

LA UTILIZACIÓN DE LUZ NATURAL, ARTIFICIAL
Y MELATONINA MEJORA LA ACTIVIDAD
SEXUAL DE LOS MACHOS CABRÍOS CRIOLLOS
DE LA COMARCA LAGUNERA EXPLOTADOS EN
INSTALACIONES ABIERTAS

JAVIER MORÁN MARTÍNEZ

TESIS

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



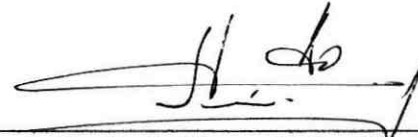
Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"
Unidad Laguna – Subdirección de Postgrado
Torreón, Coahuila, Diciembre de 1997.

Tesis 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**

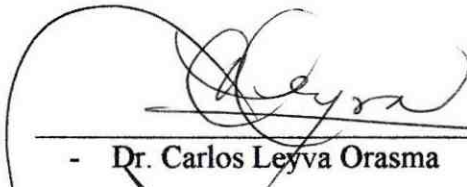
COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



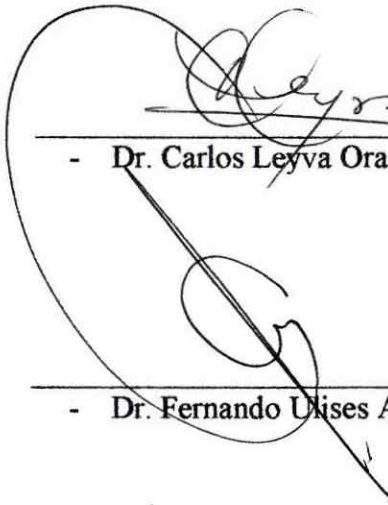
- Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Asesor:

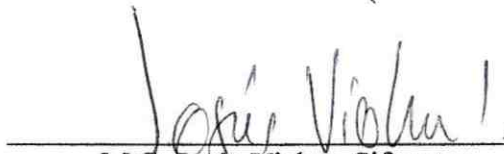


- Dr. Carlos Leyva Orasma

Asesor:



- Dr. Fernando Ulises Adame de León



M.C. Jesús Vielma Sifuentes
Encargado del Área de Postgrado U.L.

Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Torreón, Coahuila. Diciembre de 1997.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, por el apoyo y la asesoría brindada para la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. Benoît Malpaux, por su valiosa colaboración y sugerencias para este estudio.

Al Dr. Jacques Thimonier, por sus comentarios para este trabajo.

A la Dra. Susana Bassol Mayagoitia, por su apoyo de siempre.

Al Dr. Fernando Ulises Adame de León, por su amistad y confianza.

Al CONACyT, por el apoyo económico brindado.

A los directivos de la Escuela de Ciencias Biológicas de la UA de C, por su entendimiento, gracias.

A las Sritas. Dolores López Magaña y Sonia López Galindo, por su atención en mi paso por la Universidad.

A mis compañeros de maestría: Evaristo Carrillo, Juanita Aguilar, Horacio Hernández, Alfredo Flores, Gerardo Canedo, Jaime Ríos, Manuel Flores, Carlos Yescas, Gerardo Duarte, por la asistencia técnica prestada.

DEDICATORIAS

A mis padres: Matías Morán Ríos y Belia Martínez García.

A mis hermanos: Cecilia, Gerardo, Elvira, Carmen y Oralia.

A mi esposa María de Jesús y en especial a mis hijos Javier y Jesús Javier.

COMPENDIO

La Utilización de Luz Natural, Artificial y Melatonina Mejora la Actividad Sexual de los Machos Cabríos Criollos de la Comarca Lagunera Explotados en Instalaciones Abiertas

POR

JAVIER MORÁN MARTÍNEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS

REPRODUCCIÓN ANIMAL

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA.**

TORREÓN, COAHUILA, DICIEMBRE 1997

Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez -Asesor-

Palabras clave: Machos Cabríos, Estacionalidad, Fotoperíodo, Melatonina, Actividad Reproductiva.

Con el objetivo de determinar el efecto de la luz natural, artificial y la melatonina sobre la actividad sexual del macho cabrío Criollo de la Comarca Lagunera, se realizó este estudio de noviembre de 1995 a noviembre de 1996. Para ello se utilizaron 13 machos cabríos Criollos de 18 meses de edad.

El grupo testigo (GT: $n = 7$), se conformó de machos que fueron sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera: 10:24 horas de luz en el solsticio de invierno y 13:36 horas luz en el solsticio de verano. Los machos del grupo experimental (GE: $n=6$), fueron alojados en un corral, donde las unidades experimentales percibieron días largos artificiales. Para el tratamiento fotoperiódico, el corral fue equipado con 2 lámparas de “luz de día”. La intensidad de luz dentro del corral fue de 300 lux a nivel de los ojos de los animales. Los machos cabríos de éste grupo experimental fueron sometidos desde el 1 de noviembre de 1995 hasta el 15 de enero de 1996 (75 días) a días largos (16 hr de luz, 8 hr de oscuridad). El alba (encendido de la luz) fue fija y tuvo lugar diariamente a las 6:00 hr, la luz de las lámparas fue apagada a las 9:00 hr. Posteriormente, los animales continuaron con la luz natural hasta las 17.30 hr en que la luz artificial fue encendida nuevamente. El crepúsculo (apagado de la luz) también fue fijo y ocurrió a las 22:00 horas. El 16 de enero de 1996 los animales de éste grupo recibieron dos implantes subcutáneos de melatonina en la oreja izquierda (Regulin[®] Hoechst) de 18 mg cada uno. Desde éste momento, el mecanismo de encendido y apagado de la luz artificial fue suspendido.

A los 45 días de iniciado el tratamiento fotoperiódico, un muestreo sanguíneo fue realizado para la determinación de la melatonina plasmática. Una muestra fue obtenida cada hora, durante 25 horas. En los dos grupos se determinó cada 15 días (dos veces por mes) el peso corporal y testicular. Asimismo, la libido y la producción espermática cuantitativa y cualitativa fueron evaluadas.

La melatonina permitió determinar que los machos respondieron al tratamiento fotoperiódico al que fueron sometidos. La duración de la secreción elevada de melatonina fue superior en el grupo testigo que se encontraba en días cortos (13 hr de oscuridad), que en el grupo experimental que se encontraba sometido a días largos (16 hr de luz/día) ($P<0.0001$). Ninguna diferencia estadística fue encontrada en los dos grupos referente a los niveles de secreción de melatonina en la fase oscura ($P>0.05$); los niveles encontrados en el GT y GE fueron de 22.19 ± 7.32 y 20.16 ± 5.02 pg/ml, respectivamente. Por otro lado, en los dos grupos se encontraron diferencias significativas ($P<0.0001$) de la secreción de melatonina, entre la fase oscura de la fase diurna. En el GE los valores diurnos fueron de 4.04 ± 0.29 y los nocturnos de 20.16 ± 5.02 pg/ml. En el GT, los valores diurnos fueron de 4.01 ± 0.14 y los nocturnos de 22.19 ± 7.32 pg/ml.

El ANOVA reveló un efecto significativo del tiempo sobre la evolución del peso corporal ($P<0.0001$). También existió una interacción lote*tiempo ($P<0.0001$). En efecto la comparación mes a mes indicó que el peso corporal del grupo testigo siempre fue mayor que el grupo experimental a lo largo del experimento ($P<0.01$). Para la variable de peso testicular, el ANOVA mostró un efecto significativo del tiempo ($P<0.0001$).

En el análisis de porcentajes, el peso testicular fue superior en los machos del GE que en los machos del GT de enero a marzo ($P>0.001$), meses que corresponden al período de reposo sexual natural.

En las variables de comportamiento reproductivo, el ANOVA mostró que en la libido (latencia y rechazos a la eyaculación), existió un efecto del tiempo ($P<0.05$). Sin embargo, no existió una interacción lote*tiempo ($P>0.05$).

Referente al volumen del eyaculado, a la concentración y al número total de espermatozoides, no existieron diferencias entre los grupos de enero a marzo.

De enero a abril, el porcentaje de espermatozoides vivos fue superior en el GE que en el GT ($P<0.05$). En efecto, en la comparación mes a mes, las diferencias estadísticas se encontraron en enero, febrero y marzo ($P<0.05$). Por otro, lado la motilidad espermática mostró también una interacción lote*tiempo ($P<0.05$). En la comparación mes a mes, el GE fue diferente al GT. En efecto, de enero a marzo la motilidad espermática fue mejor en el grupo experimental que en el testigo ($P<0.05$).

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que los machos cabrios Criollos de la Comarca Lagunera, sometidos a 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina mejoran su actividad sexual en la etapa de reposo sexual natural en instalaciones abiertas.

ABSTRACT

The Utilization of Natural and Artificial Light and Melatonin Improves the Sexual Activity of Male Creole Goats in Open Pens from the Comarca Lagunera.

By

JAVIER MORÁN MARTÍNEZ

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL REPRODUCTION

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

TORREÓN, COAHUILA, DECEMBER 1997

Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez -Advisor-

Key words: Male Goats, Seasonality, Photoperiod, Melatonin, Reproductive Activity.

This study was performed from November 1995 to November 1996 in the región Lagunera of Coahuila México in order to determine the effect of artificial light and melatonin on the sexual activity in the rest season in the Creole male goats housed in open pens. Thirteen Creole male goats (eighteen months age) were divided in two groups. The control group (CG:n=7) was exposed to the natural photoperiodic variations of this region: 10:24 h of light during the winter solstice and 13:36 h of light during the summer solstice.

The male goats of experimental group (EG:n=6) were housed in an open pen. This group was exposed to long days. The open pen was equipped with two “light day” lamps for photoperiodic treatment. The light intensity in pen was 300 lux to level of animal eyes. The EG, was exposed from November 1 1995 to January 15 1996 to artificial light and long days (16h light, 8h dark). The period of artificial light exposure occurred daily from 6:00 h (Down) until 9:00 h, after initial exposure, the animals perceived the natural light until 5:30 h. In this moment the light was turn on again, twilight (turn off was always to 22:00 hours). On January 16 1996, the animals of the EG, received two melatonin implants of (Regulin®, Hoechst) 18 mg each one. In this moment, the animals were submitted to natural photoperiodic changes. The 45 days started photoperiodic treatment, a blood sampling of 25 hours was effectuated for measurement of plasmatic melatonin. In both groups, testicular and body weight were measured every 15 days. The sexual behavior and sperm production were determined

The duration of the high melatonin secretion (>5 ng/ml) was more prolonged in the control group (13 h) than the experimental group (7 h) ($P<0.0001$). In the both groups the diurnal levels were lower than the dark levels ($P<0.001$).

