITE A LOS
MACHOS CABRÍOS INTERPRETAR UN DÍA LARGO

RAYMUNDO RIVAS MUÑOZ

TESIS

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



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Unidad Laguna - Subdirección de Postgrado
Torreón, Coahuila, enero del 2001.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

UNA HORA SUPLEMENTARIA DE LUZ DE LAS 13-14 Ó 16-17 HORAS
DESPUÉS DEL ALBA NO PERMITE A LOS MACHOS CABRÍOS INTERPRETAR
UN DÍA LARGO

TESIS

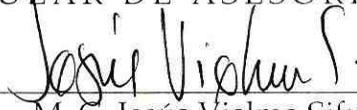
POR
RAYMUNDO RIVAS MUÑOZ

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

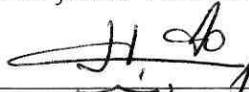
COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

Asesor principal:



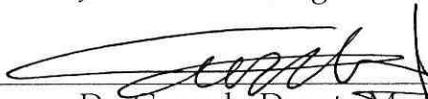
M. C. Jesús Vielma Sifuentes

Asesor:

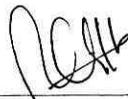


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Asesor:



Dr. Gerardo Duarte Moreno



Dr. Raúl Villegas Vizcaíno
Jefe del Departamento de Postgrado

Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector del Postgrado

Torreón, Coahuila, enero del 2001

DEDICATORIAS

A DIOS NUESTRO SEÑOR

A MIS PADRES:

FRANCISCO RIVAS QUIÑONES

MARIA DEL CARMEN MUÑOZ DE RIVAS

A MI ESPOSA E HIJAS:

EUNICE TOVAR DE RIVAS

BRIANDA NADXYELY RIVAS TOVAR

EUNICE YEHEVANI RIVAS TOVAR

NICTHE ISABEL RIVAS TOVAR

A MIS HERMANAS:

GABRIELA RIVAS MUÑOZ

VERONICA RIVAS MUÑOZ

A todos ellos por su gran cariño y el gran apoyo incondicional que siempre me han brindado para poder lograr mis metas, y en forma muy especial a mi esposa Eunice.

AGRADECIMIENTOS

Al M. C. Jesús Vielma Sifuentes, por su gran apoyo y dedicación para la realización de la presente investigación.

Especialmente al Dr. J. Alberto Delgadillo Sánchez, por su gran amistad y los buenos momentos, y en especial por el aporte de sus conocimientos para la realización de la presente investigación.

Al Dr. Gerardo Duarte Moreno, por su amistad y la acertada asesoría en la realización de la presente investigación.

Al Dr. Benoît Malpoux, por su apoyo en la valorización de las determinaciones hormonales de 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), por los recursos facilitados para la investigación.

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

A mis compañeros del CIRCA, especialmente a Severo de la Torre y Juana Aguilar, por su gran apoyo y por compartir sus conocimientos, además, a Héctor Felipe Hernández Ortega por su apoyo y amistad durante el periodo de estudio y en especial a Francisco Gerardo Véliz Deras por su amistad y apoyo técnico en la elaboración de este documento.

A mis compañeros de estudio, Severo de la Torre y Juan García Reyes, por compartir buenos momentos durante todo el periodo de estudio.

Al Instituto Tecnológico Agropecuario # 10, a la DGETA, a la SEP y al COSNET por las facilidades otorgadas para que realizara mi maestría.

COMPENDIO

**UNA HORA SUPLEMENTARIA DE LUZ DE LAS 13-14 Ó
16-17 HORAS DESPUÉS DEL ALBA NO PERMITE A LOS
MACHOS CABRÍOS INTERPRETAR UN DÍA LARGO**

POR

RAYMUNDO RIVAS MUÑOZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS

REPRODUCCIÓN ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA, ENERO DEL 2001

M.C. JESÚS VIELMA SIFUENTES – ASESOR

Palabras claves: fotoperíodo, subtrópicos, prolactina, testosterona, machos cabríos

El presente estudio se realizó para determinar cómo los machos cabríos de la Comarca Lagunera perciben una hora suplementaria de luz (flash) de 13 a 14 ó de 16 a 17 horas después del alba. Se utilizaron 23 machos cabríos representativos del biotipo existente en la Comarca Lagunera, que estuvieron estabulados durante el transcurso del experimento. Los animales fueron divididos en cuatro grupos, el grupo testigo (GT, n=6) sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo y temperatura de la Comarca Lagunera. Los machos de los grupos experimentales fueron sometidos artificialmente a 10 h de luz/ día más un flash de 13 a 14 h (F13, n=6) o de 16 a 17 h (F16, n=5) después del alba. Los machos de otro grupo (L+M, n=6) fueron sometidos a 2.5 meses de días largos (16 h de luz y 8 h de oscuridad), después de esto recibieron 2 implantes subcutáneos de melatonina de 18 mg. Los pesos corporal y testicular fueron evaluados cada 15 días. La testosterona se determinó semanalmente, mientras que la prolactina fue determinada cada hora durante 24 horas.

Los análisis de varianza (ANAVA) mostraron un efecto del tiempo del experimento ($P < 0.001$) para las variables del peso corporal y peso testicular de los cuatro grupos en estudio. Además fue detectada una interacción grupo * tiempo del experimento solamente para el peso corporal ($P < 0.001$).

La testosterona varió a través del experimento ($P < 0.001$). También se encontró una interacción grupo * tiempo del experimento ($P < 0.001$). El grupo L+M fue diferente de los demás. Una diferencia en la evolución de la testosterona fue también encontrada entre los grupos F13 vs. GT ($P < 0.05$). En marzo, los niveles de

testosterona del grupo L+M fueron superiores en comparación con los demás grupos.

Los niveles plasmáticos de prolactina del grupo L+M fueron superiores a los obtenidos en los demás grupos en un período de 24 horas. Una diferencia significativa ($P < 0.006$) se encontró entre L+M vs. F16 y GT. Ninguna diferencia se encontró en los análisis de los demás grupos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la aplicación de un flash de 13 a 14 ó de 16 a 17 horas después del alba, no permite a los machos cabríos de la Comarca Lagunera interpretar un día largo.

ABSTRACT

**ONE SUPPLEMENTARY HOUR OF LIGHT TO THE 13 – 14
OR 16 –17 HOURS AFTER DAWN DO NOT ALLOW TO
MALE CREOLE GOATS TO INTERPRET A LONG DAY**

by

RAYMUNDO RIVAS MUÑOZ

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL REPRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA, ENERO DEL 2001

M.C. JESÚS VIELMA SIFUENTES – ASSESSOR

Key Words: photoperiod, subtropics, prolactin, testosterone, male goats

The purpose of this work was to know how the Creole male goats in the Comarca Lagunera perceive one supplementary hour of light (flash), 13 – 14 or 16 – 17 hours after dawn. Twenty three Creole bucks representative of the phenotype in the Comarca Lagunera were used. The males remained in an intensive system during the experiment. Animals were divided in four groups. The control group (GT, n=6) was subjected to natural variations of photoperiod and temperature of the Comarca Lagunera. The second and third groups were subjected to 10 h of light/day plus an additional flash to 13 – 14 h (F13, n=6) or 16 – 17 h (F16, n=5) of light after dawn. The bucks of other group (L+M, n=6) were subjected to 2.5 months of long days (16 h light and 8 h of darknees), after, they received tow subcutaneous implants of 18 mg of melatonin. The body and testicular weight were measured every 15 days. Testosterone was determined weekly, while prolactine was measured hourly during 24 hours. The analysis of variance showed an effect of time of experiment ($P<0.001$) for the body and testicular weight. However an interaction between group and time was detected only for body weight ($P<0.001$). Testosterone changed during the experiment ($P<0.001$). An interaction between group and time of experiment was found ($P<0.001$). The group L+M was different to the other three groups. Besides, difference in the evolution of testosterone was also established between F13 and GT groups ($P<0.05$). On march, testosterone levels of L+M group were higher than in the other groups. Prolactin levels in L+M group were higher than those observed in the control and F16 group in a period of 24 h. A significative difference ($P<0.006$) was founded in the prolactin levels between L+M vs. F16 and GT groups. None difference was founded the analysis in other groups. Results show that the application of one flash to 13 – 14 hours or 16

– 17 hours after dawn, do not allow to male Creole goats in the Comarca Lagunera to interpret a long day.

Índice de contenido

	Pág.
Capítulo 1	
Introducción	1
Capítulo 2	
Revisión de literatura	4
2.1 Actividad reproductiva de los ovinos y caprinos originarios de zonas templadas	4
2.2 Control fotoperiódico de la actividad reproductiva en zonas templadas	7
2.3 Vías fotoneuroendócrinas	8
2.4 Estacionalidad reproductiva de los caprinos de zonas subtropicales	9
2.5 Control fotoperiódico de la actividad reproductiva	12
2.5.1 Zonas templadas	12
2.5.1.1 Ciclos fotoperiódicos de largos y días cortos	13

2.5.1.2 Tratamientos fotoperiódicos con días largos y melatonina.....	14
2.5.1.3 Flash	14
2.5.2 Zonas subtropical	16
Objetivo	18
Hipótesis	18
 Capítulo 3	
Materiales y Métodos	19
3.1 Localización del experimento	19
3.2 Animales experimentales	21
3.3 Alimentación	21
3.4 Manejo	22
3.5 Formación de grupos experimentales	22
3.6 Alojamiento de los animales	23
3.7 Variables evaluadas	25
3.7.1 Variables evaluadas y determinaciones hormonales	25
3.7.1.1 Peso corporal.....	25
3.7.1.2 Peso Testicular	25
3.7.1.3 Prolactina.....	26
3.7.1.4 Testosterona	26
3.7.1.5 Análisis de datos	27

Capítulo 4

Resultados	28
4.1 Peso corporal	28
4.2 Peso testicular	31
4.3 Testosterona	34
4.4 Prolactina	37

Capítulo 5

Discusión	41
-----------------	----

Capítulo 6

Conclusión	45
------------------	----

Capítulo 7

Resumen	46
---------------	----

Capítulo 8

Literatura citada.....	49
------------------------	----

Índice de figuras

Figura		Pág.
Capítulo 3		
1	Temperaturas máximas y mínimas registradas semanalmente durante el estudio en las cámaras fotoperiódicas (arriba) y en los corrales al natural (abajo).	20
2	Variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera situada a la latitud de 26° N y 103° longitud.	21
Capítulo 4		
3a	Evolución del peso corporal (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F13 (\diamond), F16 (\blacksquare), L+M () y GT (\bullet).	29
3b	Evolución del peso corporal (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F16 (\blacksquare), L+M () y GT (\bullet).	30
4a	Evolución del peso testicular (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F13 (\diamond), F16 (\blacksquare), L+M () y GT (\bullet).	32
4b	Evolución del peso testicular (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F16 (\blacksquare), L+M () y GT (\bullet).	33
5a	Concentraciones plasmáticas de testosterona (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F13 (\diamond), F16 (\blacksquare), L+M () y GT (\bullet).	35
5b	Concentraciones plasmáticas de testosterona (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F16 (\blacksquare), L+M () y GT (\bullet).	36
6a	Concentraciones plasmáticas de prolactina (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F13 (\diamond), F16 (\blacksquare), L+M () y GT (\bullet), de cada hora durante 24 horas	38

(áreas sombreadas indican que el muestreo se realizó cada 15 minutos).

- 6b Concentraciones plasmáticas de prolactina (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F16 (■), L+M () y GT (●), de cada hora durante 24 horas (áreas sombreadas indican que el muestreo se realizó cada 15 minutos). 39
- 7 Concentraciones totales de la prolactina plasmática en un período de 24 h de muestreos sanguíneos para los grupos F13, F16, L+M y GT. 40

Índice de tablas

Tabla	Pág.
Capítulo 3	
1	Pesos (promedio \pm error estándar de la media) corporal y testicular de los grupos en estudio al día 15 de octubre de 1998.
	22

Capítulo 1

Introducción

La cabra en México es uno de los principales animales domésticos explotados debido a su gran habilidad para desarrollarse en zonas inhóspitas. En México, el 60 % de su territorio es semidesértico o desértico, por lo que la mayoría de los animales domésticos no pueden ser explotados en estas regiones. Sin embargo, la cabra por sus múltiples características de adaptabilidad, rusticidad y capacidad para aprovechar de estas zonas, se explota con éxito generando productos para autoconsumo como la carne, leche y sus derivados, entre otros. Además, los caprinocultores obtienen ingresos extras para mejorar su economía familiar con la venta de leche y 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' latitud norte y cuenta con una superficie de 64,785.7 km². En la Comarca Lagunera la población caprina es estimada en más de 457,000 cabezas, de las cuales el 70 % se encuentran en áreas marginadas (SAGAR, 1999).

En la Comarca Lagunera, se ha observado la existencia de variaciones estacionales de la actividad sexual del macho cabrío Criollo, donde el período de reposo sexual se sitúa de enero a abril y el de actividad sexual de mayo a diciembre. En efecto, el peso testicular, un buen indicador de la producción espermática exhibe significantes cambios a lo largo del año, con un período de incremento de enero a julio y un período de disminución de agosto a diciembre (Delgadillo *et al.*, 1999a).