An interaction between the body weight and time in the groups was observed ($P<0.0001$). The body weight was always higher in the control group than experimental group ($P<0.01$).

The ANOVA showed a significative time effect in testicular weight in the two groups ($P<0.0001$). In the percentage analysis, the testicular weight was higher in EG than CG from January to March ($P<0.001$), these months correspond to the natural period of sexual rest.

There was not interactive effect between time and treatment group in sexual behavior. In effect the ANOVA show in the libido (measured as latency and refusal to ejaculate) that do not exist differences between groups ($P>0.05$). The parameters such as volume ejaculate, sperm concentration and sperm total number from January to March in the EG was not higher than CG in the spermatic production.

The percentage of live spermatozoa during the months with melatonin treatment was higher in the EG than CG ($P<0.05$). In January, February and March significant differences were detected ($P<0.05$).

There was an interactive effect between group and the time on spermatic motility ($P<0.05$). In monthly comparison sperm motility of the experimental group differed from the control group. In fact, the values of EG was higher than the EG ($P<0.01$) during February and March ($P<0.05$).

The results obtained in this study show that Creole male goats of the “Comarca Lagunera”, exposed to 2.5 months of artificial long days with insertion of two subcutaneous melatonin implants improved sexual activity during the sexual rest period in open pens.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

ÍDICE DE FIGURAS.	XIII
INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVO.	4
HIPÓTESIS.	4
REVISIÓN DE LITERATURA.	5
I.- Actividad sexual de los ovinos y caprinos originarios de zonas templadas.	6
A).- Variaciones estacionales de la actividad gonádica.	6
B).- Variaciones estacionales de la actividad sexual y testosterona.	7
C).- Variaciones estacionales de la secreción de gonadotropinas.	8
1.- Hormona Luteinizante (LH).	8
2.- Hormona Folículo Estimulante (FSH).	9
II.- Fotoperíodo, sincronizador de la actividad sexual.	9
A).- Demostración del efecto del fotoperíodo sobre la actividad sexual.	9
B).- Vías fotoneuroendócrinas.	10
III.- Mecanismos responsables de la estacionalidad reproductiva en los machos ovinos y caprinos.	11
A).- Efecto estimulante de los días cortos.	11
B).- Estado refractario a los días cortos.	11
C).- Abolición del estado refractario.	12
IV.- Control fotoperiódico con tratamientos fotoperiódicos y/o melatonina.	13
A).- Tratamientos fotoperiódicos.	14
B).- Combinación de la luz artificial y melatonina.	15

V.- Actividad sexual de los machos cabríos originarios de zonas subtropicales.	15
--	----

MATERIALES Y MÉTODOS.	19
-----------------------	----

1.- Ubicación del estudio.	19
2.- Animales en estudio y experimentación.	19
2.1.- Manejo.	20
2.2.- Formación de grupos experimentales.	20
2.3.- Tratamientos fotoperiódicos.	21
3.- Muestreo sanguíneo para la determinación de melatonina.	24
4.- Variables determinadas.	24
4.1.- Peso corporal.	25
4.2.- Peso testicular.	25
4.3.- Libido.	25
4.4.- Producción espermática.	26
4.4.1.- Volumen del eyaculado.	26
4.4.2.- Concentración espermática ($\times 10^9/\text{ml}$).	27
4.4.3.- Número total de espermatozoides ($\times 10^9/\text{eyaculado}$).	27
4.5.- Calidad del semen.	27
4.5.1.- Motilidad.	27
4.5.2.- Porcentaje de espermatozoides vivos.	28
5.- Análisis de datos.	28
5.1.- Melatonina.	28
5.2.- Peso corporal y testicular.	28
5.3.- Libido.	29
5.4.- Producción espermática.	29

5.4.1.- Cuantitativa.	29
5.4.2.- Calidad espermática.	30
5.5.- Expresión de resultados.	30
 RESULTADOS.	 31
1.- Melatonina.	31
2.- Peso corporal.	33
3.- Peso testicular.	34
4.- Latencia a la eyaculación.	36
5.- Rechazos a la eyaculación.	37
6.- Volumen del eyaculado.	38
7.- Concentración espermática.	39
8.- Número total de espermatozoides.	40
9.- Porcentaje de espermatozoides vivos.	41
10.- Motilidad espermática.	42
 DISCUSIÓN.	 43
CONCLUSIÓN.	49
RESUMEN.	50
BIBLIOGRAFÍA.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.- Variación semanal de la temperatura en el lugar de estudio de noviembre de 1995 a noviembre de 1996.	21
Figura 2.- Variaciones del fotoperíodo en la Comarca Lagunera (26°N)	22
Figura 3.- Protocolo del tratamiento fotoperiódico y uso de melatonina en el grupo experimental.	23
Figura 4.- Concentración (promedio $\pm$ SEM) de la melatonina plasmática en los machos del GT (-●-) y GE (-o-), en 25 horas de muestreo.	32
Figura 5.- Peso corporal (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-).	33
Figura 6.- Peso testicular (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-).	35
Figura 7.- Incremento porcentual del peso testicular de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-) en los meses de tratamiento.	35
Figura 8.- Tiempo (promedio $\pm$ SEM) de la latencia a la eyaculación de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-).	36
Figura 9.- Número de rechazos a la eyaculación (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-).	37
Figura 10.- Volumen del eyaculado (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-).	38

Figura 11.- Concentración espermática (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-). 39

Figura 12.- Número total de espermatozoides (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-). 40

Figura 13.- Porcentaje de espermatozoides vivos (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-). 41

Figura 14.- Motilidad espermática (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (-●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-o-). 42

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y aplicación de metodologías para el mejoramiento de la reproducción animal han adquirido mayor importancia y utilidad en la actualidad.

La caprinocultura a nivel mundial se ha constituido en una de las actividades pecuarias más importantes para el hombre. La cabra, por sus múltiples características de adaptabilidad a condiciones adversas, rusticidad y aprovechamiento de esquilmos, es considerada una especie noble que genera ingresos significativos a la economía tanto familiar como de la empresa a través de productos obtenidos en su explotación (Arbiza, 1986).

En México, las zonas áridas y semiáridas del Norte del País ocupan una superficie aproximada del 60 % del territorio nacional, área por demás importante para el desarrollo de la ganadería, y especialmente de la ganadería caprina, ya que estos animales pueden aprovechar la escasa y raquítica vegetación aún existente para proporcionar productos útiles al hombre como la leche, carne y pieles, siendo además un medio de sustento e ingreso para las miles de familias de mexicanos, en estas zonas poco favorecidas por la naturaleza (Cantú, 1992). En México existe una población de 10,442,110 cabras (SARH, 1987). La distribución del ganado caprino en México se encuentra ubicado principalmente en zonas áridas y semiáridas del norte de México y

y la población rural en estas zonas ha optado por la explotación de la cabra en una manera extensiva (Arbiza, 1986).

Tomando en cuenta estas consideraciones y aunado a ellas las sequías predominantes, la escasa utilización del manejo zootécnico (técnicas de reproducción), la poca organización de los productores, la falta de mercado para la comercialización de sus productos, así como su administración en general, los estudios relacionados a la especie caprina son de suma importancia para que generen una nueva tecnología que eleve los niveles productivos y por ende los ingresos de los caprinocultores. En la Comarca Lagunera la cual está situada en la parte suroeste del estado de Coahuila y al Noreste del estado de Durango, queda comprendida entre los paralelos 24°05' y 26°54' de Latitud Norte, abarca una superficie de 64,785.7 km² (4 637, 150 hectáreas) 45,305 km² (83%) del total de la superficie con potencial de explotación para cabras. El clima que prevalece es muy seco, temperaturas anual promedio de 21°C con temperaturas extremas de 40°C a la sombra y de -3°C a la intemperie, vientos dominantes con dirección este, precipitación anual total de 200.2 mm y evaporación total de 2366.1 mm (INIFAP, 1995). La población caprina es estimada en 526,317 unidades (SAGAR, 1994) y es señalada como una de las regiones caprinocultoras más importantes del país. En la Comarca, la cabra es explotada de manera intensiva (estabulado y semiestabulado) y extensiva (pastoreo nómada y pastoreo sedentario). Sin embargo, el sistema predominante en esta región es el pastoreo sedentario (Hoyos et al., 1991).

El mejoramiento de la eficiencia reproductiva en caprinos, constituye un método efectivo para tender a mejorar la producción. Los caprinos, especie que tiene un patrón de reproducción estacional en nuestras latitudes, son objeto de un profundo análisis, ya que las técnicas de control de la reproducción son necesarias para un manejo eficaz de los rebaños comerciales, o para que los pequeños productores manejen, de acuerdo a sus necesidades y posibilidades, estas estrategias que tiendan a romper la naturaleza de la reproducción de esta especie en el sentido de aprovechamiento máximo de los mismos en un tiempo establecido.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio fue el de determinar el efecto de la luz artificial, natural y la melatonina sobre la actividad sexual del macho cabrío Criollo de la Comarca Lagunera alojado en instalaciones abiertas.

HIPÓTESIS

Los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera manejados de manera intensiva en instalaciones abiertas y tratados con luz artificial (días largos) y melatonina (días cortos) modifican su actividad reproductiva anual.

REVISIÓN DE LITERATURA

El fotoperíodo, o las variaciones de la duración del día, es el factor del medio ambiente más repetible de un año a otro. En los pequeños rumiantes originarios de zonas templadas, las variaciones estacionales de la reproducción dependen del fotoperíodo. La melatonina secretada durante la noche por la glándula pineal, permite a los animales “determinar” la duración del día (Lincoln y Short., 1980; Karsch et al., 1984). La actividad sexual se desarrolla durante el otoño y el invierno, y el período de reposo sexual, durante la primavera y el verano (Thimonier y Mauléon, 1969; Ortavant et al., 1985; Chemineau et al., 1992).

Los ovinos y caprinos originarios de zonas tropicales tienen la capacidad de manifestar una actividad sexual durante todo el año. En las cabras Criollas del Caribe, por ejemplo, una ovulación continua fue observada durante todo el año (Chemineau et al., 1993). En los machos cabríos de la misma región, un elevado peso testicular y un intenso comportamiento sexual, fueron registrados a través del año (Chemineau et al., 1993). En estas latitudes, se piensa que la actividad sexual está relacionada con la disponibilidad de alimento (Delgadillo y Malpaux, 1996), ya que un incremento en la preñez (60%) es observado en los meses de junio a octubre, justamente cuando los períodos de lluvia se incrementan (Chemineau y Xandé, 1982).