La estacionalidad reproductiva de estos machos es controlada por el fotoperíodo (Delgadillo *et al.*, 2000). Así, en los machos sometidos artificialmente a tres meses de días largos y tres meses de días cortos, la secreción de testosterona se incrementa al inicio de los días cortos y disminuye al final de estos o al inicio de los días largos. La modificación del fotoperíodo permite entonces, modificar el ritmo anual de reproducción del macho cabrío. En efecto, 2.5 meses de días largos (16 hr de luz / día), seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (hormona que imita los días cortos; Delgadillo *et al.*, 2001; Flores *et al.*, 2000), o días cortos naturales del invierno (Hernández *et al.*, 1998), permiten inducir una intensa actividad sexual de los machos cabríos Criollos durante la primavera.

El tratamiento luminoso antes mencionado, puede simplificarse y hacerse más económico disminuyendo las horas de consumo de electricidad. En los machos de algunas razas de ovinos y caprinos de zonas templadas, se ha reportado que los animales perciben un día largo durante el invierno cuando se

les proporciona una hora de luz suplementaria (flash) durante la fase fotosensible, la cual se sitúa de las 16 a las 17 horas después del alba, determinada artificialmente (Chemineau *et al.*, 1992). En efecto, los niveles plasmáticos de prolactina, hormona que indica como los animales perciben la duración del día, son más elevados en los machos que reciben un flash de las 16 a las 17 h después del alba, que cuando lo reciben a cualquier otro momento de la fase de oscuridad (Ortavant y Loir, 1980). Los estudios de la identificación de la fase fotosensible se realizaron a la latitud de 45°N, en donde el día más largo y el más corto son de 16 y 8 h luz, respectivamente. En la Comarca Lagunera (26°N), la duración del día en los solsticios de verano e invierno son de 13:41 y 10:19 h, respectivamente, por lo que es posible que el momento para proporcionar el flash sea diferente del reportado en las razas ovinas y caprinas originarias de zonas templadas (Ortavant y Loir, 1980; Chemineau *et al.*, 1992).

Así pues, el presente estudio se realizó para determinar la respuesta de los machos cabríos de la Comarca Lagunera a la aplicación de una hora suplementaria de luz (flash) de las 13 a las 14 h o de las 16 a las 17 h después del alba, y así, simplificar el tratamiento luminoso de 16 h de luz, que se aplica de manera artificial para proporcionar un día largo.

Capítulo 2

Revisión de literatura

2.1 Actividad reproductiva de los ovinos y caprinos originarios de zonas templadas

Los pequeños rumiantes, como los ovinos y los caprinos originarios de zonas templadas, han desarrollado una estrategia reproductiva con la finalidad de que los partos ocurran durante la primavera, cuando las condiciones climáticas son favorables para la sobrevivencia de las crías (Ortavant *et al.*, 1985). En los machos de estas dos especies, la actividad reproductiva varía profundamente a lo largo del año. Así, en los machos ovinos de la raza Ile-de-France y en los machos cabríos de las razas Alpina y Saanen, la libido, la talla testicular y la producción espermática, son más elevadas durante el período de actividad (otoño-invierno) que durante el período de reposo sexual (primavera-verano) (Pelletier, 1971; Delgadillo *et al.*, 1991; 1992). En los pequeños rumiantes originarios de regiones templadas, la actividad reproductiva se desarrolla durante los días cortos del otoño y el invierno, mientras que el reposo sexual ocurre durante los días largos de la primavera y el verano (hembras: Karsch *et al.*, 1984; Chemineau *et al.*, 1992; machos: Lincoln y Short, 1980; Delgadillo *et al.*, 1993). Esta actividad reproductiva estacional es controlada principalmente por el fotoperíodo (Malpoux *et al.*, 1999).

En los machos Alpinos y Saanen la disminución de la actividad de espermatogénesis registrada durante el período de reposo sexual, provoca una disminución del peso testicular de 150 gr en invierno a 117 gr en primavera (Delgadillo *et al.*, 1995). Por otra parte, en los machos ovinos de la raza Ile-de-France, el peso testicular presenta valores de 200 gr en febrero y marzo, mientras que en julio presenta valores de hasta 350 gr. Estas fluctuaciones son asociadas con cambios en el volumen del eyaculado, la concentración espermática, la calidad del esperma y su fertilidad. Similares cambios estacionales son observados en el macho cabrío Alpino (Chemineau *et al.*, 1989).

El comportamiento sexual de los machos ovinos y caprinos presenta importantes variaciones estacionales. En los ovinos y caprinos, la intensidad del comportamiento sexual se incrementa al final del verano o a principios del otoño, prolongándose hasta finales del invierno (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo *et al.*, 1991). La testosterona, hormona responsable del comportamiento sexual (D'Occhio y Brooks, 1976), presenta importantes variaciones estacionales. El incremento de la testosterona se produce antes de la manifestación de un intenso comportamiento sexual (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo y Chemineau, 1992). Así pues, en los machos Alpinos y Saanen, los niveles basales (< 5 ng/ml) de la testosterona son registrados de enero a julio; después se produce un incremento repentino en agosto, que alcanza concentraciones superiores a los 15 ng/ml en septiembre. De septiembre a

diciembre los niveles de testosterona presentan una disminución gradual hasta alcanzar nuevamente los niveles basales (Delgadillo *et al.*, 1993).

Por otra parte, la prolactina, hormona que está directamente relacionada con la duración del día y que indica cómo los machos perciben la duración del mismo (Ortavant y Loir, 1980), presenta importantes variaciones estacionales en su secreción. Hafez (1996) menciona que la prolactina es una hormona secretada por el lóbulo anterior de la hipófisis. La prolactina de los mamíferos es una hormona proteica de 197-199 aminoácidos. El incremento en la secreción de prolactina está asociada con el incremento de la duración del día y la temperatura (Knobil y Neill, 1994). En efecto, la prolactina presenta importantes variaciones estacionales en su secreción plasmática, presentando altos valores en primavera y verano y bajos valores en otoño e invierno (Curlewis, 1992; Duarte, 2000) Por su parte, Karsch y colaboradores (1989), mencionan que la prolactina presenta altos valores alrededor del solsticio de verano cuando las horas luz llegan a su máximo y la temperatura ambiente es elevada; y valores bajos alrededor del solsticio de invierno cuando las horas luz llegan a su mínimo y la temperatura ambiental es baja. En los machos Alpinos y Saanen también se presentan altas concentraciones plasmáticas de prolactina en primavera y verano, con altos valores en mayo (61.9 ng/ml) y bajas concentraciones en otoño e invierno, con bajos valores en noviembre (4.9 ng/ml). En condiciones experimentales, la prolactina se incrementa también durante los días largos y disminuye durante los días cortos (Delgadillo *et al.*, 1993). La prolactina muestra variaciones de su secreción en un período de 24

h. En los machos de la raza Soay, sometidos a las variaciones del fotoperíodo, ocurre un pico de prolactina al inicio de la fase oscura (90 ng/ml) y otro pequeño pico al inicio de la fase de luz (70 ng/ml). Lo cual hace evidente un ritmo circadiano bifásico en la secreción de prolactina (Lincoln y Short, 1980). Así mismo, en los caprinos sometidos a días largos artificiales, la prolactina muestra un patrón bifásico de secreción, con un gran pico en el crepúsculo (177 ng/ml) y un pequeño pico en el alba (60 ng/ml) (Gebbie *et al.*, 1999; Kennaway *et al.*, 1983). De forma general, en los caprinos, los niveles de prolactina en el día se mantienen bajos, mientras que estos se incrementan en forma bifásica en la fase de oscuridad (Gebbie *et al.*, 1999; Maeda *et al.*, 1986).

2.2 Control fotoperiódico de la actividad reproductiva en zonas templadas

En los pequeños rumiantes originarios de zonas templadas, el ciclo anual de reproducción observado en condiciones naturales puede ser alterado al modificar solamente el fotoperíodo. Así pues, la inversión del ciclo fotoperiódico anual, provoca la inversión del ciclo anual de reproducción en ambos sexos (hembras: Thwaites, 1965; Alberio y Colas, 1976). Asimismo, la utilización de ritmos fotoperiódicos que reproducen en seis meses las variaciones anuales en la longitud del día, permite obtener dos estaciones reproductivas por año tanto en hembras como en los machos (Mauléon y Rougeot, 1962; Lindsay *et al.*, 1984). Finalmente, la alternancia de días largos (16 h luz y 8 h oscuridad: 16 L: 8 O) y días cortos (8 L: 16 O) cada 90 días, induce una actividad reproductiva

que inicia durante los días cortos y termina durante los días largos (Legan y Karsch, 1980; Lincoln, 1989).

Los experimentos antes mencionados demostraron que las variaciones fotoperiódicas modifican profundamente la actividad reproductiva en ambos sexos. Sin embargo, existen otros factores del medio ambiente que son solamente moduladores de la actividad reproductiva en estas especies (Chemineau, 1993), como la temperatura (Legan y Karsch, 1980), las relaciones sociales (Restall, 1992) y la nutrición (Walkden-Brown *et al.*, 1994).

2.3 Vías fotoneuroendócrinas

En los mamíferos, la información fotoperiódica es recibida por la retina y transmitido a la glándula pineal en varias etapas (Malpoux *et al.*, 1997). La importancia de los receptores de la retina en el control fotoperiódico de la reproducción ha sido demostrado en la oveja por Legan y Karsch (1983). La enucleación hace a las ovejas insensibles a la acción del fotoperíodo sobre la secreción de LH. Esto permite sugerir que los ovinos y caprinos necesitan de la visión para transmitir la información fotoperiódica del medio ambiente al sistema nervioso central.

De la retina, la información es transferida al núcleo supraquiasmático a través de la vía monosináptica retino-hipotalámica (Herbert *et al.*, 1978). De ahí,

el estímulo provocado por la luz pasa por los núcleos supraquiasmáticos, los paraventriculares y los ganglios cervicales superiores, para llegar finalmente a la glándula pineal (Lincoln, 1979; Karsch *et al.*, 1984). Esta glándula responde a los efectos del fotoperíodo secretando la melatonina, mediante un ritmo circadiano. En ovinos y caprinos, los niveles plasmáticos diurnos de melatonina son mínimos, generalmente indetectables (< de 5 pg/ml), mientras que los niveles nocturnos son muy elevados y varían de 100 a 500 pg/ml en los ovinos y de 50 a 150 en los caprinos (Malpaux *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1995; Delgadillo y Chemineau, 1992; Delgadillo, 2001). Por ello, una larga duración de secreción de melatonina corresponde a un día corto y viceversa (Lincoln y Short, 1980; Karsch *et al.*, 1984; Arendt, 1998).

El fotoperíodo, a través de la secreción de la melatonina, regula la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas. Para efectuar esta regulación, la melatonina actúa a nivel del hipotálamo medio-basal para controlar la secreción del GnRH, y en consecuencia, de la LH que a su vez controla la actividad de las gónadas (Malpaux *et al.*, 1999).

2.4 Estacionalidad reproductiva de los caprinos de zonas subtropicales

Se ha demostrado que en algunas razas de caprinos originarios o adaptados a las zonas subtropicales, la actividad reproductiva presenta amplias variaciones estacionales, en ocasiones semejantes a las reportadas en las

razas originarias de zonas templadas (Santa María *et al.*, 1990; Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo y Malpoux, 1994; Delgadillo *et al.*, 1999a; Duarte *et al.*, 1999).

En Australia (29° S), el peso testicular y los niveles plasmáticos de testosterona, LH y producción espermática de los machos cabríos de la raza Cashmere presenta variaciones estacionales de gran amplitud. Los niveles más bajos de testosterona (< de 1 µg/l) y del peso testicular (< de 220 gr) son observados durante la primavera y el verano, mientras que los valores máximos de estas variables (> de 8 µg/l y hasta 300 gr, respectivamente) se observan en el otoño y el invierno (Restall *et al.*, 1991; Walkden-Brown *et al.*, 1994). En estos animales, la alimentación es un factor importante para el desarrollo del ciclo anual de reproducción. Al respecto, se demostró en los machos cabríos de la raza Cashmere, que el incremento del peso testicular y la secreción de la testosterona dependen principalmente de la calidad y cantidad del alimento que se proporciona a los animales. En los animales subalimentados, la estación reproductiva inició después que en los animales bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994).

En el norte de México (26° N), los machos cabríos locales mantenidos en condiciones extensivas y sometidos a variaciones importantes de la disposición alimenticia, manifiestan variaciones estacionales de su actividad sexual (Delgadillo *et al.*, 1997). Sin embargo, este fenómeno es también observado en los machos estabulados y alimentados adecuadamente. En efecto, en los

machos mantenidos en estabulación, el período de reposo sexual que se caracteriza por una disminución del peso testicular, de la producción espermática, de los niveles de testosterona y de la libido, se presenta de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999b). De tal forma, en los machos locales sometidos al fotoperíodo y temperaturas de la región, el peso testicular que es buen indicador de la actividad de espermatogénesis, presenta importantes variaciones estacionales con valores bajos del orden de 90 gr en el período de reposo que se sitúa de enero a abril y valores altos de hasta 145 gr de mayo a diciembre (Delgadillo *et al.*, 1999a). Por otra parte, Delgadillo (2001) estudio con machos Criollos de la Comarca Lagunera el peso testicular y encontró valores de 88 gr en diciembre (época de reposo sexual) y de 148 gr en junio (época de actividad sexual). En estas mismas condiciones en los machos cabríos locales, la testosterona presenta importantes variaciones estacionales en su secreción. Los valores más bajos son ubicados en febrero y marzo (0.1 ng/ml) y los valores altos presentados de mayo a noviembre (>10 ng/ml) (Delgadillo *et al.*, 1999a; Delgadillo *et al.*, 2001). Esto sugiere que a diferencia de los machos Cashmere, en los machos locales de la Comarca Lagunera, la alimentación no es el principal factor que determina la actividad reproductiva. En efecto, en estos animales la estacionalidad reproductiva es controlada por el fotoperíodo (Duarte *et al.*, 1999). Así pues, en los machos cabríos locales sometidos a alternancias consecutivas de 3 meses de días largos (14 h de luz) y 3 meses de días cortos (10 h de luz), la secreción de la testosterona, hormona responsable de la actividad sexual, se incrementó durante los días cortos (13 ng/ml) y disminuyó durante los días largos (2.8 ng/ml) (Delgadillo *et al.*, 2000).

2.5 Control fotoperiódico de la actividad reproductiva

2.5.1 Zonas templadas

En ovino y caprinos de zonas templadas se ha descrito la importancia del fotoperíodo en el control del ciclo estacional de reproducción a través de dos hechos. El primero indica que de todas las variaciones medioambientales, el fotoperíodo es el factor más repetible de un año a otro, y además es un buen predictor de la secuencia de las estaciones del año. El segundo, es que mientras la estacionalidad es generalmente una regla en las razas de ovinos y caprinos originarias de altas latitudes ($> 40^\circ$), algunas razas de latitudes bajas son sexualmente activas todo el año. A los ovinos y caprinos de zonas templadas se les llama animales de días cortos porque su período de actividad sexual ocurre en el otoño y el invierno, y porque al pasarlos artificialmente de días largos a días cortos se estimula e inhibe, respectivamente, la actividad sexual (Cemineau *et al.*, 1992).

Sin embargo, aunque los días cortos estimulan la actividad reproductiva, la reproducción eventualmente cesa en los animales que son expuestos a esta duración del día por un período largo. Por lo tanto, se dice que los animales entraron en un estado refractario a los días cortos (Chemineau *et al.*, 1992). En efecto, en los machos de la raza Soay que fueron mantenidos en condiciones naturales y expuestos a días cortos a partir de enero, no mostraron un incremento en el peso testicular (Lincoln, 1980). De manera similar, en animales

sometidos a prolongados períodos de días largos, responden con un inicio espontáneo de su actividad reproductiva. Esto se debe a la aparición del estado refractario a los días largos. En efecto, en los machos cabríos sometidos a días largos artificiales del 1 de noviembre al 15 de junio, el peso testicular se incrementa y alcanza su máximo valor el 15 de marzo, manteniéndose sin variaciones importantes hasta el final del estudio (Flores, 2001). Así mismo, en carneros expuestos durante 3 años a días largos o días cortos, espontáneamente muestran en el crecimiento disminución testicular (Howles *et al.*, 1982; Chemineau *et al.*, 1995). Debido a esto queda de manifiesto la necesidad de la alternancia entre los días cortos y los días largos para poder manipular la actividad sexual de los pequeños rumiantes.

2.5.1.1. Ciclos fotoperiódicos de días largos y días cortos

Los días largos son los responsables de sensibilizar a los animales a los días cortos, mientras que los días cortos se encargan de mantener el período de actividad sexual. Por lo tanto, los días largos son necesarios para poder proyectar la estimulación de los días cortos naturales, artificiales o con la utilización de la melatonina. En efecto, la alternancia de días cortos y de días largos cada tres o cuatro meses, provoca un incremento en el peso testicular y intensa actividad sexual que inicia al final de los días largos y alcanza su máximo nivel durante los días cortos (Lincoln, 1976; Legan y Karsch, 1980; Almeida y Lincoln, 1982; Delgadillo *et al.*, 1992, 1993).

2.5.1.2 Tratamientos fotoperiódicos con días largos y melatonina

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 cámaras fotoperiódicas o imitados con la administración de la melatonina, hormona que da una señal de días cortos. La melatonina puede ser administrada por vía implantes, oral o intramuscular (Staples *et al.*, 1991; Cheminaeu *et al.*, 1995). Así pues, la alternancia de 2.5 meses de días largos seguidos de 2 ó 3 implantes subcutáneos de melatonina ha permitido inducir la actividad sexual de los machos ovinos y caprinos durante el período de reposo sexual (Chemineau *et al.*, 1992). Los machos tratados de esta manera, presentan un intenso comportamiento sexual después de un mes de haberse aplicado la melatonina, presentando un mínimo de latencia a la eyaculación, un incremento en la talla testicular, en el volumen y la concentración espermática del eyaculado fuera de la estación reproductiva. Los parámetros antes mencionados son similares a los observados en los machos que se encuentran en la estación natural de reproducción (Cheminaeu *et al.*, 1995).

2.5.1.3 Flash

Para simplificar la aplicación de los días largos (16 h de luz por día), se ha utilizado una hora suplementaria de luz denominada flash en los ovinos y

caprinos, que consiste en la aplicación de ocho horas de luz en dos períodos: un período principal de 7 h de luz y 1 h de luz de las 16 a las 17 horas después alba, la cual fue fijada artificialmente (Pelletier *et al.*, 1991; Chemineau *et al.*, 1988, 1992). Bajo este tratamiento los animales responden como si hubieran recibido un día largo de 16 h de luz, sensibilizando a los animales a los días cortos naturales, artificiales o mediante la aplicación de melatonina (Chemineau *et al.*, 1996).

En los machos ovinos la hora suplementaria de luz, es decir, el momento adecuado para proporcionar el flash, fue determinado por Ravault y Ortavant (1977). Para ello se utilizaron cuatro grupos experimentales, a los cuales se les proporcionó un flash a diferentes horas de la fase oscura: 10 a 11, 13 a 14, 16 a 17 y 19 a 20 horas después del alba (Ortavant y Loir, 1980). La respuesta a la hora suplementaria de luz fue determinada a través de los niveles plasmáticos de prolactina, hormona que indica cómo los animales perciben la duración del día. Los mayores niveles plasmáticos de esta hormona se detectaron en el grupo que recibió el flash de las 16 –17 horas después del alba, y los niveles plasmáticos de esta hormona fueron similares (200 ng/ml) a los obtenidos con la aplicación de un día largo de 16 horas de luz (Ravault y Ortavant, 1977; Ortavant y Loir, 1980). Por tanto, en los machos, la división del período de iluminación diaria en dos partes, una parte principal de 7 h de luz, y una segunda parte de una hora de luz proporcionada de las 16 a las 17 h después del alba, es interpretada por el animal como si fuera un día largo de 16 h de luz (Chemineau *et al.*, 1990; 1992). Así pues, en los machos de la raza Ile-de-

France se utilizó la combinación de 2.5 meses de días largos (una hora extra de luz de 16 - 17 h después del alba), seguidos de la aplicación de implantes subcutáneos de melatonina, provocando que el peso testicular de estos animales se incrementara de 2 a 3 semanas después de la aplicación de los implantes de melatonina, llegando a su máximo nivel 5 semanas más tarde (Chemineau *et al.*, 1992). El nivel testicular de los machos tratados fue similar al observado en los machos testigos durante el período natural de reproducción.

2.5.2 Zonas subtropicales

En la Comarca Lagunera (26° N), se han realizado trabajos de investigación para inducir una intensa actividad sexual de los machos durante el período de reposo, el cual se sitúa de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999a). Para ello los machos han sido sometidos a 2.5 meses de días largos (1 noviembre - 15 de enero), en instalaciones cerradas o abiertas, seguidos de la aplicación subcutánea de 2 implantes de melatonina de 18 mg cada uno o expuestos a los días cortos naturales (Delgadillo *et al.*, 2001; Véliz, 1999; Hernández *et al.*, 1998). En los machos tratados, la testosterona, hormona responsable del comportamiento sexual, se incrementó (> 15 ng/ml) de febrero a abril, momento en que los niveles de esta hormona fueron bajos en los machos testigos (< 2 ng/ml) (Delgadillo *et al.*, 2001; Véliz, 1999). De igual manera, en marzo el peso testicular fue superior (147 g) en los machos tratados que en los machos testigos (104 g). (Delgadillo *et al.*, 2001; Véliz, 1999).

En consecuencia, el comportamiento sexual de los machos locales que fueron sometidos al tratamiento antes mencionado, fue superior al de los machos que no fueron tratados. En efecto, estos animales al ponerlos en contacto con hembras en anestro, presentaron un 60 % más de olfateos anogenitales, un 98 % más de aproximaciones, un 96 % más de intentos de montas y una diferencia del 100 % en las montas (Flores *et al.*, 2000). En conjunto, estos resultados demuestran que la combinación de 2.5 meses de días largos seguidos de la aplicación subcutánea de 2 implantes de melatonina o la exposición a días cortos naturales, permite inducir una intensa actividad sexual de los machos cabríos durante el período de reposo. Sería interesante determinar en qué momento de la fase oscura puede aplicarse un flash que permita a los animales interpretarlo como un día largo y simplificar el tratamiento luminoso de 16 horas de luz.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue determinar la respuesta de los machos cabríos de la Comarca Lagunera a una hora suplementaria de luz (flash) proporcionada de 13 a 14 ó de 16 a 17 horas después del alba.

Hipótesis

El momento adecuado para proporcionar una hora suplementaria de luz (flash) no es el mismo en los caprinos de la Comarca Lagunera que en los caprinos originarios de zonas templadas.

Capítulo 3

Materiales y Métodos

3.1 Localización del experimento

El presente estudio de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna, ubicada en Periférico y Carretera a Santa Fe en el municipio de Torreón, Coahuila. El municipio de Torreón forma parte de la Comarca Lagunera, la cual está situada a una latitud de 26° norte y a una altitud que varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar. La temperatura máxima promedio en verano es de 40° C y la mínima en invierno es de 2° C. Las variaciones de temperatura registradas durante el estudio son mostradas en la figura 1. Las variaciones naturales del fotoperíodo en la Comarca Lagunera son de 13:41 h durante el solsticio de verano y de 10:19 h durante el solsticio de invierno (Figura 2).

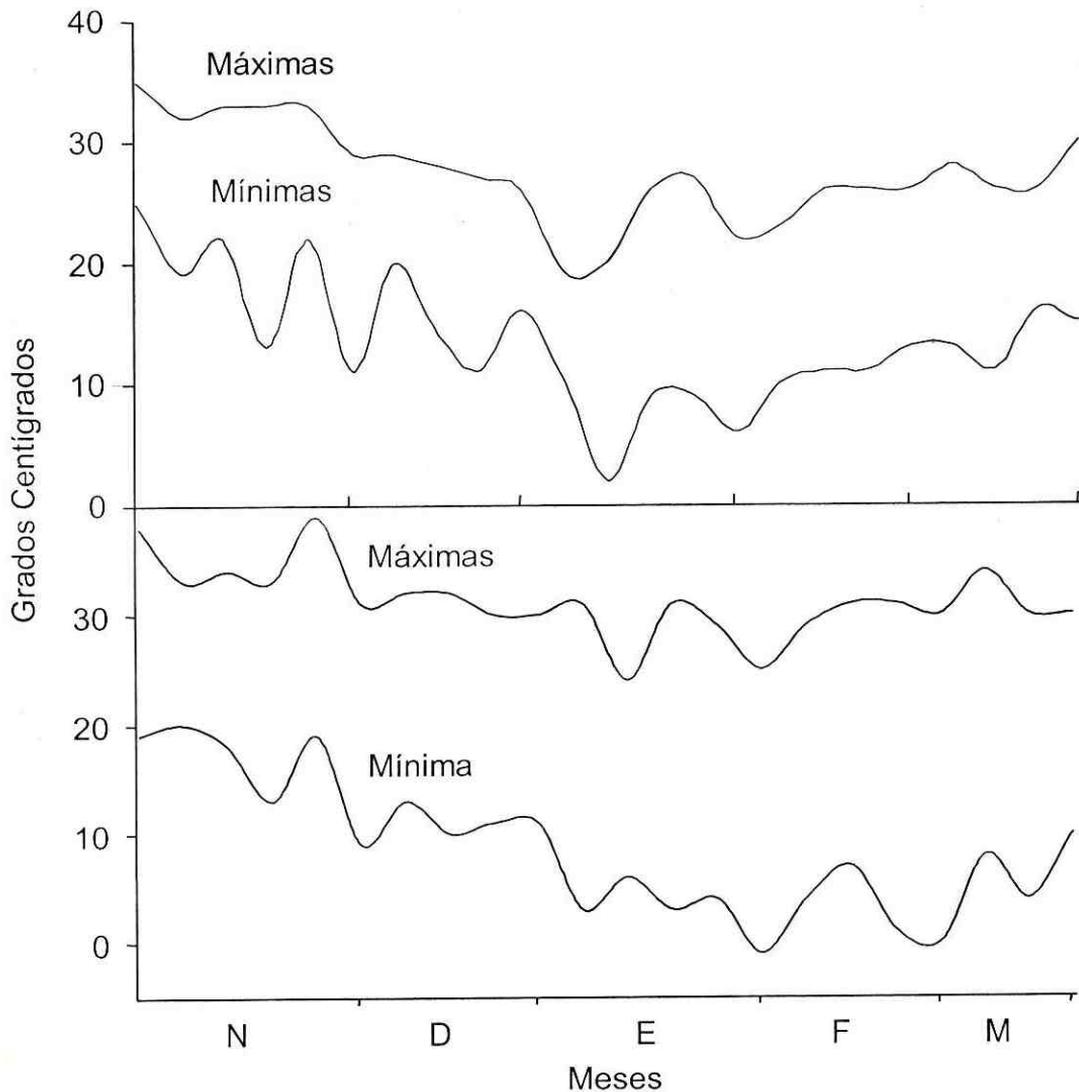


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas registradas semanalmente durante el estudio en las cámaras fotoperiódicas (arriba) y en los corrales al natural (abajo).