En las zonas subtropicales, algunas razas caprinas manifiestan variaciones estacionales de la actividad reproductiva (Walkden-Brown et al., 1994; Delgadillo y Malpaux, 1996). En la Comarca Lgunera (26°N) al Norte de México, por ejemplo, las hembras caprinas presentan un anestro de marzo a julio (Flores et al., 1996), mientras que en los machos, el período de reposo sexual se observa de diciembre a abril (Canedo et al., 1995, 1996).

I) Actividad sexual de los ovinos y caprinos originarios de zonas templadas

A) Variaciones estacionales de la actividad gonádica

Los machos ovinos y caprinos de razas originarias de zonas templadas manifiestan variaciones estacionales de la producción espermática. En los machos ovinos de la raza Ile-de-France, la disminución de la actividad espermatogénica provoca una reducción del peso testicular de 280 g en otoño a 200 g en primavera (Ortavant y Thibault, 1956; Pelletier, 1971). En efecto, la producción de espermatozoides diaria por testículo, estudiada por canulación del rete testis, pasa de $4,82 \times 10^9$ en otoño a $1,02 \times 10^9$ en primavera (Dacheux et al., 1981). Por otro lado, el número de espermatozoides producido diariamente por gramo de parénquima testicular, es bajo en primavera (9.3×10^6) y alto en otoño (12.2×10^6) (Ortavant et al., 1985). De la misma manera, la calidad de los espermatozoides se modifica con las estaciones del año. Durante la primavera o periodo de reposos sexual, se ha observado hasta un 80 % de espermatozoides anormales y una fertilidad de 47.1 %, mientras que estos valores son de 10 % y 68.4 % en otoño o periodo de actividad sexual, respectivamente (Colas et al., 1980, 1981).

Al igual que en los machos ovinos, en los caprinos existen variaciones estacionales de la producción espermática, las que provocan variaciones del peso testicular (Delgadillo et al., 1991). En efecto, en los machos Alpinos y Saanen, la disminución del rendimiento de la actividad de espermatogénesis registrada durante el período de reposos sexual, provoca una disminución del peso testicular de 150 g en invierno a 117 g en primavera (Delgadillo et al., 1995). La calidad espermática también presenta variaciones estacionales. La motilidad progresiva de los espermatozoides mantenidos a 37 °C en un diluyente lácteo durante 5 min varió de 2.4 (escala de 0-5) en agosto a 3.6 en enero (Delgadillo et al., 1992). De la misma manera, el porcentaje de espermatozoides vivos pasó de 37.8 % en agosto a 66.2 % en enero (Delgadillo et al., 1992). La fertilidad del semen fresco disminuye de 50 % a 15 % cuando la motilidad progresiva se reduce de 4.5 a 3.5 (Corteel, 1976).

B) Variaciones estacionales del comportamiento sexual y testosterona

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 principios de otoño, prolongándose hasta finales del invierno (Rouger, 1974; 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 (Barrel y Lapwood, 1979; Lincoln y Short, 1980; Boland et al., 1985;

Delgadillo et al., 1991). En los machos Alpinos y Saanen, los niveles de base (<5 ng/ml) de la testosterona son registrados de enero a julio. Posteriormente, se produce un incremento repentino en agosto que alcanza concentraciones superiores a los 15 ng/ml. De septiembre a diciembre se produce una disminución gradual hasta alcanzar nuevamente los niveles basales (Delgadillo et al., 1993). Estas variaciones de la testosterona son controladas por las variaciones de las gonadotropinas (Martin, 1984; Delgadillo y Chemineau, 1992; Chemineau y Delgadillo, 1994). Durante el período de actividad sexual, los machos despiden un olor característico debido a la secreción de las glándulas sebáceas ubicadas en la parte posterior de los cuernos, las cuales son estimuladas por la testosterona (Jenkinson et al., 1967; Shackelton y Shank, 1984; Walkden-Brown et al., 1994).

C) Variaciones estacionales de la secreción de las gonadotropinas

1) Hormona Luteinizante (LH)

En los machos ovinos y caprinos que manifiestan variaciones estacionales de su actividad reproductiva, la LH varía también de una manera estacional (Muduuli et al., 1979; Lincoln y Short, 1980; Howland et al., 1985). En los machos ovinos y caprinos, la pulsatilidad de la LH es mayor durante el período de actividad sexual que durante el período de reposo sexual (Muduuli et al., 1979; Barrel y Lapwood, 1979; Lincoln y Short, 1980). En los machos Alpinos y Saanen, el número de pulsos de LH se reduce de 3.5 en septiembre a 1.0 en abril (Delgadillo, 1990). La amplitud de estos pulsos es baja (<0.4 ng/ml) de septiembre a mayo y se incrementa de junio (0.5 ng/ml) a agosto (1.0 ng/ml).

2) Hormona Folículo Estimulante (FSH)

La FSH presenta también, en los ovinos y caprinos, variaciones a través del año (Ritar et al., 1979; D'Occhio y Brooks, 1983; Lincoln et al., 1990; Malpoux et al., 1996). En los machos caprinos de la raza Pygmy, por ejemplo, la FSH es alta durante los meses de primavera (65 ng/ml), iniciando una disminución en otoño (35 ng/ml) (Muduuli et al., 1979). Resultados similares de la variación de la FSH han sido reportados en otros estudios en caprinos (Racey et al., 1977) y en ovinos (Findlay et al., 1985; Findlay y Clarke, 1987).

II) Fotoperiodo, sincronizador de la actividad sexual

A) Demostración del efecto del fotoperiodo sobre la actividad sexual

El ciclo anual de reproducción de los pequeños rumiantes originarios de zonas templadas es sincronizado por el fotoperiodo (Pelletier y Ortavant, 1977; Pelletier et al., 1987). La inversión, de manera artificial, del régimen de luz anual provoca en ambos sexos, la inversión del ciclo anual de reproducción (machos: Alberio, 1976; hembras: Thwaites, 1965).

La utilización de ritmos fotoperiódicos que reproducen en 6 meses las variaciones naturales anuales de la duración del día, permiten obtener, tanto en las hembras como en los machos, dos estaciones de actividad sexual por año (Ortavant y Thibault, 1956; Mauléon y Rougeot, 1962).

De igual manera, en los machos la alternancia de días cortos y largos cada 2, 3 ó 4 meses, induce una actividad sexual que inicia al final de los días largos y alcanza su máximo nivel al final de los días cortos (Lincoln, 1976; Legan y Karsch, 1980; Delgadillo et al., 1992, 1993).

Estos resultados demuestran que las variaciones fotoperiódicas permiten modificar la actividad sexual anual en ambos sexos.

B) Vías fotoneuroendócrinas

En la mayoría de los mamíferos, la información fotoperiódica es percibida por la retina del ojo y transmitida por vía nerviosa a la glándula pineal, pasando por varias estructuras del sistema nervioso central. La información fotoperiódica pasa de la retina a los núcleos supraquiasmáticos del hipotálamo, a través de una vía monosináptica (Legan y Winans, 1981). De ahí, el signo fótico pasa a los núcleos paraventriculares y a los ganglios cervicales superiores (Lincoln, 1979; Klein et al., 1983). Finalmente, la señal llega a la glándula pineal. Esta glándula traduce la información fotoperiódica en una producción hormonal en forma de un ritmo circadiano de secreción de melatonina. Esta hormona es secretada únicamente durante la noche o la fase oscura, por lo que la duración de secreción es similar a la duración de la noche (Lincoln y Short, 1980; Karsch et al., 1984; Delgadillo y Chemineau, 1992; Sumuva et al., 1995; Malpoux et al., 1996). Así, el perfil de secreción de la melatonina permite a los animales “medir la duración del día”.

III) Mecanismos responsables de la estacionalidad reproductiva de los machos ovinos y caprinos

A) Efecto estimulante de los días cortos

El fotoperiodo controla la actividad sexual anual de los pequeños rumiantes originarios de latitudes altas. Los días cortos o decrecientes estimulan la actividad sexual, mientras que los días largos o crecientes la inhiben. En efecto, en condiciones naturales, la secreción de las gonadotropinas y por ende, la actividad sexual se manifiesta durante los días decrecientes del otoño e invierno (Ortavant et al., 1985; Chemineau et al., 1992; Chemineau y Delgadillo, 1993). En condiciones artificiales, la actividad sexual de los animales sometidos a alternancias de días largos y cortos se inicia durante los días cortos y termina durante los días largos (Karsch et al., 1984; Thimonier, 1989). En los machos, esta actividad inicia al final de los días largos y terminan durante los días cortos (Branca y Caprai, 1989; Delgadillo et al., 1993).

B) Estado refractario a los días cortos

Si el fotoperiodo estimula e inhibe la actividad sexual durante los días cortos y largos, respectivamente, los animales no responden indefinidamente a los efectos estimulantes o inhibidores del fotoperiodo.

Los machos ovinos sometidos artificialmente a 94 semanas de días cortos, manifiestan variaciones del peso testicular (Howles et al., 1982). De igual manera, las hembras ovinas castradas y portadoras de un implante subcutáneo de estradiol, sometidas durante 5 años a días cortos, manifiestan variaciones de la LH plasmática (Karsch et al., 1989). En ambos sexos las variaciones tienen una duración cercana a un año. Contrariamente a lo observado en condiciones naturales, los animales sometidos a fotoperiodo constante están desincronizados entre sí. Cuando los animales que se encuentran en condiciones naturales, y son sometidos artificialmente a 4 meses de días cortos a partir de enero, no responden al efecto estimulante del fotoperiodo corto. El volumen testicular se mantiene semejante al observado durante el periodo de reposos sexual (Lincoln, 1980). De la misma manera, las hembras sometidas artificialmente a días cortos después del solsticio de invierno, no prolongan el final de su actividad sexual (Malpoux et al., 1987, 1988, 1989).

Estos resultados indican que los animales no responden indefinidamente al efecto estimulador de los días cortos. Resultados similares se han reportado en los machos sometidos a días largos constantes (Howles et al., 1982). Esto se debe a la aparición del "Estado Refractario" a los días cortos y largos (Howles et al., 1982; Karsch et al., 1984). La aparición de este estado refractario, sería, en condiciones naturales, la causa del final y del inicio del periodo natural de reproducción (Thimonier et al., 1978; Robinson y Karsch, 1984).

C.-Abolición del estado refractario

A pesar de que los días largos inhiben la actividad sexual, éstos son necesarios para eliminar el estado refractario a los días cortos (Yellon y Foster, 1985; Chemineau et al., 1988; Thimonier, 1989).