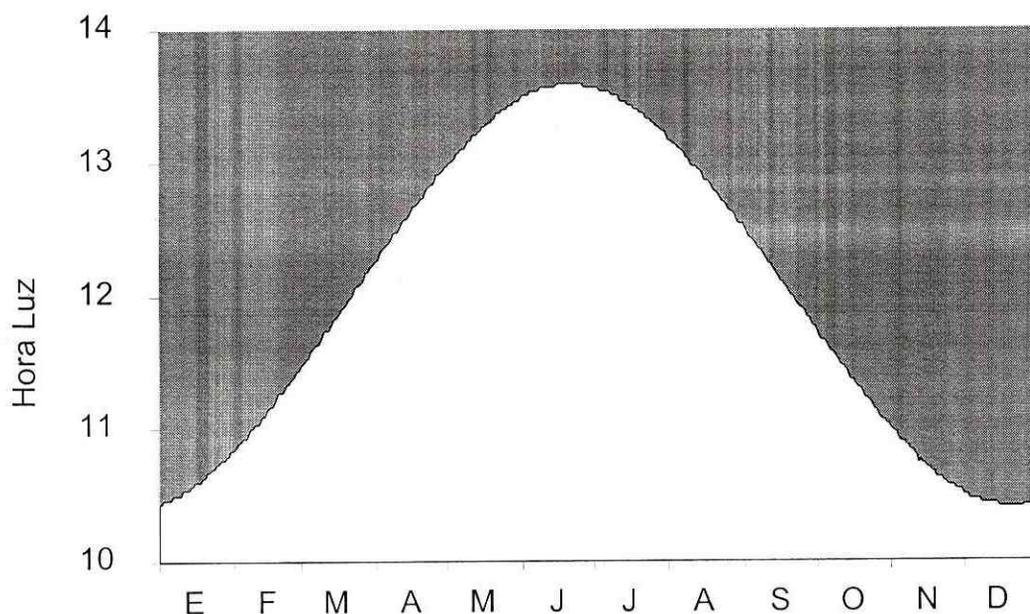


Figura 2. Variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera situada a la latitud de 26° N y 103° longitud.

3.2 Animales experimentales

Para realizar este estudio se utilizaron 23 machos cabríos Criollos representativos del biotipo del ganado existente en la Comarca Lagunera (Delgadillo *et al.*, 1999a). Los machos utilizados tenían edades que fluctuaban entre tres y cinco años al inicio de la investigación.

3.3 Alimentación

Los animales permanecieron totalmente estabulados y recibieron una dieta de heno de alfalfa al libre acceso. Además, a cada macho se le proporcionó 300 g de concentrado comercial con un 14% de proteína cruda. Con estas cantidades se cubrieron las necesidades alimenticias de los animales

durante el experimento. El agua y las sales minerales se proporcionaron a libre acceso.

3.4 Manejo

Las prácticas de manejo correspondientes para los machos antes de iniciar el experimento fueron las siguientes: despezñado, desparasitación interna y externa, vitaminado (ADE) y descornado. Además, para identificar a los animales se les colocó un arete de plástico en la oreja.

3.5 Formación de grupos experimentales

El 15 de octubre del 1998, los animales fueron divididos en cuatro grupos homogéneos de acuerdo a su peso testicular y peso corporal, los cuales quedaron de la siguiente manera: grupo testigo (GT, n=6), grupo flash 13-14 h (F13, n=6), grupo flash 16-17 h (F16, n=5), grupo Luz + melatonina (L+M, n=6) y (Tabla 1). Estos machos se encontraban estabulados antes del inicio de la investigación bajo el fotoperíodo natural de la Comarca Lagunera.

Tabla 1. Pesos (promedio \pm error estándar de la media) corporal y testicular de los grupos en estudio al día 15 de octubre de 1998.

	F13	F16	L+M	GT
Peso Testicular (gr)	104.3 \pm 8.3	104.3 \pm 10	104.2 \pm 14.9	103.3 \pm 9.4
Peso Corporal (kg)	72.6 \pm 2.3	72.7 \pm 2.9	72.8 \pm 5.4	72.7 \pm 3.9

3.6 Alojamiento de los animales

Los animales del grupo testigo (GT) fueron alojados en un corral de 5 m de ancho x 6 m de largo. Este corral fue construido con cemento, block, tubería y tela ciclónica. Estos animales fueron sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo y temperatura de la Comarca Lagunera (Figura 2).

Los machos del grupo F13, fueron alojados en una cámara fotoperiódica de 5 m de ancho x 6 m de largo. Esta cámara impedía totalmente la entrada de luz natural, lo que permitió controlar por completo la duración del día. Esta cámara fue equipada con cuatro lámparas de "luz de día", y un extractor de aire. La intensidad mínima de la luz en esta cámara fue de 300 lux al nivel de los ojos de los animales. El mecanismo de encendido y apagado de las lámparas y el extractor se realizó con relojes programables. Del 1 de noviembre de 1998 y hasta el 15 de enero de 1999 (75 días), estos animales fueron sometidos artificialmente a 10 h de luz por día, más un flash de una hora de las 13 a las 14 horas después del alba (19:00 a 20:00 h). El alba (encendido de la luz) fue fija y ocurrió diariamente a las 6:00 h y el crepúsculo (apagado de la luz) también fue fijo y ocurrió diariamente a las 16:00 h. Después de esto, el tratamiento fotoperiódico cesó y los animales percibieron las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera hasta el 31 de marzo.

Los machos del grupo F16 fueron alojados en una cámara fotoperiódica igual a la descrita anteriormente. El tratamiento fotoperíodo fue también similar

al del grupo F13, excepto por el flash que fue proporcionado de las 16 a las 17 horas después del alba (22:00 a 23:00 h). A partir del 16 de enero, los animales percibieron las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera hasta el 31 de marzo.

Los machos del grupo L+M fueron alojados en un corral de 5 m de ancho x 6 m de largo, bajo las variaciones naturales de temperatura de la Comarca Lagunera. Este corral fue construido con postes de madera, tela ciclónica y láminas de metal para las sombras, y fue acondicionado con cuatro lámparas de "luz de día". La intensidad mínima de la luz en este corral fue de 300 lux al nivel de los ojos de los animales. El mecanismo de encendido y apagado de las lámparas se realizó con relojes programables. A partir del 1 de noviembre de 1998 y hasta el 15 de enero de 1999 (75 días), los animales de este grupo fueron sometidos a días largos artificiales (16 h de luz y 8 h de oscuridad). El alba (encendido de la luz) fue fija y ocurrió diariamente a las 6:00 h y el crepúsculo (apagado de la luz) también fue fijo y ocurrió diariamente a las 22:00 h. El 16 de enero de 1999, los machos recibieron 2 implantes subcutáneos de melatonina de 18 mg cada uno en la base de la oreja izquierda. Estos implantes liberaron en forma constante la melatonina durante aproximadamente 10 semanas (Staples *et al.*, 1991). A partir de la colocación de los implantes, se dejó de proporcionar el tratamiento luminoso y animales percibieron las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera hasta el 31 de marzo. Este tratamiento induce una intensa actividad sexual en los machos cabríos locales (Flores *et al.*, 2000).

3.7 Variables evaluadas

3.7.1 Variables evaluadas y determinaciones hormonales

3.7.1.1 Peso corporal

El peso corporal se determinó cada 15 días durante todo el experimento. Esta determinación se realizó por las mañanas antes de proporcionar el alimento. Para ello se utilizó siempre la misma báscula, la cual tenía una capacidad de 300 kg y con una precisión de 250 g. La determinación fue siempre realizada por la misma persona.

3.7.1.2 Peso testicular

El peso testicular fue determinado cada 15 días con un orquidómetro, mediante la técnica de palpación comparativa (Oldham *et al.*, 1978). El orquidómetro es una serie de piezas sintéticas de diferentes medidas que tienen forma similar a los testículos de los machos; las medidas son de: 50, 75, 100, 125, 150, 180, 200 y 220 ml (1 ml = 1 g). Esta técnica consiste en palpar siempre el mismo testículo del macho y determinar su peso por comparación con las piezas del orquidómetro. Todas las variables en los distintos grupos fueron evaluadas por la misma persona.

3.7.1.3 Prolactina

Con la finalidad de conocer cómo los machos interpretaban la cantidad de horas de luz proporcionadas, se determinaron los niveles plasmáticos de prolactina el 10 de diciembre de 1998 (40 días después de iniciado el experimento). Para ello se obtuvo una muestra sanguínea cada hora por animal durante 25 horas (de 8:00 a.m. del 10 de diciembre a las 8:00 a.m. del 11 de diciembre). Al momento del flash (una hora suplementaria de luz), en todos los grupos se obtuvo una muestra sanguínea cada 15 minutos para determinar cómo se comportaba la secreción de dicha hormona en esa hora. Durante la fase oscura se utilizaron lámparas de luz roja con una intensidad menor de 3 lux. Las muestras fueron obtenidas por punción de la yugular, utilizando tubos de 5 ml sin aire (vacío) y con 30 μ l de heparina, donde se depositó la sangre. Las muestras fueron centrifugadas durante 25 min a 3000 rpm. El plasma obtenido fue congelado a -15° C, hasta su determinación por radioinmunoanálisis de la prolactina. La concentración plasmática de prolactina fue determinada en duplicado mediante RIA según la técnica descrita por Kann (1971). El límite de detección fue de 7.3 ng/ml. El coeficiente de variación intra e interensayo fue de 20% para ambos.

3.7.1.4 Testosterona

Para determinar las concentraciones plasmáticas de testosterona se obtuvo una muestra sanguínea cada semana durante todo el experimento. Las

muestras fueron obtenidas por punción de la yugular izquierda, utilizando tubos de 5 ml sin aire (vacío) y con 30 μ l de heparina. Las muestras fueron centrifugadas durante 25 min a 3000 rpm. El plasma recuperado fue congelado a -15° C, hasta su determinación por radioinmunoanálisis, según la técnica descrita por Garnier *et al.* (1978). La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/ml y el coeficiente de variación fue de 8%.

3.7.1.5 Análisis de datos

Los datos individuales de los pesos corporal y testicular y de la testosterona fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas a dos factores (grupo * tiempo del experimento). Posteriormente los datos de éstas variables se compararon 2 a 2 con una prueba de t, para encontrar las diferencias entre puntos. Las concentraciones de prolactina fueron comparadas 2 a 2 mediante una prueba de "t". Los resultados son expresados en promedio \pm error estándar de la media (eem). Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el paquete estadístico SYSTAT 5.03 (Evenston, ILL., USA, 1990/1992).

Capítulo 4

Resultados

4.1 Peso corporal

El ANOVA de los resultados obtenidos mostraron un efecto del tiempo del experimento ($P < 0.001$) sobre la evolución del peso corporal de los machos de los cuatro grupos en estudio. Además entre los cuatro grupos existió una interacción grupo * tiempo del experimento ($P < 0.001$), lo cual indica que la evolución de esta variable fue diferente entre los grupos. La evolución del peso corporal del grupo L+M fue diferente ($P < 0.004$) a la evolución de los grupos F13, F16 y GT. Ninguna diferencia se encontró entre éstos tres últimos grupos. La evolución de esta variable a lo largo del experimento se puede observar en la Figura 3ab.

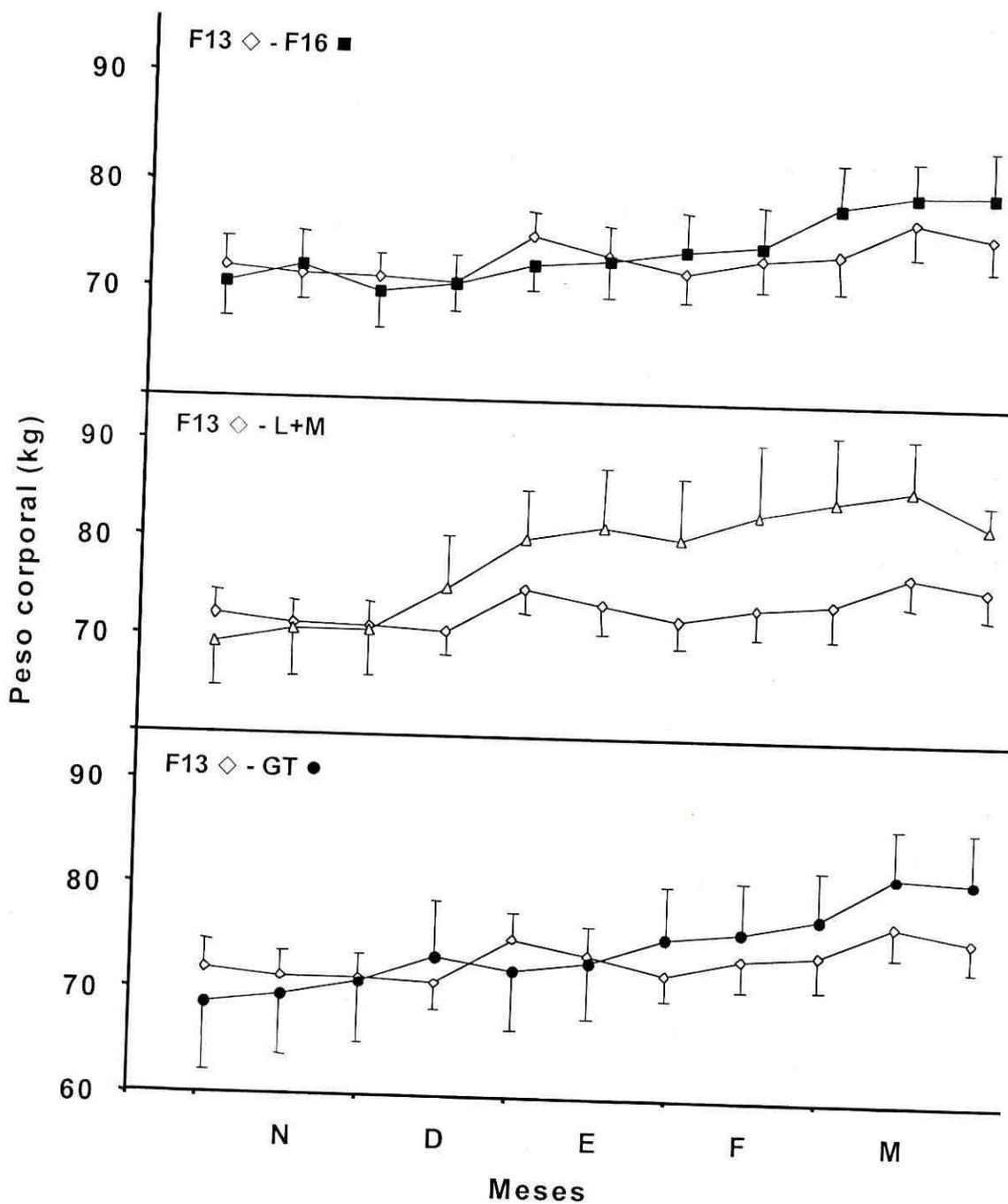


Figura 3a. Evolución del peso corporal (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F13 (\diamond), F16 (\blacksquare), L+M (\triangle) y GT (\bullet).

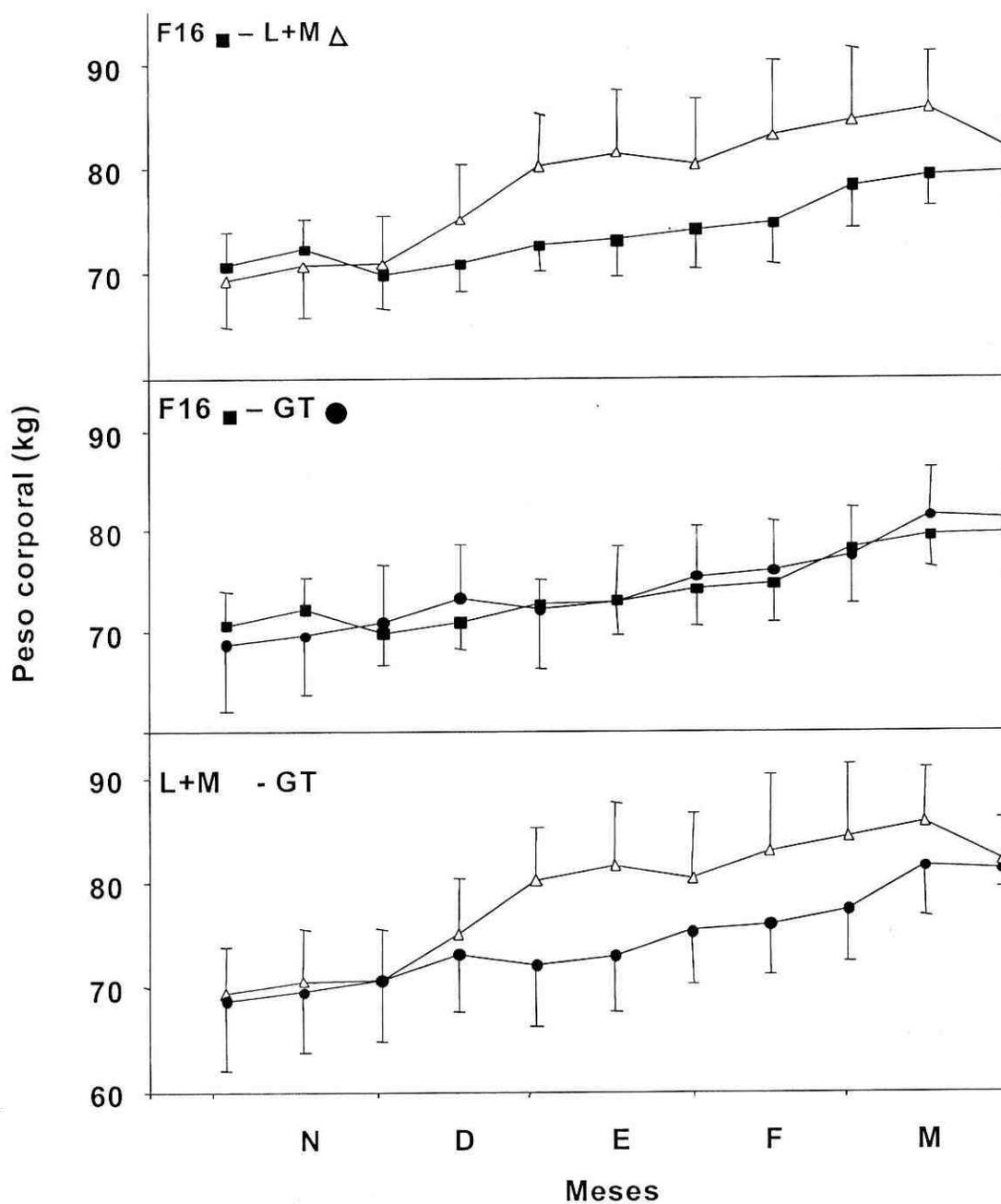


Figura 3b. Evolución del peso corporal (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F16 (■), L+M (△) y GT (●).

4.2 Peso testicular

El ANOVA de los resultados obtenidos del peso testicular demostró un efecto del tiempo del experimento ($P < 0.001$) sobre la evolución de ésta variable de los animales de los cuatro grupos en estudio y no se encontró una interacción grupo * tiempo del experimento, lo cual indica que la evolución del peso testicular fue similar en los cuatro grupos. Las tendencias del peso testicular a lo largo del experimento se muestran en la Figura 4ab.

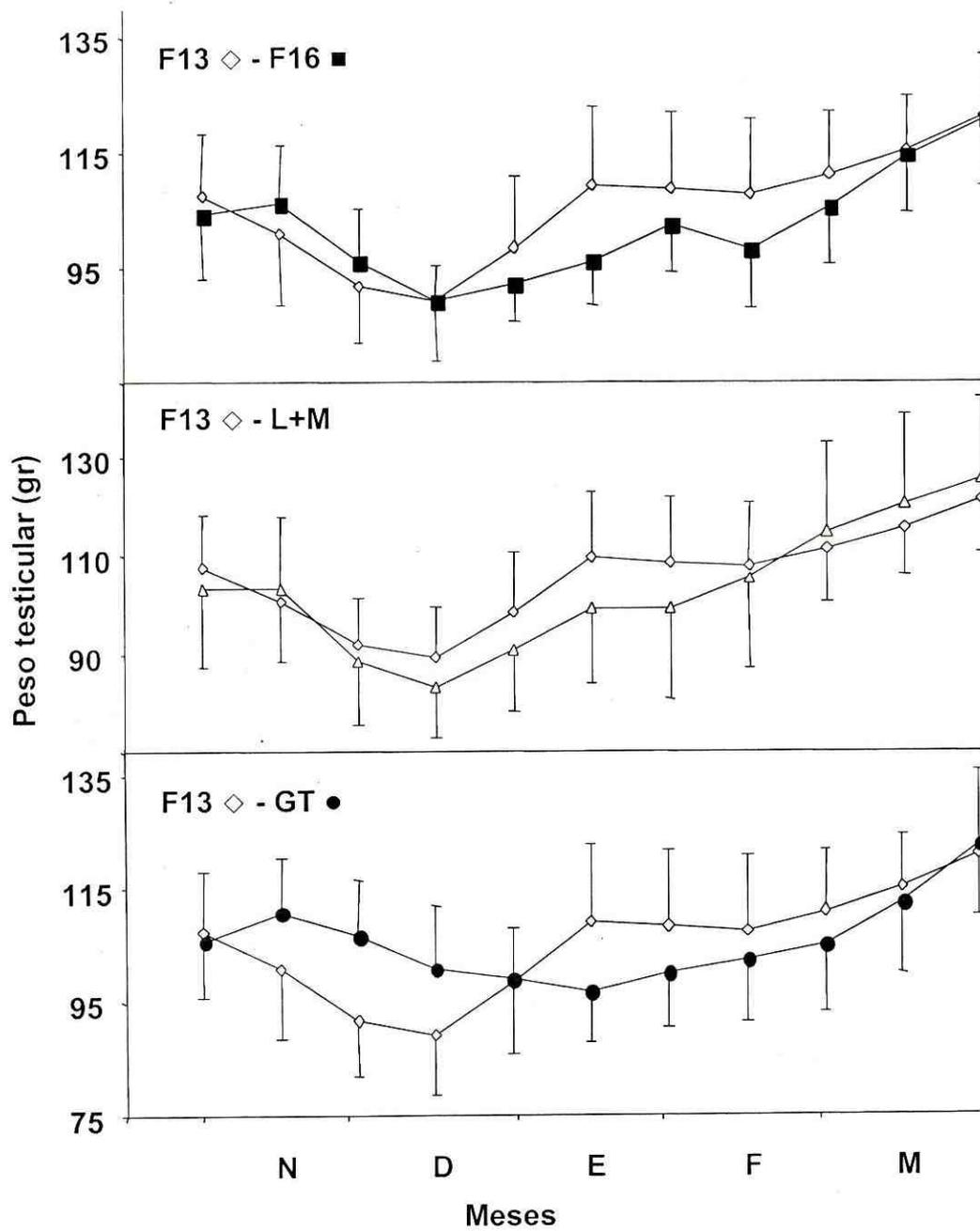


Figura 4a. Evolución del peso testicular (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F13 (◇), F16 (■), L+M (△) y GT (●).

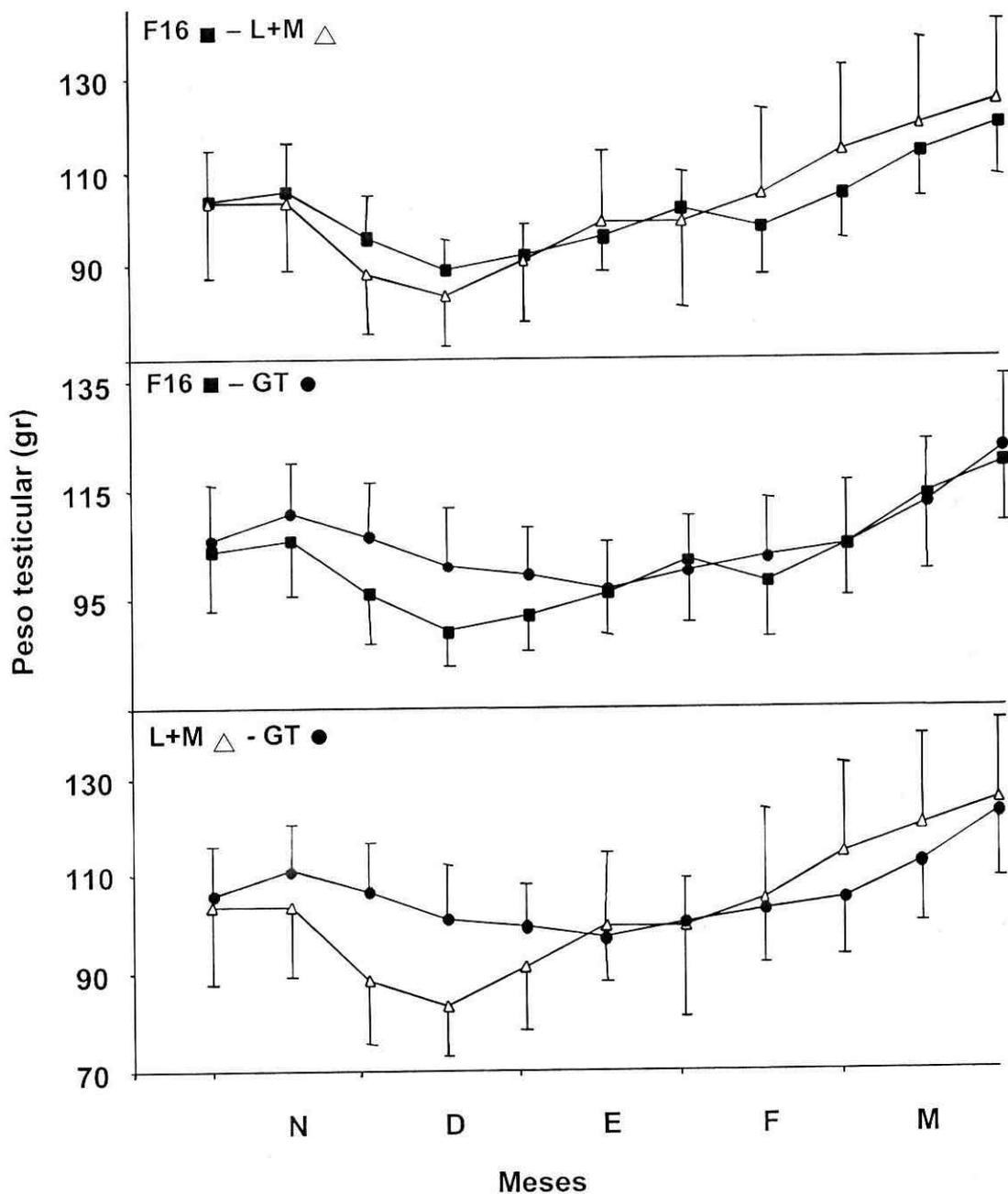


Figura 4b. Evolución del peso testicular (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F16 (■), L+M (△) y GT (●).