En los machos que se encuentran en condiciones naturales y que son sometidos artificialmente a días cortos a partir de enero, no responden al efecto estimulador de este fotoperiodo. En cambio, cuando estos animales son sometidos a días cortos a partir de abril, es decir, después de haber percibido días largos, el diámetro testicular se incrementa bajo la acción estimulante de los días cortos (Lincoln, 1980). En el primer caso, los animales habían percibido muchos días cortos, por lo que se instaló el estado refractario a estos días. En el segundo caso, los animales ya habían percibido días largos, por lo que los días cortos estimularon la actividad sexual. En las hembras, es también necesario un tratamiento de días largos para que los días cortos puedan inducir la actividad sexual (Chemineau et al., 1988).

Estos resultados indican que los días largos permiten la manifestación estimulante de los días cortos. Ellos son los responsables de eliminar el estado refractario a los días cortos. Por tanto, para inducir la actividad sexual durante los periodos de anestro o reposo sexual, es necesario la alternancia de días largos y cortos.

IV) Control de la reproducción con tratamientos fotoperiódicos y/o melatonina

El control de la actividad reproductiva en ovinos y caprinos mediante el uso de la luz artificial y la melatonina en las razas estacionales, ha sido uno de los avances importantes en los últimos tiempos. Estos tratamientos se han utilizado en machos de razas estacionales de zonas templadas, para entre otras cosas, abolir totalmente las variaciones estacionales o inducir una actividad sexual a contraestación (Lindsay y Thimonier, 1988; Chemineau et al., 1989; Chemineau et al., 1992 ab; Garde et al., 1993; Borghese et al., 1996).

A) Tratamientos fotoperiódicos

Los tratamientos están basados en la alternancia de días largos (o crecientes) y de días cortos (o decrecientes). Tanto en los machos ovinos de la raza Ile-de-France como en los machos caprinos de las razas Alpina y Saanen sometidos a 1 ó 2 meses de días largos alternados con 1 ó 2 meses de días cortos, eliminan la estacionalidad reproductiva. Estos machos manifiestan una intensa actividad sexual durante todo el año (Almeida y Pelletier, 1987; Pelletier y Almeida, 1988; Delgadillo et al., 1992, 1993; Chemineau et al., 1993). Estos tratamientos fotoperiódicos incrementan, además, la producción espermática (Chemineau et al., 1988; De Reviere et al., 1992; Delgadillo et al., 1993, 1995). Los días largos (16 h luz) se pueden proporcionar con luz artificial, o la combinación de luz artificial y natural (Chemineau et al., 1992; Radrinson, 1992). Los días cortos pueden ser artificiales en cámaras fotoperiódicas, o bien, imitados con un implante de melatonina ("días cortos") (Donovan et al., 1994; Chemineau, 1996).

B) Combinación de la luz artificial y la melatonina

En los ovinos y caprinos, la utilización de luz artificial o la combinación de ésta con la melatonina han permitido inducir la actividad sexual durante el período de reposo sexual (Prandi et al., 1987; Devenson et al., 1992; Chemineau et al., 1992; Zarazaga et al., 1993). Los animales deben percibir un mínimo de 2 meses de días largos durante el invierno, seguidos de la aplicación subcutánea de dos implantes de melatonina durante la primavera. Esto induce una actividad sexual al final de la misma (Chemineau et al., 1993). En los machos ovinos y caprinos, el uso de luz artificial y melatonina, permite también inducir una intensa actividad sexual a contra-estación (Fitzgerald y Stallflug, 1990; Chemineau et al., 1996).

V) Actividad sexual de los machos cabríos originarios de zonas subtropicales

En latitudes subtropicales, existen algunas razas de ovinos y caprinos que manifiestan variaciones estacionales de la reproducción (Restall et al., 1991; Walkden-Brown y Restall, 1996; Delgadillo et al., 1997). Por ejemplo, a 35° al norte de África se observa un aiestro en las cabras locales entre los meses de febrero y abril (Ammar-Khodja y Brudéaux, 1982). Por otro lado, en los machos caprinos de la raza Angora explotados en la misma latitud, se observa que el período de actividad sexual que se desarrolla desde finales de febrero a mayo caracterizado por una intensa libido y un elevado peso testicular (Elwishy et al., 1971; Loubster et al., 1983; Ritar, 1990). Los machos caprinos de la raza Casimere en Australia (29°S), también exhiben amplias variaciones estacionales de sus actividades neuroendócrina y sexual (Walkden-Brown

et al., 1994ab). En efecto, la LH varía de una manera estacional. Las concentraciones basales de esta hormona son detectadas en invierno ($2.5 \mu\text{gL}^{-1}$), se incrementan a finales de la primavera, y a la mitad del verano, la LH alcanza un valor de $6 \mu\text{gL}^{-1}$ (Walkden-Brown et al., 1994). En esta misma raza, la FSH muestra un incremento en su liberación al inicio de la primavera ($0.8-1.0 \mu\text{gL}^{-1}$), alcanzando sus valores máximos a finales del verano ($1.4 \mu\text{gL}^{-1}$). Los niveles mínimos de FSH son observados en invierno (junio a septiembre) ($0.4-0.5 \mu\text{gL}^{-1}$) (Walkden-Brown et al., 1994). Resultados similares de la variación estacional de la FSH, han sido reportados en caprinos en Japón (38°N) (Miyamoto et al., 1987). La testosterona también presenta variaciones estacionales a través del año. En el verano los valores se incrementan, y a principios del otoño, estos valores alcanzan sus niveles más altos ($9 \mu\text{g L}^{-1}$). Por otro lado, en invierno la concentración de testosterona disminuye de 1 a $0.5 \mu\text{g L}^{-1}$. Las variaciones estacionales de las gonadotropinas y de la testosterona inducen cambios en la libido y en la producción espermática cualitativa y cuantitativa. Una intensa libido y una elevada producción espermática son observadas durante el verano y el otoño (Walkden-Brown et al., 1994).

En el Altiplano Mexicano se ha avanzado en el estudio del comportamiento reproductivo de la especie caprina, específicamente en la Región Lagunera (26°N), en donde se ha reportado una actividad reproductiva estacional en ambos sexos. En las hembras Criollas de esta Región, por ejemplo, se ha determinado un período de anestro que se extiende de marzo a julio (Flores et al., 1996). Asimismo, se demostró la existencia de variaciones estacionales de la actividad sexual de los machos cabríos Criollos de esta Comarca. El período de reposo sexual se presenta de diciembre a

abril y se caracteriza por un peso testicular bajo, una disminución de la libido y una disminución de la calidad y la cantidad del semen producido durante este periodo (Canedo et al., 1995, 1996; Carrillo et al., 1996, 1997). En el mes de mayo se observa un aumento del volumen testicular (reflejo de la actividad espermatogénica), y en los meses subsiguientes, las características cualitativas y cuantitativas del eyaculado, se mejoran notablemente (Canedo et al., 1995; Carrillo et al., 1997). Por ejemplo, el volumen del eyaculado pasa de 0.93 ± 0.08 ml en febrero a 1.44 ± 0.07 ml en junio. También el número total de espermatozoides pasa de 1.4 ± 0.21 en febrero a 3.1 ± 0.25 en mayo. Las variaciones antes descritas son provocadas por las variaciones de la LH y de la testosterona (Canedo et al., 1997; Canedo et al., resultados no publicados). En efecto, la testosterona presenta variaciones estacionales en los machos de esta raza. Las concentraciones plasmáticas elevadas se observan de mayo a diciembre con un promedio de 10.09 ± 1.75 ng/ml, posteriormente estos niveles disminuyen de enero a abril (2.00 ± 0.48) (Canedo et al., 1997).

Variaciones similares del peso testicular observadas en los machos explotados intensivamente y alimentados de manera adecuada, han sido reportadas en los machos de la misma raza explotados extensivamente (Delgadillo et al., 1997). Esto sugiere, que la disponibilidad de alimento no es la responsable de la estacionalidad descrita en los machos locales de la Comarca Lagunera. Existen evidencias de que el fotoperíodo es el principal factor del medio ambiente que controla el ciclo anual de reproducción de estos machos. En efecto, Cortez et al. (1997) demostraron que los cambios en el fotoperíodo (3 meses de días largos combinados con 3 meses de días cortos, durante dos años), inducen cambios en el peso testicular de los machos. Este peso se incrementa a la mitad de los días largos y alcanza su máximo nivel al inicio de los días

cortos. El peso testicular disminuye al final de los días cortos y al inicio de los días largos. El efecto del fotoperiodo sobre la actividad sexual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera, ha permitido, mediante el uso de luz artificial y melatonina, inducir una intensa actividad sexual a contra estación (Carrillo et al., 1997ab). En efecto, 2.5 meses de días largos, del 1 de noviembre al 15 de enero, seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina, inducen una intensa actividad reproductiva a contra estación. En el estudio de Carrillo et al. (1997ab), los días largos fueron proporcionados en una cámara fotoperiódica equipada con 4 lámparas de "luz de día". Esto hace costoso el uso y la implementación de esta técnica de control reproductivo en los machos caprinos de la Comarca Lagunera. Por ello, en este estudio se plantea la idea de proporcionar los días largos utilizando la luz artificial al amanecer (alba fijo) y al anochecer (crepúsculo fijo) combinado con la luz natural y la melatonina.

MATERIALES Y MÉTODOS

1.- Ubicación del estudio:

El presente estudio se realizó en las instalaciones del sector pecuario del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10, ubicado en el Ejido Ana, Municipio de Torreón Coahuila, de noviembre de 1995 a noviembre de 1996. Este Instituto se localiza en el kilómetro 7.5 de la carretera Torreón-San Pedro, Coahuila. El Ejido Ana forma parte de la Comarca Lagunera, la cual está situada a una latitud de 26° Norte y con una altitud que varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar (SARH, 1985). La precipitación pluvial media anual es de 250 milímetros cúbicos y el período de lluvias se presenta de agosto a septiembre (INEGI - SPP, 1989). El clima es predominantemente árido o muy seco (estepario-desértico); los vientos dominantes provienen del suroeste a una velocidad que oscila entre 20 y 40 km por hora; los meses de mayor intensidad son febrero y marzo (PDAF-SARH, 1983). Las temperaturas mínimas y máximas registradas en el presente estudio son mostradas en la Figura 1.

2.- Animales en estudio y experimentación:

Para la ejecución de este estudio se utilizaron 14 machos cabríos Criollos representativos del fenotipo del ganado existente en la Comarca Lagunera.