4.3 Testosterona

Para los resultados obtenidos de la testosterona, el ANOVA demostró un efecto del tiempo del experimento ($P < 0.001$) sobre la concentración de esta hormona de los animales de los cuatro grupos en estudio. También se encontró una interacción grupo * tiempo del experimento ($P < 0.001$), lo cual indica que la concentración de la testosterona a lo largo del experimento fue diferente entre los grupos. Al comparar 2 a 2 los grupos en estudio, se presentó interacción del grupo L+M vs. los demás grupos ($P < 0.001$) para todas las comparaciones y entre el grupo F13 vs. GT ($P < 0.05$). La evolución de esta variable a lo largo del experimento y las diferencias semanales entre grupos, se aprecian en la Figura 5ab.

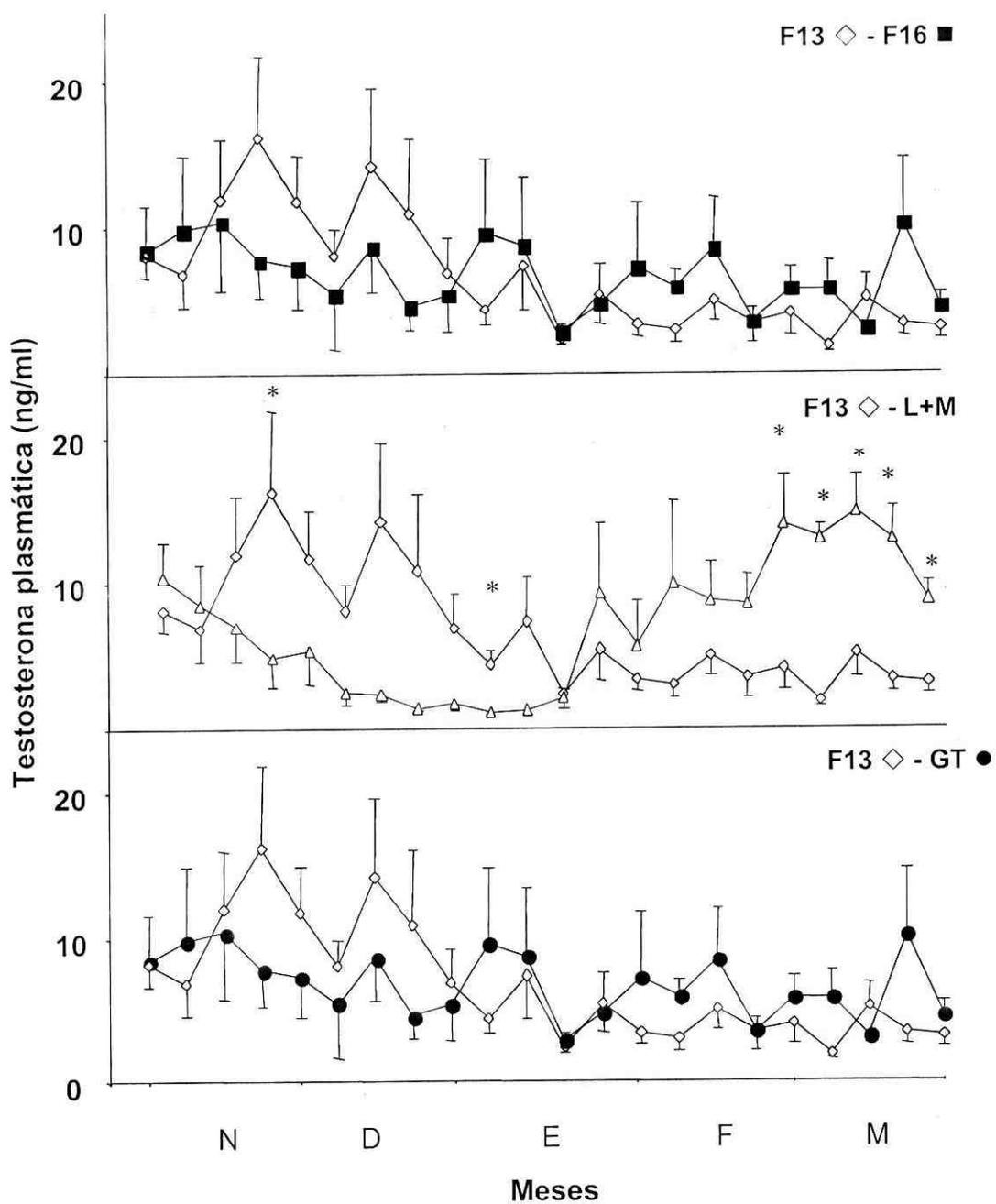


Figura 5a. Concentraciones plasmáticas de testosterona (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F13 (\diamond), F16 (\blacksquare), L+M (\triangle) y GT (\bullet). * $P < 0.05$

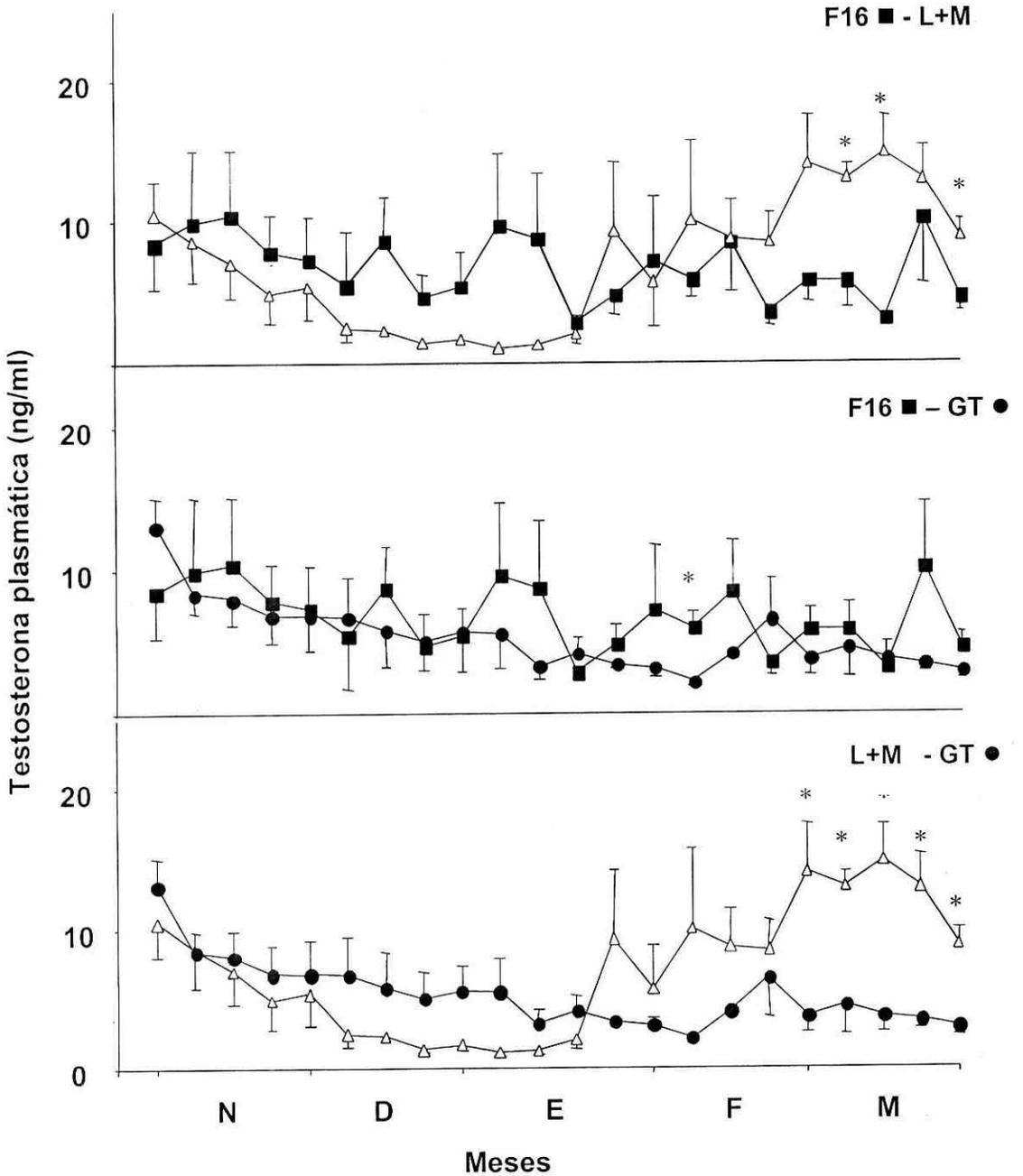


Figura 5b. Concentraciones plasmáticas de testosterona (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F16 (■), L+M (○) y GT (●). *P<0.05

4.4 Prolactina

La evolución de las concentraciones plasmáticas de prolactina de los grupos en estudio, se pueden apreciar en la Figura 6ab. Las concentraciones plasmáticas de prolactina fueron superiores en el grupo L+M que en el grupo testigo ($P < 0.001$) y F16 ($P < 0.006$). Una tendencia a la diferencia fue registrada entre el grupo L+M y el grupo F13 ($P < 0.07$). Los resultados anteriores se muestran en la Figura 7.

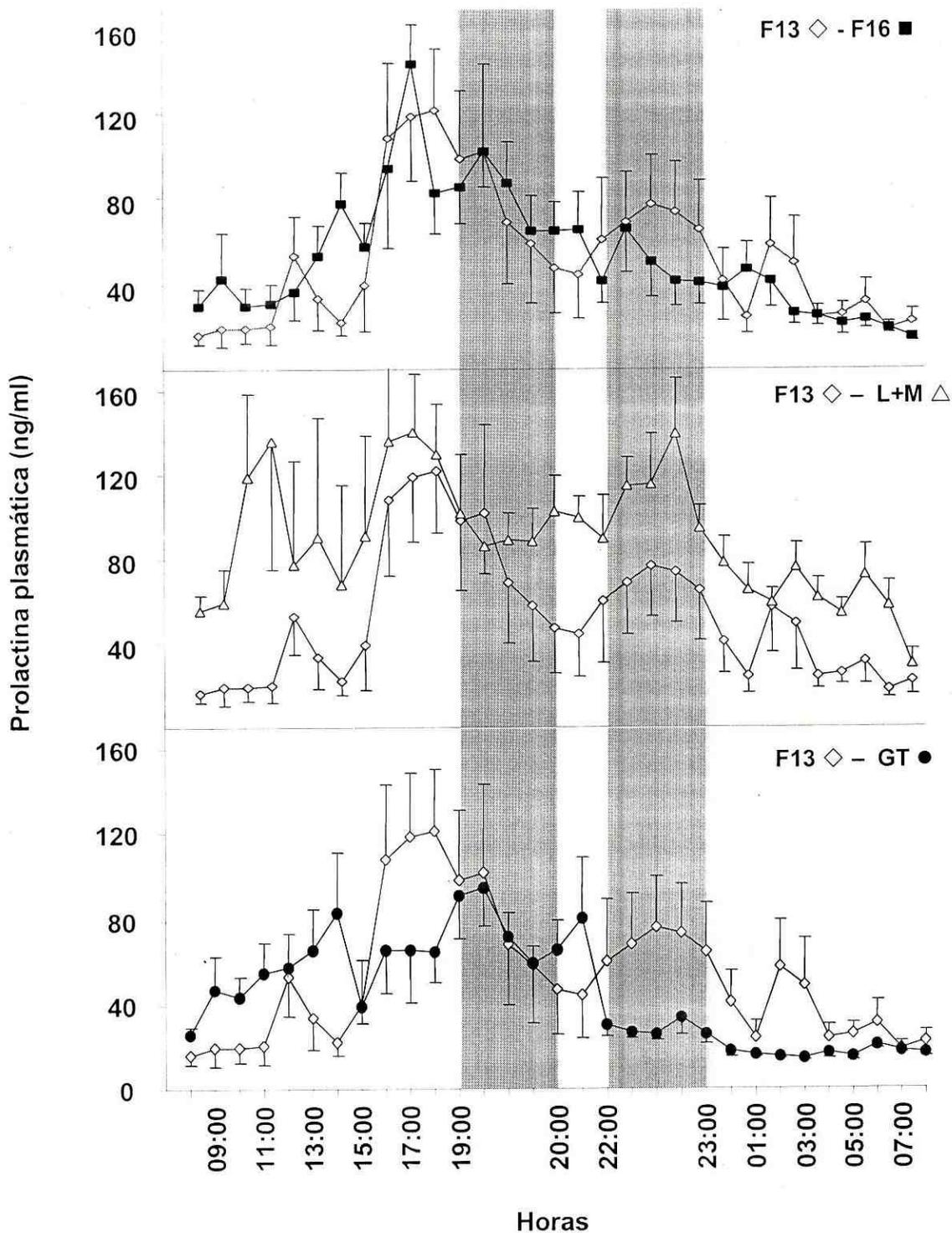


Figura 6a. Concentraciones plasmáticas de prolactina (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F13 (◇), F16 (■), L+M (△) y GT (●), de cada hora durante 24 horas (áreas sombreadas indican que el muestreo se realizó cada 15 minutos). El flash fue proporcionado solo a los grupos F13 (◇) y F16 (■).

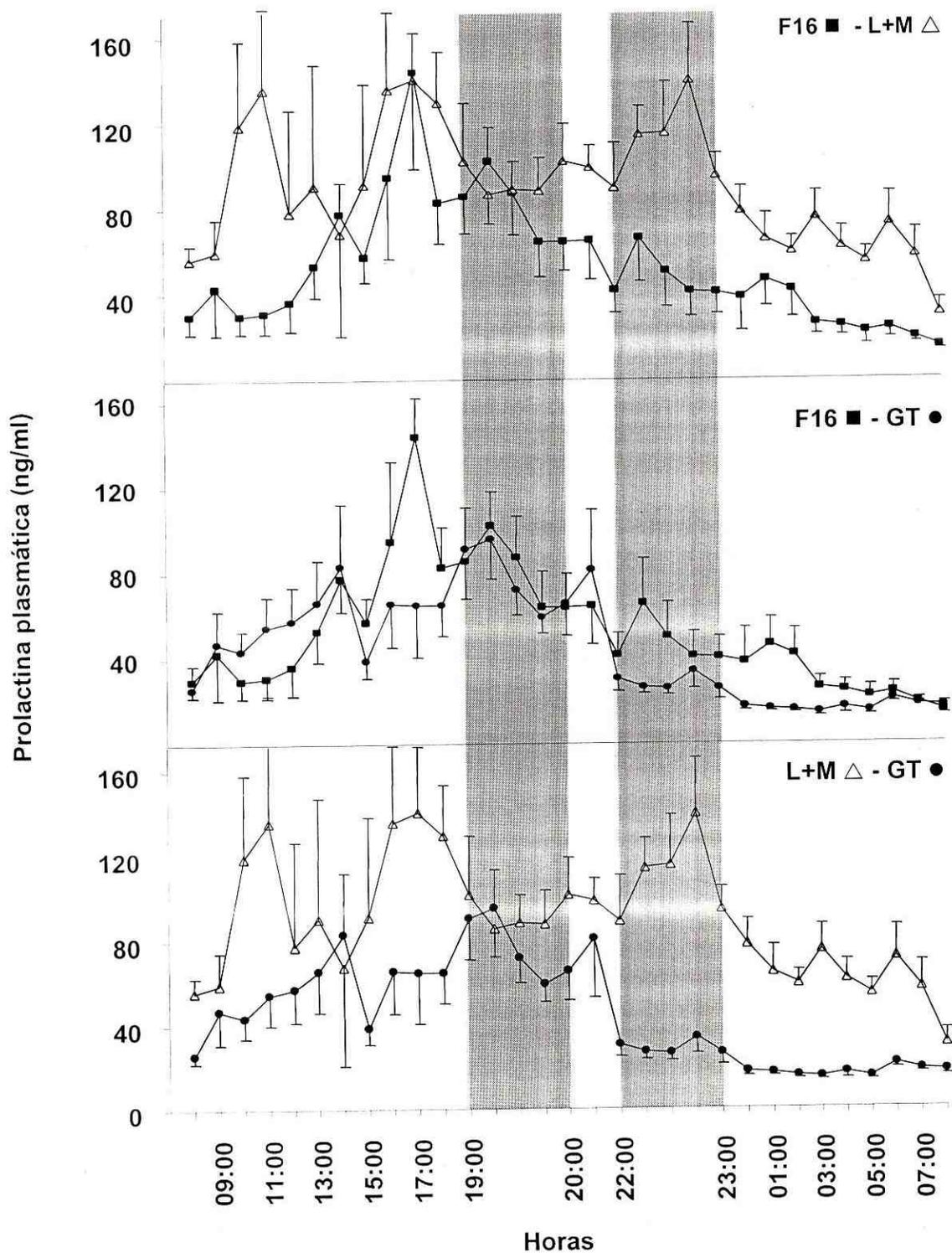


Figura 6b. Concentraciones plasmáticas de prolactina (promedio \pm eem) de los machos cabríos de los grupos F16 (■), L+M (△) y GT (●), de cada hora durante 24 horas (áreas sombreadas indican que el muestreo se realizó cada 15 minutos). El flash fue proporcionado solo al grupo F16 (■).

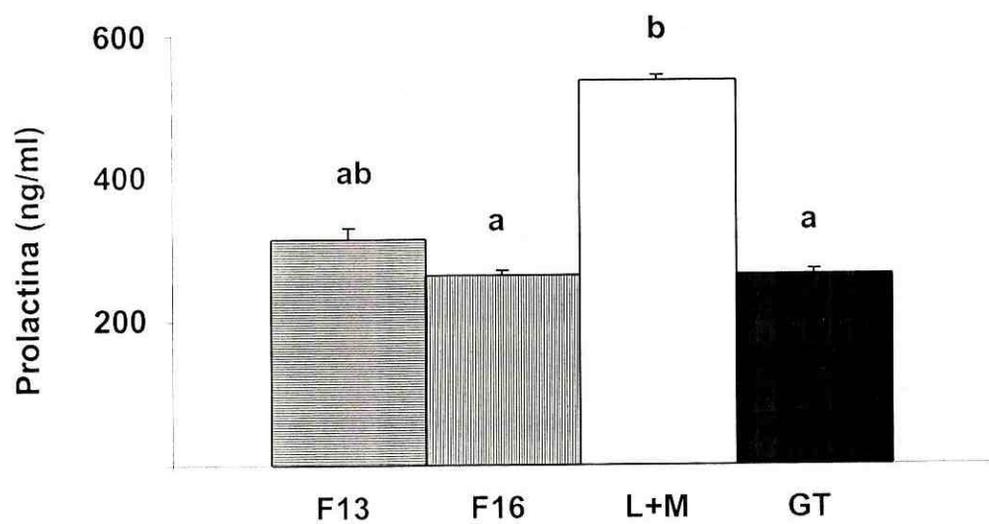


Figura 7. Concentraciones totales de la prolactina plasmática en un período de 24 h de muestreos sanguíneos para los grupos F13, F16, L+M y GT (con diferente letras, $P < 0.006$).

Capítulo 5

Discusión

Los resultados del presente estudio demuestran que la aplicación de una hora suplementaria de luz (flash) de 13 a 14 y de 16 a 17 horas después del alba no permite a los machos cabríos de la Comarca Lagunera, interpretar un día largo. En efecto, los niveles plasmáticos de prolactina, hormona que indica cómo los animales perciben la duración del día, del grupo L+M fueron superiores a los observados en los grupos testigo y F16. Asimismo, existió una alta tendencia a la diferencia entre los grupos L+M y F13.

Los resultados de la prolactina indican que los animales de los grupos experimentales no interpretaron un día largo con la aplicación de una hora suplementaria en dos momentos diferentes de la fase oscura. Estos resultados son contradictorios a los reportados por Ravault y Thimonier (1988), Ortavant y Loir (1980) y Ravault y Ortavant (1977), quienes mencionan que los niveles plasmáticos de prolactina obtenidos con la aplicación de un flash de las 16 a las 17 horas después del alba, son similares a los obtenidos con la aplicación de días largos artificiales de 16 horas de luz. Esto sugiere que el momento para proporcionar un flash e interrumpir la fase de oscuridad, es diferente en los machos cabríos de la Comarca Lagunera que en el reportado en los animales

de zonas templadas como en el carnero de la raza Il-de-France y en los machos caprinos de la razas Alpina y Saanen (Chemineau *et al.*, 1992). La diferencia entre nuestros resultados y los reportados en estudios realizados en razas de zonas templadas pudiera deberse a que los niveles plasmáticos de melatonina se incrementan de manera importante después de los flash proporcionados, y por tanto, la duración de la secreción de ésta fue similar entre los machos experimentales y los testigo. En efecto, si después del flash, la disminución de la secreción de melatonina no es suficiente, los animales no pueden interpretar un día largo (Ravault y Thimonier, 1988). Otra posibilidad pudiera ser que la ubicación de los flash no fue la adecuada para interrumpir la secreción de melatonina, por lo que los machos no pudieron interpretar un día largo. Al respecto, se demostró que un flash otorgado a una hora diferente de las 16-17 horas después del alba, no permite a los animales interpretar un día largo (Ravault y Ortavant, 1977; Ortavant y Loir, 1980). Finalmente, es probable que el total de horas luz otorgadas a los machos (11 h) no permitió a éstos interpretar un día largo. Efectivamente, los protocolos utilizados en ovinos y caprinos de zona templadas, comprenden únicamente 8 horas totales de luz.

Como consecuencia de que los animales no interpretaron un día largo, la testosterona, hormona responsable del comportamiento sexual, no se incrementó en los grupos experimentales como en el grupo L+M en el mes de marzo. El incremento observado en este último grupo, es el resultado de la alternancia de 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción de 2 implantes de melatonina o a la exposición a días cortos naturales (Hernández *et al.*, 1998;

Véliz, 1999; Delgadillo *et al.*, 2001; Flores, 2001). Los niveles plasmáticos de testosterona registrados en este grupo coinciden con los reportados por Véliz (1999), Flores (2001) y Delgadillo *et al.* (2001). Como los grupos experimentales no interpretaron un día largo con los flash proporcionados, al suspender en tratamiento luminoso, los días cortos naturales de la Comarca Lagunera no estimularon la actividad de esteroideogénesis de las gónadas. En efecto, los niveles de testosterona de los grupos F13 y F16 fueron similares a los observados en los machos testigos. La evolución de la testosterona observada en los grupos experimentales y testigo, coinciden con las reportadas en los machos de esta misma raza durante el período de reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 1999a).

A pesar de que el grupo L+M fue sometido a 2.5 meses de días largos seguidos de la aplicación de 2 implantes de melatonina, la evolución del peso testicular no fue diferente a la observada en los grupos experimentales y el grupo testigo. Sin embargo, los niveles de testosterona registrados en el grupo L+M sugieren que las gónadas fueron estimuladas por el tratamiento fotoperiódico. La similitud de peso testicular entre el grupo L+M y los demás grupos ha sido observado en experimentos previos utilizando los tratamientos fotoperiódicos de este estudio (Véliz, 1999; Flores, 2001), excepto el reportado por Delgadillo *et al.* (2001). Esta diferencia entre estudios pudo deberse a que los machos utilizados por estos últimos autores, recibieron los días largos en una cámara fotoperiódica, lo que posiblemente influyó en los resultados obtenidos.

Los resultados del peso corporal de los grupos experimentales y testigo, fueron similares a lo largo de todo el experimento. En cambio, en el grupo L+M, esta variable fue superior a la observada en los otros grupos. La diferencia en la evolución del peso corporal se debió posiblemente al efecto estimulador de los días largos sobre el consumo de alimento. En efecto, se ha demostrado que los días largos estimulan el consumo de alimento y la conversión de éste (Schanbacher, 1988). La diferencia en la evolución del peso corporal entre los machos del grupo L+M y los machos que no interpretaron un día largo, coincide con lo reportado previamente en los machos de la misma raza sometidos al fotoperíodo natural o a un tratamiento fotoperiódico como el utilizado en este estudio (Véliz, 1999; Flores, 2001; Delgadillo *et al.*, 2001).

Capítulo 6

Conclusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que un flash proporcionado de las 13 a 14 y de 16 a 17 horas después del alba, no permite a los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera interpretar un día largo. Por tanto, es posible que la fase fotosensible en estos machos se ubique en otra hora diferente a las utilizadas en el presente estudio.

Capítulo 7

Resumen

El presente estudio se realizó para determinar si una hora suplementaria de luz (flash) proporcionada de 13 a 14 y de 16 a 17 horas después del alba, permite a los machos cabríos de la Comarca Lagunera interpretar un día largo.

Los animales del grupo testigo (GT, n=6) fueron alojados en instalaciones abiertas y sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo y temperatura de la Comarca Lagunera. Los machos de dos grupos fueron alojados en cámaras fotoperiódicas y sometidos artificialmente a 10 h de luz/día más un flash de 13 a 14 h (F13, n=6) o de 16 a 17 h (F16, n=5) del 1 de noviembre de 1998 y hasta el 15 de enero de 1999 (75 días). Después de esto, los animales percibieron las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera hasta el 31 de marzo. Los machos de otro (L+M, n=6) fueron alojados en instalaciones abiertas y sometidos a 2.5 meses de días largos (16 h de luz y 8 h de oscuridad) a partir del 1 de noviembre de 1998 y hasta el 15 de enero de 1999 (75 días). El 16 de enero de 1999, los machos recibieron 2 implantes subcutáneos de melatonina de 18 mg en la oreja izquierda. A partir de la colocación de los implantes, se dejó de proporcionar el tratamiento luminoso y por tanto los animales percibieron las variaciones

naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera hasta el 31 de marzo. Los pesos corporal y testicular se determinaron cada 15 días durante todo el experimento. Las concentraciones plasmáticas de testosterona se determinaron semanalmente. La prolactina fue determinada cada hora durante un período de 24 horas el día 10 de diciembre de 1998 (40 días después de iniciado el experimento) de 8:00 a.m. del día 10 a las 8:00 a.m. del 11 de diciembre.

El análisis de varianza (ANOVA) mostró un efecto del tiempo del experimento ($P < 0.001$) sobre la evolución del peso corporal de los machos de los cuatro grupos en estudio. Además, existió una interacción grupo * tiempo del experimento ($P < 0.001$), lo que indica que la evolución de esta variable fue diferente entre los grupos. La evolución del peso corporal del grupo L+M fue diferente ($P < 0.004$) a la evolución de los grupos F13, F16 y GT. Ninguna diferencia se encontró entre éstos tres últimos grupos. No se encontró diferencia al comparar 2 a 2 los datos obtenidos quincenalmente.