Los animales al inicio del estudio tenían aproximadamente 18 meses de edad. Los animales del grupo experimental (GE) fueron reclutados 15 días antes del inicio del estudio. Estos animales provenían de un sistema de explotación extensivo. Los animales del grupo control (GC) fueron reclutados al azar de las crías obtenidas de 45 hembras pertenecientes a 14 hatos privados de la Región Lagunera. Estos animales fueron primeramente utilizados para determinar su pubertad, por lo que siempre estuvieron estabulados y alimentados adecuadamente. Los dos grupos en estudio permanecieron totalmente estabulados y recibieron una dieta basada en el 4 % de su peso vivo, lo que correspondió a una cantidad que varió entre 1.6 y 2.8 kg de heno de alfalfa. Además, a cada macho se les proporcionó 300 g de concentrado comercial con el 14% de proteína cruda. El agua y las sales minerales fueron proporcionadas a libre acceso. La hora de suministro del alimento fue a las 8:00 hr y a las 14:00 hr. Estas cantidades cubrieron satisfactoriamente las necesidades alimenticias de los machos durante el periodo experimental (Cantú, 1992).

2.1.-Manejo:

Antes del inicio de este estudio, todos los machos fueron despezuañados, descornados, vitaminados, desparasitados interna y externamente. Además, los machos fueron identificados con un arete de plástico en la oreja izquierda.

2.2.- Formación de grupos experimentales:

Los machos fueron divididos en dos lotes de 7 animales cada uno, 15 días antes de iniciar el estudio (15 de octubre de 1995). Sin embargo, en el GE se

utilizaron solo 6 machos ya que uno presentó problemas de salud, por lo cual fue excluido del estudio. Al iniciar el estudio, los pesos promedio ($\pm$ error estándar del promedio) corporal y testicular del GT fueron de: 48.28 ± 1.35 kg y 88.57 ± 7.61 g, respectivamente. En el GE, estos valores fueron de 37.57 ± 1.96 kg y 95.71 ± 7.02 g, respectivamente. El peso corporal del GC fue superior estadísticamente al del GE ($P < 0.01$). En cambio, el peso testicular promedio fue similar al inicio del estudio en ambos grupos.

2.3.- Tratamientos fotoperiódicos:

Los animales del GC fueron reclusos en un corral de 4 m de ancho x 7 m de largo (28 m^2). Este corral fue construido con quites de maguey (*Agave asperima* Jacotí), tela ciclónica y postes de madera. El corral fue provisto de sombras construidas con carrizo (*Arundo donax* L.), comederos y bebederos. Estos animales estuvieron sometidos a las variaciones naturales de la temperatura (Figura 1).

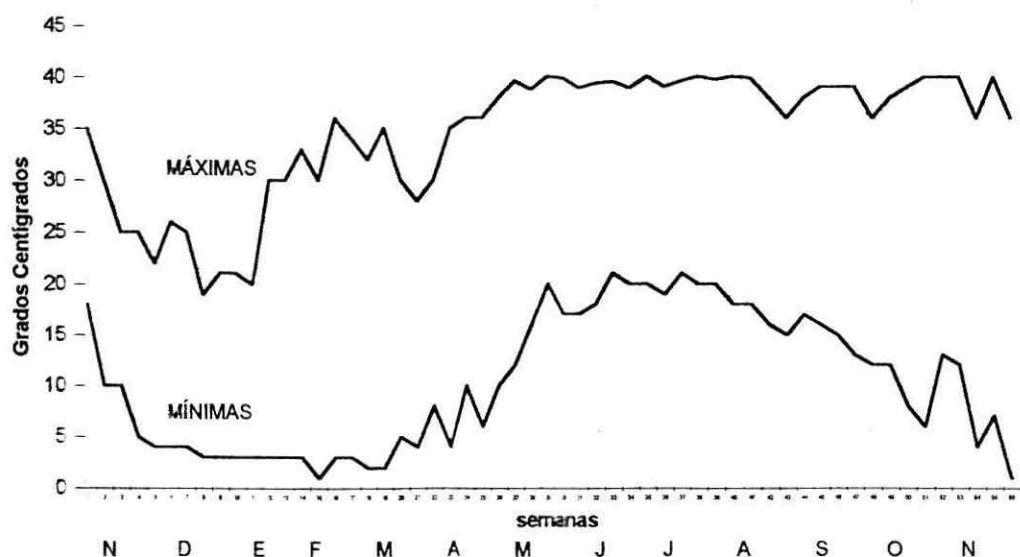


Figura 1.- Variaciones semanales de la temperatura en el lugar de estudio de noviembre de 1995 a noviembre de 1996.

Los machos del GE fueron alojados en un corral de 4 m de ancho x 6 m de largo (24 m^2), a una distancia de 60 m del GT, bajo las variaciones naturales de la temperatura. Del mismo modo, los animales estuvieron bajo las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera: 10:24 horas de luz durante el solsticio de invierno (21 de diciembre, día más corto) y 13:36 horas de luz durante el solsticio de verano (21 de junio, día más largo), (Figura 2).

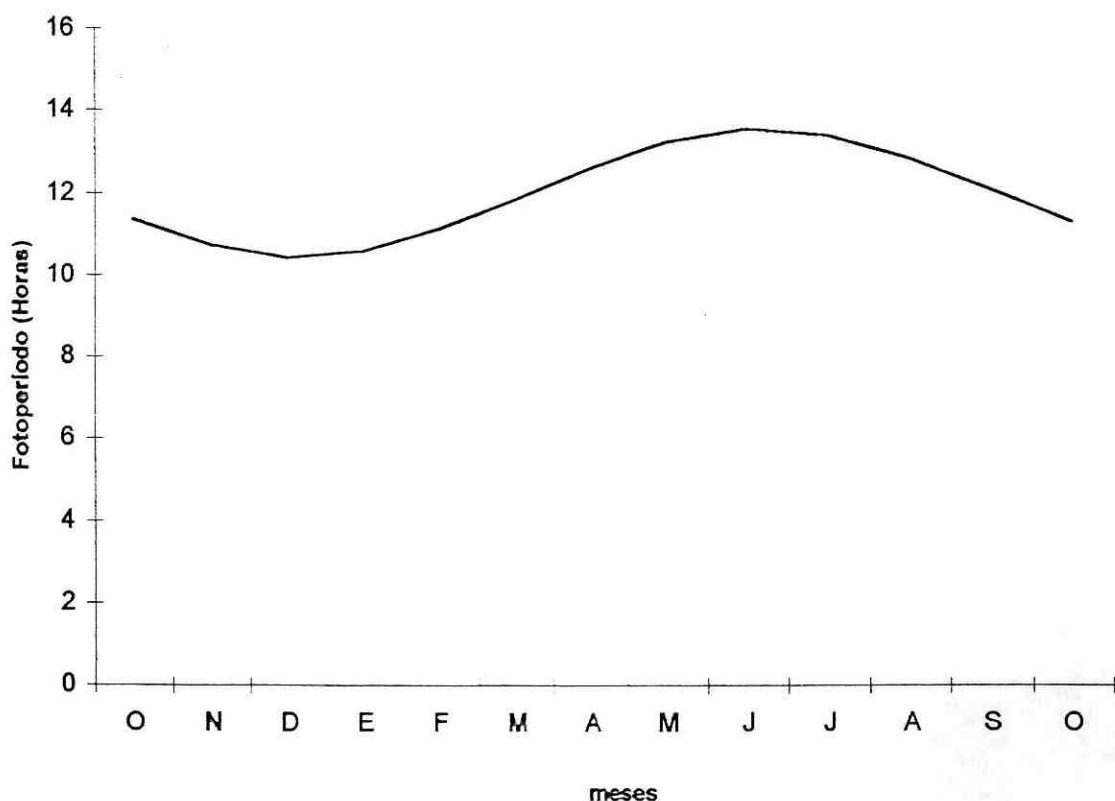


Figura 2.- Variaciones del fotoperíodo en la Comarca Lagunera (26°N). Fuente: Centro de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID-RASPA-INIFAP), Gómez Palacio, Dgo.

Para el tratamiento fotoperiódico, el corral fue equipado con 2 lámparas de "luz de día". La intensidad mínima de la luz fue de 300 lux al nivel de los ojos de los animales. El mecanismo de encendido y apagado de la luz fue controlado con relojes programables (Intermatic, Timer old, USA) A partir del 1 de noviembre de 1995 y

hasta el 15 de enero de 1996 (75 días), los machos del GE fueron sometidos artificialmente a días largos (DL) (16 horas luz - 8 horas de oscuridad). El alba (encendido de la luz) fue fija y ocurrió diariamente a las 6:00 hr, la luz fue apagada a las 9:00 hr; desde este momento los animales percibieron la luz natural hasta las 17:30 hr. En este instante la luz artificial fue encendida nuevamente, y el crepúsculo (apagado de la luz) también fue fijo y ocurrió diariamente a las 22:00 hr. El 16 de enero de 1996, los machos recibieron en la base de la oreja izquierda dos implantes subcutáneos de melatonina (Regulin[®], Hoechst) de 18 mg cada uno. La liberación de esta hormona se hace de manera constante con una duración aproximada de 90 días y permite responder a los animales como si estuvieran sometidos a días cortos (Chemineau et al., 1995). A partir de la colocación de los implantes, el mecanismo de encendido y apagado de la luz artificial fue suspendido, y los animales fueron sometidos en instalaciones abiertas a las variaciones naturales del fotoperíodo (Figura 3).

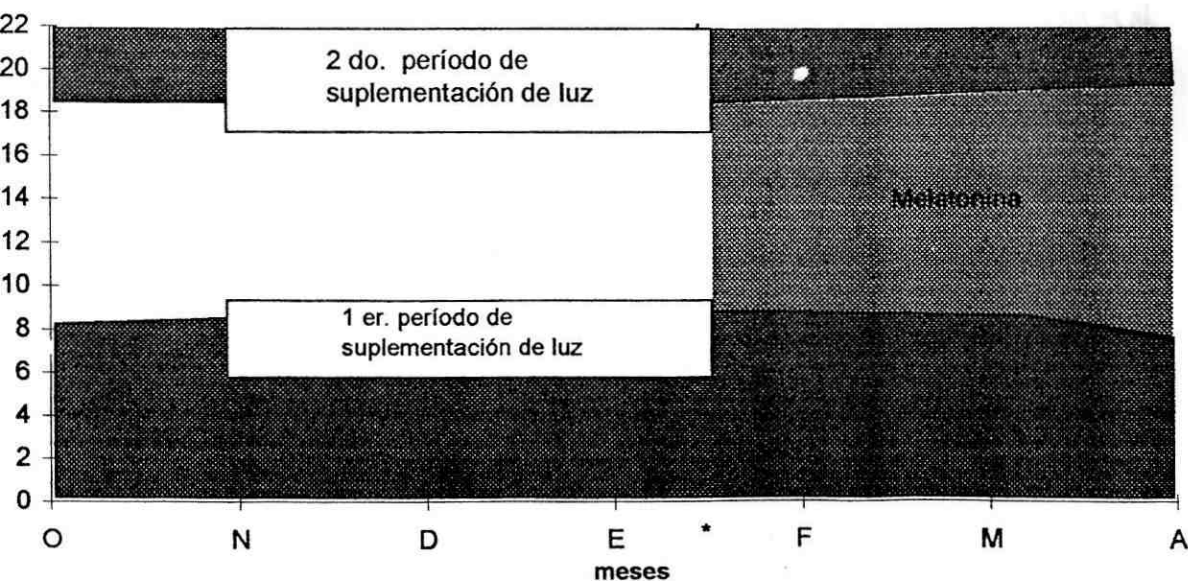


Figura 3.- Protocolo del tratamiento fotoperiódico y uso de melatonina en el grupo experimental. E* = implantes de melatonina