El análisis de varianza (ANOVA), mostró un efecto del tiempo del experimento ($P < 0.001$) sobre la evolución del peso testicular de los machos de los cuatro grupos en estudio. Sin embargo, no se encontró una interacción grupo * tiempo del experimento, lo cual indica que la evolución del peso testicular fue similar en los cuatro grupos.

El ANOVA demostró un efecto del tiempo del experimento ($P < 0.001$) sobre la secreción de la testosterona. También existió una interacción grupo *

tiempo del experimento ($P < 0.001$), lo cual indica que la concentración de la testosterona a lo largo del experimento fue diferente entre los grupos. La evolución observada en el grupo L+M, fue diferente ($P < 0.001$) a la de los otros grupos. Asimismo, existió interacción entre el grupo F13 y GT ($P < 0.05$).

Las concentraciones plasmáticas de prolactina en 24 horas fueron superiores en el grupo L+M que en el grupo testigo ($P < 0.006$) y el grupo F16 ($P < 0.001$), no se encontró diferencia en las demás comparaciones.

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la aplicación de un flash de 13 a 14 ó de 16 a 17 horas después del alba, no permite a los machos cabríos de la Comarca Lagunera interpretar un día largo. Por tanto, el momento para proporcionar el flash tal vez se ubique a otra hora diferente de las utilizadas en este estudio.

Capítulo 8

Literatura citada

- Alberio R., Colas G. 1976. Influence of photoperiodism in the sexual development of the young Ile-de-France ram. Proc. XXIII th Int: Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem. 12-16 July, Krakow, 11: 26-37.
- Almeida O.F.X., Lincoln G.A. 1982. Photoperiodic regulation of reproductive activity in the ram: Evidence for the involvement of circadian rhythms in melatonin and prolactin secretion. Biol. Reprod. 27: 1062-1075.
- Arendt J. 1998. Melatonin and pineal gland: Influence on mammalian seasonal and circadian physiology. Reviews of Reproduction. 3: 13-22.
- Chemineau P., Pelletier J., Guérin Y., Colas G., Ravaul, 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.
- Chemineau P., Delgadillo J.A., Malpoux B., Pelletier J. 1989. Annual clock and control of domestic mammal reproduction. IVth International Congress of Andrology. Perspectives in Andrology. Florence, Italy. 53: 307-315.
- Chemineau P., Malpoux B., Pelletier J., Delgadillo J.A., Guérin Y., Thimonier J. 1990. Effets de la lumière et de la température sur la reproduction des petits ruminants. Reunión Annuelle de l'Association pour l'Etude de la Reproction Animale, Maisons.-Alfort, 25 janvier 1990: 1-10.
- Chemineau P., Malpoux B., Delgadillo J.A., Guérin 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. Medio ambiente y reproducción animal. Revista Mundial de Zootecnia. FAO. 1993/4; 77: 2-14.
- Chemineau P., Malpoux B., Thiéry J.C., Vigié C., Morello H., Zarazaga L., Pelletier J. 1995. The control of seasonality: A challenge to small ruminant breeding. Reproduction and Animal Breeding. Advances and Strategy. XXX Simposio Internazionale Di Zootecnica: 225-250.

- Chemineau P., Malpaux B., Pelletier J., Leboeuf B., Delgadillo J.A., Deletang F., Pobel T., Brice G. 1996. Emploi des implants de mélatonine et des traitements photopériodiques pour maîtriser la reproduction saisonnière chez les ovins et les caprins. INRA. Pord. Anim. (1): 45-60.
- Curlewis J.D. 1992. Seasonal prolactin secretion and its role in seasonal reproduction: A review. J. Reprod. Fertil. Dev. 4: 1-23.
- 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., Chemineau P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats by short photoperiodic cycles. J. Reprod. Fertil. 94: 45-55.
- Delgadillo J.A., Leboeuf B., Chemineau P., 1992. Abolition of seasonal in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goat bucks. Small Rumin. Res. 9: 47-59.
- Delgadillo J.A., Leboeuf B., Chemineau P., 1993. Maintenance of sperm production in bucks during a third year of short photoperiodic cycles. Reprod. Nutr. Dev. 33. (6): 609-617.
- Delgadillo J.A., Malpaux B. 1994. Reproduction of goats in the tropics and subtropics. VI International Conference on Goats. 6-11 May, Beijing, China. Vol. 2: 785-793.
- Delgadillo J.A., Hochereau-de-Reviere 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. Dev. 35: 549-558.
- Delgadillo J.A., Malpaux B., Chemineau P. 1997. La reproduction des caprins dans les zones tropicales et subtropicales. INRA. Prod. Anim. 10: 33-41.
- Delgadillo J.A., Canedo G.A., Chemineau P., Guillaume D., Malpaux B. 1999a. 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., Carrillo E., Chemineau P., Malpaux B., 1999b. Estimulación de la LH y la testosterona de los machos cabríos Criollos utilizando luz artificial y melatonina. XLII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas, Zacatecas, Zac., México, O22.

- Delgadillo J.A., Cortez-Lopez M.E., Duarte G., Malpoux B. 2000. El fotoperíodo modifica la actividad sexual de los machos cabríos Criollos del subtrópico mexicano. XLII Congreso Nacional y XX Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas, 3 al 7 de septiembre, Cancún, Quintana Roo, México. C191.
- Delgadillo J.A., Carrillo E., Morán J., Chemineau P., Malpoux B. 2001. Induction of sexual activity of male Cróele gotas in subtropical Northern Mexico. *J. Anim. Sci.* (Aceptado para publicación).
- D'Occhio M.J., Brooks D.E. 1976. The influence of androgens and oestrogens in mating behavior of male sheep. *Aust. Soc. Reprod. Biol. VII Conf. Univ. Queenscland, St. Lucia.* 56 p.
- Duarte G. 1999. Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperíodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera. Tesis de Doctorado. FMVZ, UNAM, 77p.
- Duarte G., Flores J.A., Nava M.P., Delgadillo J.A., 1999. Is photoperiod involved in timing seasonal reproduction of goats adapted to a subtropical environment? 8th Meeting of the European Pineal Society. July 3-7, Tours, France, Abstr: 31.
- Flores J.A., Véliz F.G., Pérez-Villanueva J.A., Martínez de la Escalera G., Chemineau P., Poindron P., Malpoux B., Delgadillo J.A., 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.*, 62: 1409-1414.
- Flores J.A. 2001. Inducción de la actividad sexual de los caprinos utilizando tratamientos fotoperiódicos y el efecto macho. Tesis de doctorado. CNB. UNAM. Queretaro, México, 92 p.
- 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.
- Gebbie F.E., Forsyth I.A., Arendt J. 1999. Effects of maintaining solstice light and temperature on reproductive activity, coat growth, plasma prolactin and melatonin in goats. *J. Reprod. Fert.* 116: 25-33.
- Hafez E.S.E. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. Reproducción, hormonas y factores de crecimiento. Interamericana McGraw Hill: 55-88.
- Herbert J., Stacy P.M., Torpe P.H. 1978. Recurrent breeding seasons in pinealectomized or optic-nerve-sectioned ferrets. *J. Endocr.* 78: 389-397.

- Hernández H.F., Véliz F.G., Flores J.A., Aguilar J., Malpaux B., Delgadillo J.A. 1998. Mejoramiento de la libido de los machos cabríos utilizando luz artificial y luz natural. XIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura, 21 a 23 Octubre, San Luis Potosí, SLP, México: 112-114.
- Howles C.M., Craigon J., Haynes N.B. 1982. Long-term rhythms of testicular volume and plasma prolactin concentrations in rams reared for 3 years in constant photoperiod. *J. Reprod. Fert.* 65: 439-446.
- 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.
- Kann G. 1971. Dosage radioimmunologique de la prolactine plasmatique chez les ovines. *C-R-Acad-Sci. Paris. Serie D.* 272 (22): 2808-2811.
- Karsch F.J., Bittman E.L., Foster D.L., Goodman R.L., Legan S.J., Robinson J.E. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent. Prog. Horm. Res.* 40: 185-232.
- Karsch F.J., Robinson J.E., Woodfill C.J.I., Brown M.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.
- Kennaway D.J., Sanford L.M., Godfrey B., Friesen H.G. 1983. Patterns of progesterone, melatonin and prolactin secretion in ewes maintained in four different photoperiods. *J. Endocr.* 97: 229-242.
- Knobill E., Neill J.D. 1994. The physiology of reproduction. Prolactin secretion and its control. Second Edition. Raven Press, Ltd., New York: 1833-1860.
- Legan S.J., Karsch F.J. 1980. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: Modulation of the negative feedback action of estradiol. *Biol. Reprod.* 23: 1061-1068.
- Legan S.J., Karsch F.J. 1983. Importance of retinal photoreceptors to the photoperiodic control of seasonal breeding in the ewe. *Biol. Reprod.* 29: 316-325.
- Lincoln G.A. 1976. Seasonal variation in the episodic secretion of luteinizing hormone and testosterone in rams. *J. Endocr.* 69: 213-226.
- Lincoln G.A. 1979. Photoperiodic control of seasonal breeding in the ram: participation of the cranial sympathetic nervous system. *J. Endocr.* 82: 135-147.

- Lincoln G.A. 1980. Photoperiodic control of seasonal breeding in rams. The significance of short-days refractoriness. In Proc. Vth Congr. Endocrinol., 10-16 February 1980, Melbourne, Aust. Acad. Sci., Canberra. A.C.T., pp283-286.
- Lincoln G.A., Short R.V. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. Recent Prog. Horm. Res. 36: 1-52.
- Lincoln G.A. 1989. Seasonal aspects of testicular function. *The Testis*. 2:329-385.
- Lindsay D.R., Pelletier J., Pisselet C., Courot M. 1984. Changes in photoperiod and nutrition and their effect on testicular growth of rams. *J. Reprod. Fert.* 71: 351-356.
- Maeda K.I., Mori Y., Kano Y. 1986. Superior cervical ganglionectomy prevents gonadal regression and increased plasma prolactin concentrations induced by long days in goats. *J. Endocr.* 110: 137-144.
- Malpaux B., Robinson J.E., Brown M.B., Karsch F.J. 1987. Reproductive refractoriness of the ewe to inductive photoperiod is not caused by inappropriate secretion of melatonin. *Biol. Reprod.* 36: 1333-1341.
- Malpaux B., Delgadillo J.A., Chemineau P. 1997. Neuroendocrinología del fotoperíodo en el control de la actividad reproductiva. Seminario Internacional: Tópicos Avanzados en Reproducción Animal. 12 Septiembre, Montecillo, México: 23-41.
- Malpaux B., Thiéry J.C., Chemineau P., 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Nutr. Repro. Dev.*, 39: 355-366.
- Mauléon P., Rougeot J. 1962. Régulation des saisons sexuelles chez de brebis de races différents au moyen de divers rythmes lumineux. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 2: 209-222.
- 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., Loir M. 1980. Photoperiodisme et reproduction. In: *Rythmes et reproduction*. Colloque de la société nationale pour l'étude de la stérilité et de la fécondité: 157-159.
- Ortavant R., Pelletier J., Ravault J.P., Thimonier J., Volland-Nailly P. 1985. Photoperiod: Main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm mammals. In: "Oxford Reviews of Reproductive Biology". 7: 305-345.

- Pelletier, J., 1971. Influence du photopériodisme et des androgènes sur la synthèse et la libération de LH chez le bélier. These Doct., es Sci. Nat., Univ. Paris, C.N.R.S. n° A05441; 243 p.
- Pelletier J. y Almeida G. 1987. Short light cycles induce persistent reproductive activity in Ile-de-France rams. *J. Reprod. Fert.* 34: 215-226.
- Pelletier J., Chemineau P., Delgadillo J.A., Malpoux B., Guérin Y., Malpoux B. 1991. Induction of temporary or permanent sexual competence in the ram and he goat. *Advances in Pineal Research.* 5: 335-342
- Ravault J.P., Ortavant R. 1977. Light control of prolactin secretion in sheep. Evidence for a photo-inducible phase during a diurnal rhythm. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 17: 459-473.
- Ravault J.P., Thimonier J. 1988. Melatonin patterns in ewes maintained under skeleton or resonance photoperiodic regimens. *Reprod. Nutr. Dévelop.* (2B): 473-486.
- Restall B.J., Walkden-Brown S., Restall H. 1991. Reproduction research in Australian goats. *Cashmere Research Seminar Proceedings.* 23-24 May, Australia: 49-69.
- Restall B.J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27: 305-318.
- 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.
- SAGAR., 1999. Registros oficiales de esta dependencia. Torreón, Coahuila, México.
- Santa Maria A., Cox J., Muñoz E., Rodríguez R., Caldera L. 1990. Estudio del ciclo sexual, estacionalidad reproductiva y control del estro en la cabra Criolla en Chile. In: *Livestock Reproduction in Latin America.* International Atomic Energy Agency, Viennan: 363-385.
- Shanbacher B.D. 1988. Responses of market lambs and Suffolk rams to stimulatory skeleton photoperiod. *Reprod. Nutr. Dévelop.* (2B), 28: 431-441.
- 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: 199-208.
- SYSTAT 5.03 (Evenston, ILL., USA, 1990/1992).

- Twaites C.J. 1965. Photoperiod control of breeding activity in the Southdown ewe with particular reference to the effects of an equatorial light regime. *J. Agric. Sci. Cambridge*. 65: 57-64.
- Véliz F.G. 1999. Los machos cabrios 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 de Maestría. UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México, 37 p.
- 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.