3.- Muestreo sanguíneo para la determinación de Melatonina:

Con la finalidad de conocer cómo los machos interpretaban la duración del día, se determinaron los niveles plasmáticos de la melatonina durante el período de los “días largos” en el GE y los “días cortos” en el GT. Este muestreo fue realizado a los 45 de iniciado el tratamiento fotoperiódico (15 de diciembre de 1995). Para ello se obtuvo una muestra sanguínea cada hora durante 25 horas. 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 vena yugular izquierda, utilizando jeringas de 3 ml (Monojet, USA). La sangre fue depositada en tubos de 5 ml previamente heparinizados con 30 μ l (Inepar, heparina sódica 1000 UI/ml; Laboratorios Pisa, México). Las muestras fueron centrifugadas durante 25 min a 3000 rpm. El plasma obtenido fue transferido a tubos eppendorf para su congelación (-15°C), hasta la determinación por radioinmunoanálisis de la melatonina. Esta hormona fue determinada en doble en muestras de 100 μ l, según la técnica descrita por Fraser et al. (1986), utilizando anticuerpos desarrollados por Tillet et al. (1986). La sensibilidad del ensayo fue de 4 pg/ml y el coeficiente de variación intraensayo fue de 8%.

4.- Variables determinadas:

Todas las variables fueron determinadas bajo las mismas condiciones tanto en el GE como en el GT.

4.1.- Peso Corporal:

El peso corporal se determinó cada 15 días (dos veces por mes) durante todo el estudio. Esta determinación se efectuó por la mañana antes de la distribución de la ración matutina. Para ello se utilizó siempre la misma báscula (con capacidad de 500 kg y una precisión de 100 g), y la determinación fue realizada por la misma persona.

4.2.- Peso testicular:

El volumen testicular, índice del peso testicular, fue determinado cada 15 días (dos veces por mes) con un orquidómetro mediante la técnica de palpación comparativa propuesta por Oldham et al. (1978). El orquidómetro es un collar de bolas sintéticas con forma similar a los testículos y con diferentes medidas: 50, 75, 100, 125, 150, 180, 200, 220 ml (1 ml = 1 g). Esta técnica consiste en palpar siempre uno de los testículos de los machos y determinar su peso por comparación con las bolas del orquidómetro. Esta determinación fue realizada siempre por la misma persona.

4.3.- Libido:

La libido se determinó durante las sesiones de colecta del semen, mediante la latencia a la eyaculación y el porcentaje de rechazos a la eyaculación (Delgadillo et al., 1991). La latencia es el tiempo que transcurre desde que un macho es puesto en presencia de una hembra inducida artificialmente al estro, hasta la obtención de un

eyaculado en una vagina artificial. El tiempo en segundos fue determinado con un cronómetro. Cada macho tenía 300 s para eyacular. Pasado este tiempo, si el macho no eyaculaba, se retiraba de la hembra, se regresaba a su corral considerándose el evento como rechazo a la eyaculación.

4.4.-Producción espermática:

Para colectar el semen, los machos fueron expuestos a una hembra inducida artificialmente al estro, mediante la aplicación intramuscular de 2 mg de cipionato de estradiol (Upjohn, México). Estas aplicaciones fueron programadas cada 2 días, iniciando 8 días antes de la primera colecta de semen. El semen fue colectado 6 veces por mes (un eyaculado por día y por macho) utilizando una vagina artificial con una temperatura interna de 40°C. Los ritmos de colecta iniciaron, invariablemente, el día 21 de cada mes. Se obtuvieron tres eyaculados consecutivos intercalados con dos días de descanso, seguidos de la obtención de otros tres eyaculados continuos. La colecta de semen se realizó de enero a noviembre de 1996. Las variables evaluados fueron las siguientes:

4.4.1- Volumen del eyaculado:

El volumen del eyaculado se determinó directamente en el tubo cónico de colecta graduado de 15 ml, con una precisión de 0.1 ml

4.4.2.- Concentración espermática ($\times 10^9/\text{ml}$):

Inmediatamente después de haber recolectado el semen, se tomó una muestra de 0.05 ml y se diluyó en 9.95 ml de una solución buffer (Cloruro de Sodio-Formaldehído, 1:200). Posteriormente, esta solución fue vertida en un tubo de cuarzo e introducido al espectrofotómetro de luz visible (Coleman Junior II-Model 6/35) calibrado a 520 nm, para determinar el porcentaje de transmitancia de la muestra. Estos valores corresponden a una concentración espermática previamente establecida y validada, para determinar la concentración por ml del eyaculado recolectado.

4.4.3.-Número total de espermatozoides por eyaculado ($\times 10^9$):

El número total de espermatozoides fue determinado multiplicando la concentración $\times$ el volumen del eyaculado.

4.5.- Calidad del semen:

4.5.1.-Motilidad:

Después de recolectado el semen, una gota de semen no diluido fue puesta entre un porta y un cubreobjetos para ser observado al microscopio óptico con el objetivo de X40. La motilidad progresiva de los espermatozoides fue determinada utilizando una escala del 0 al 5 (Delgadillo et al., 1992). La determinación fue siempre realizada por la misma persona.

4.5.2.-Porcentaje de espermatozoides vivos:

Al igual que la motilidad, también se estimó la cantidad de células vivas de las muestras obtenidas (Delgadillo et al., 1992).

5.- Análisis de datos:

5.1.- Melatonina:

Los datos individuales obtenidos en cada muestreo fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con medias repetidas a 2 factores (tiempo-lote). Para calcular la duración de secreción nocturna de la melatonina, se tomaron en cuenta todos los valores iguales o superiores a 5 pg/ml. La duración promedio de secreción de la melatonina fue comparada mediante el test t. Los niveles diurnos y nocturnos de cada lote fueron también comparados mediante la prueba de t.

5.2.- Peso corporal y peso testicular:

Los datos individuales del peso corporal y testicular fueron sometidos a un ANOVA con medias repetidas a 2 factores (tiempo-lote). Posteriormente, los datos fueron comparados mes a mes para determinar las diferencias entre los lotes utilizando la prueba de t.

Debido a que al inicio del estudio, los grupos de estudio eran heterogéneos tanto en peso testicular como corporal. Para determinar la eficacia del tratamiento, el peso testicular fue sometido a un segundo análisis de proporciones en el período

crítico de tratamiento. Estos datos fueron convertidos a números reales (arcoseno), y posteriormente sometidos a un ANOVA (Daniel, 1993).

5.3.- Libido:

De las seis colectas mensuales, sólo se consideraron las últimas cinco para calcular los promedios mensuales individuales. Con los datos individuales se calculó una media mensual de la latencia a la eyaculación y número de rechazos. Estos datos fueron sometidos a un ANOVA con medias repetidas a dos factores (tiempo-lote). Además, los datos fueron comparados mes a mes para determinar las diferencias entre los lotes mediante la prueba de t.

5.4- Producción espermática:

5.4.1.- Cuantitativa:

Con los datos individuales se calculó una media mensual de las variables de la producción cuantitativa (volumen, concentración, número total de espermatozoides por eyaculado). Posteriormente estos datos fueron sometidos a un ANOVA con medias repetidas a 2 factores (tiempo-lote). Asimismo, los datos fueron comparados mes a mes para establecer diferencias entre los lotes por medio de la prueba de t.

5.4.2.- Calidad espermática:

Con los datos individuales de la motilidad progresiva, se calculó un promedio mensual. Estos datos fueron sometidos a un análisis de varianza con medias repetidas a dos factores (tiempo-lote). Posteriormente, los datos fueron comparados mes a mes para determinar las diferencias entre los lotes utilizando la prueba de t.

El porcentaje de espermatozoides vivos fue analizado mediante la prueba de χ^2 .

Todo los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete SAS (University of California at Davis, 1990).

5.5.- Expresión de resultados:

Los resultados son expresados en promedio $\pm$ error estándar del promedio (SEM).

RESULTADOS

1.- Melatonina

Los niveles plasmáticos de melatonina de los grupos control y experimental se muestran en la Figura 4. En ambos grupos, los niveles diurnos (GT = 4.01 ± 0.14 y GE = 4.04 ± 0.29 pg/ml) fueron inferiores a los niveles nocturnos (GT = 22.19 ± 7.32 y GE = 20.16 ± 5.02 pg/ml) ($P < 0.0001$). De igual manera, la duración de la secreción elevada fue superior en los machos alojados bajo las variaciones naturales del fotoperiodo (13 hr), que en los machos tratados sometidos a días largos (8 hr) ($P < 0.0001$). En los niveles nocturnos de la concentración de la melatonina no se encontraron diferencias entre los grupos ($P > 0.05$).

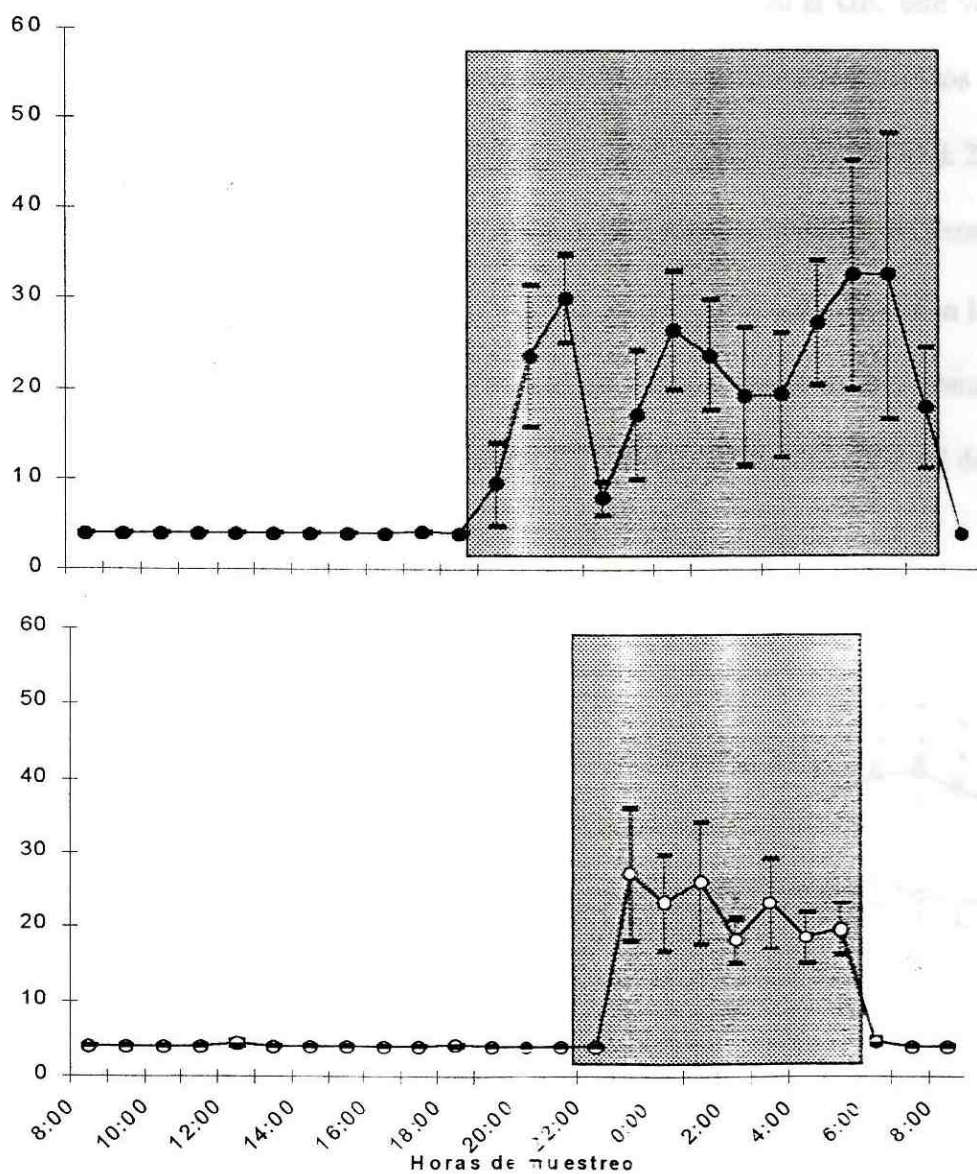


Figura 4.- Concentración plasmática de la melatonina (promedio $\pm$ SEM) en los machos del GT (●) y GE (○), en 25 horas de muestreo. El periodo de oscuridad es representado en gris.

2.- Peso corporal.

La evolución del peso corporal durante la realización de este estudio se presenta en la Figura 5. Al iniciar el estudio, el peso corporal promedio de los animales del GT fue de 48.28 ± 1.35 kg, mientras que en el GE, este valor fue de 37.57 ± 2.25 ($P < 0.01$). Posteriormente, el peso corporal en los dos grupos se incrementó y al final del estudio el peso corporal del GE fue de 54.85 ± 2.68 kg y el del GT de 66.14 ± 1.72 . El ANOVA reveló un efecto significativo del tiempo sobre la evolución del peso corporal ($P < 0.0001$). Además existió una interacción lote*tiempo ($P < 0.0001$), lo cual indica que la evolución del peso corporal fue diferente entre los dos grupos. En efecto, la comparación 2 a 2 indica que el peso corporal del GT fue a lo largo del estudio siempre superior al del GE.

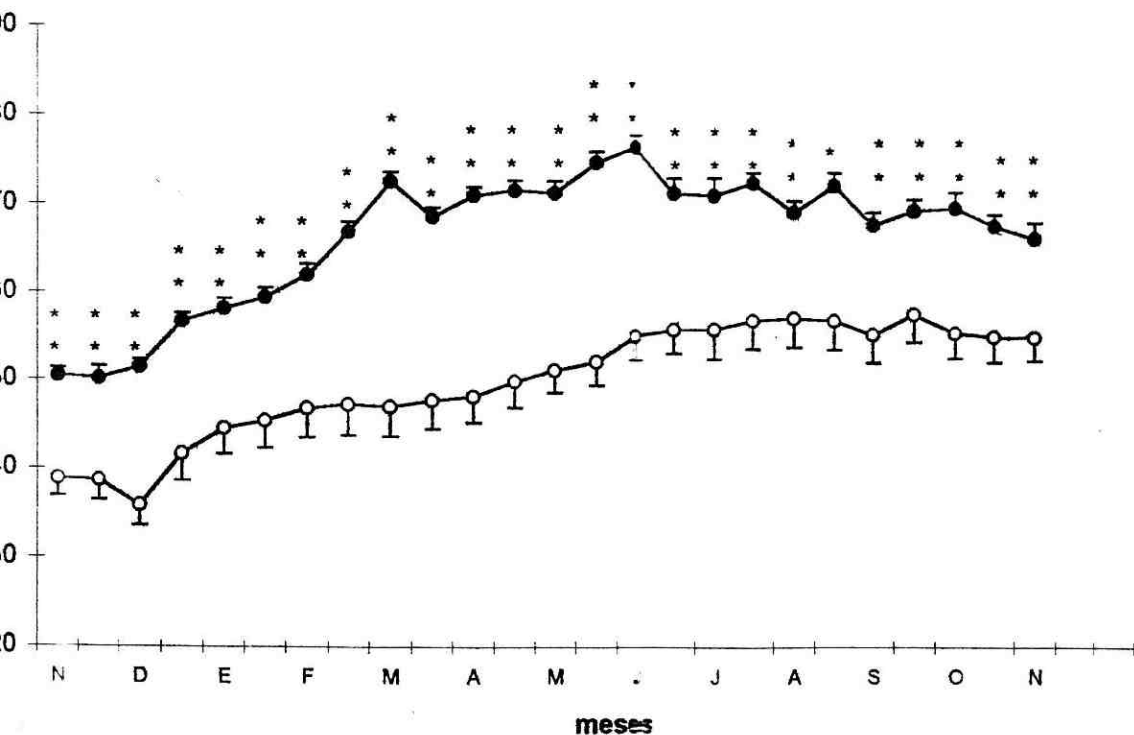


Figura 5.- Peso corporal (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (●) y a 2.5 meses de días largos (16 h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (○). ** $P < 0.01$.

3.- Peso testicular

La evolución del peso testicular durante este estudio es presentada en la Figura 6. El primer análisis de varianza reveló un efecto significativo del tiempo sobre la evolución del peso testicular ($P < 0.0001$). También existió una interacción lote* tiempo ($P > 0.001$).

En el segundo análisis de esta variable, se observó que en el GE, el peso testicular al 30 de noviembre fue de 72.85 ± 8.29 g. En estos machos experimentales, el peso testicular se incrementó rápidamente del 30 de enero (94.28 ± 11.41 g) al 15 de marzo (127.85 ± 8.22 g). Este incremento de peso testicular representa el 29.41 % y 75.49% respectivamente, con relación al peso inicial evaluado (Figura 7). Este lapso de tiempo coincide con el periodo de reposo sexual natural. Al analizar los datos transformados mediante un ANOVA, se encontró que existe en el periodo de reposo sexual una diferencia altamente significativa ($P < 0.001$) del peso testicular siendo mayor en el GE que en el GC. En el GE Además, este valor es igual al registrado en el mes de junio donde se observó el valor máximo en la etapa natural de reproducción. Posteriormente, el peso testicular de los machos del grupo experimental disminuyó progresivamente del 30 de marzo al 30 de junio. En los machos del GT, el peso testicular empezó a incrementarse desde el 15 de febrero (100.71 ± 10.37 g), alcanzando su valor más alto el 15 de junio (148.57 ± 9.61 g), mes que corresponde al periodo natural de reproducción.

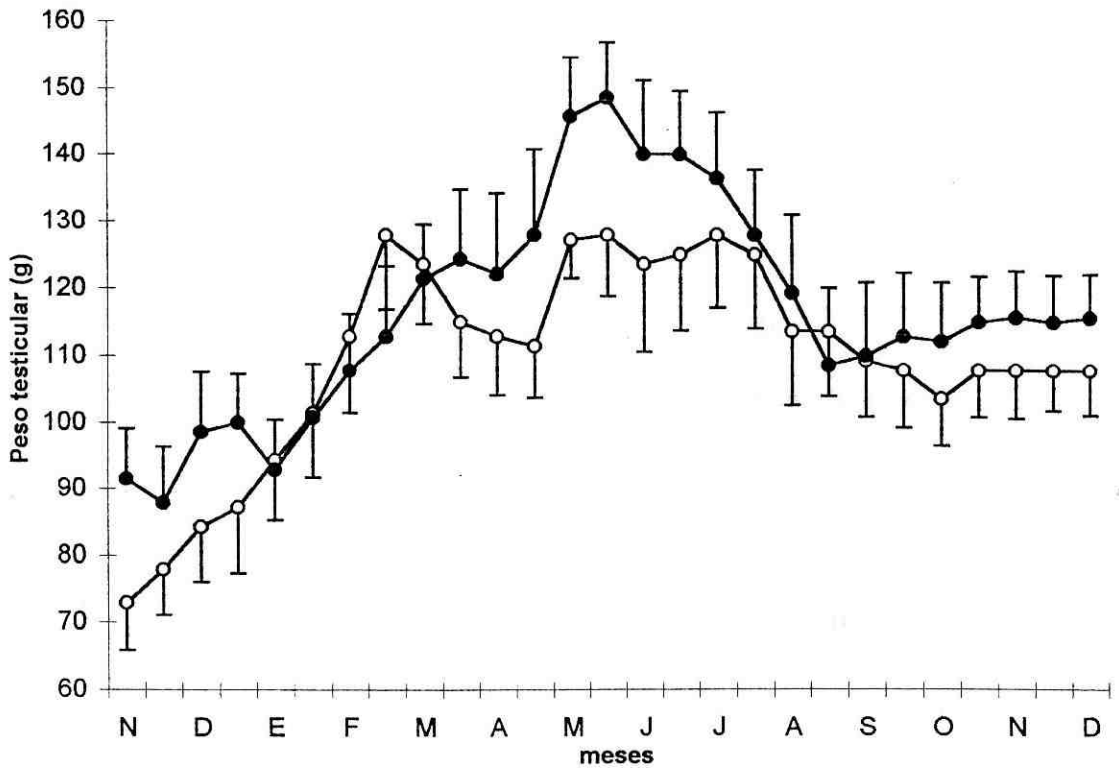


Figura 6.- Peso testicular (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-○-).

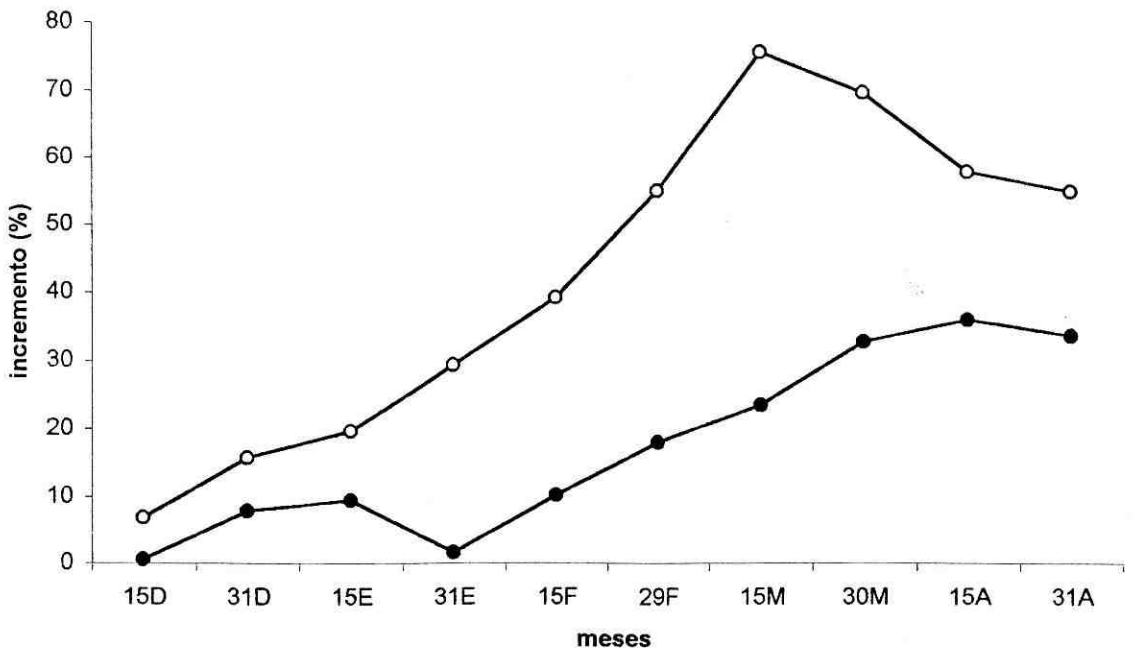


Figura 7.- Incremento porcentual del peso testicular de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (-○-) en los meses de tratamiento.

4.- Latencia a la eyaculación

Las variaciones de la latencia a la eyaculación son mostradas en al Figura 8. El ANOVA demostró la existencia de un efecto del tiempo sobre la latencia a la eyaculación ($P < 0.05$). En efecto, en enero, en el GE el tiempo de latencia fue de 118 ± 43.65 seg, y en noviembre el tiempo promedio fue de 17.6 ± 5.88 seg. Por otro lado, los valores en el GC fueron de 69.91 ± 23.43 y 22.34 ± 2.89 seg, en enero y noviembre respectivamente. No existió ninguna interacción lote*tiempo ($P > 0.05$).

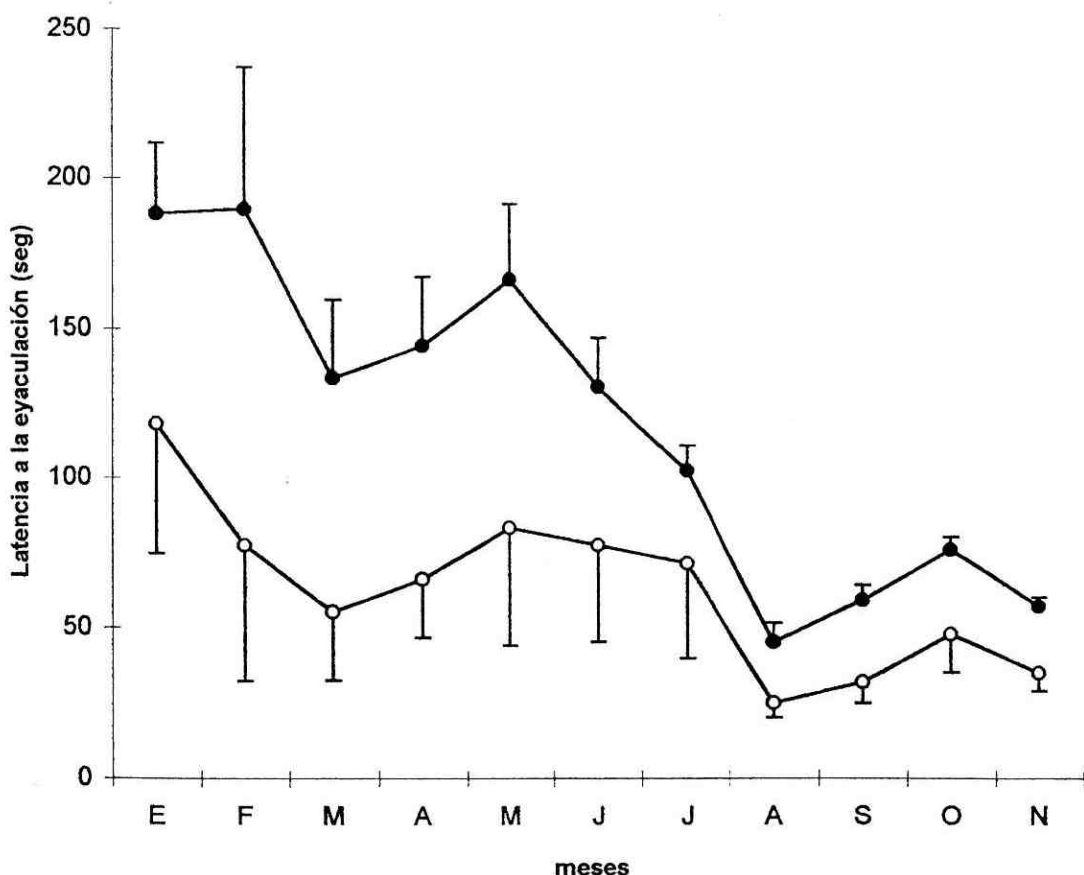


Figura 8.- Tiempo (promedio $\pm$ SEM) de la latencia a la eyaculación de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (●) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (○).

5.- Rechazos a la eyaculación

El número de rechazos a la eyaculación de los grupos testigo y experimental, es mostrado en la Figura 9. El ANOVA indicó la existencia de un efecto del tiempo sobre el comportamiento de esta variable ($P < 0.05$). Sin embargo, no existió interacción lote*tiempo ($P > 0.05$), lo que indica que la evolución de esta variable fue similar en los dos grupos.

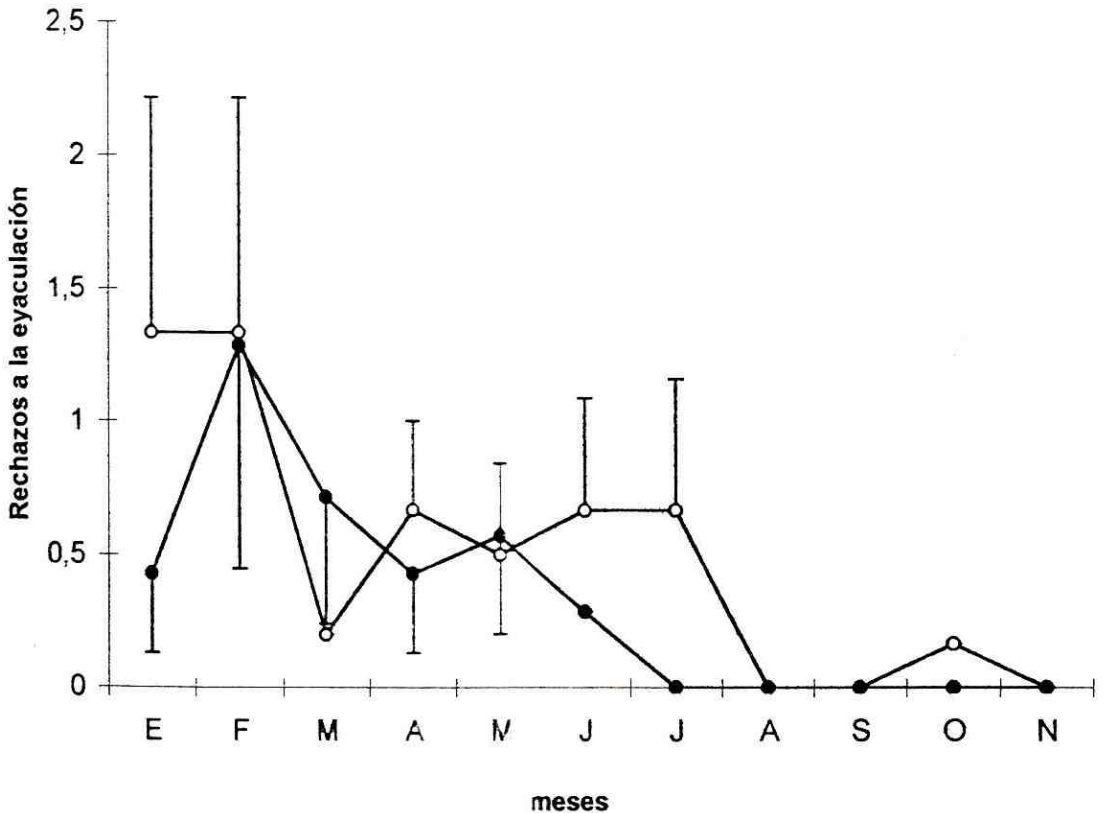


Figura 9.- Número de rechazos a la eyaculación (promedio $\pm$ SEM) en los machos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (●) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (○).

6.- Volumen del eyaculado

Los resultados del volumen del eyaculado de los 2 grupos utilizados son mostrados en la Figura 10. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución del volumen del eyaculado ($P < 0.0001$). También existió una interacción entre el lote y el tiempo ($P < 0.05$). En el grupo experimental, el volumen se incrementó de marzo (0.78 ± 0.11 ml) a abril (0.98 ± 0.12 ml). Después, este volumen disminuyó notablemente hasta alcanzar sus niveles más bajos en los meses de julio a agosto (0.58 ± 0.07 y 0.76 ± 0.07 ml, respectivamente). Durante los últimos 3 meses de estudio en el GE, se observaron diferencias con el volumen obtenido de los machos del grupo testigo. En estos últimos animales, el volumen del eyaculado se incrementó desde marzo (0.95 ± 0.09 ml) culminando el periodo de estudio con un valor de 1.35 ± 0.17 ml en noviembre, mes que corresponde al periodo natural de reproducción. Las diferencias mes a mes son mostradas en la Figura 10.

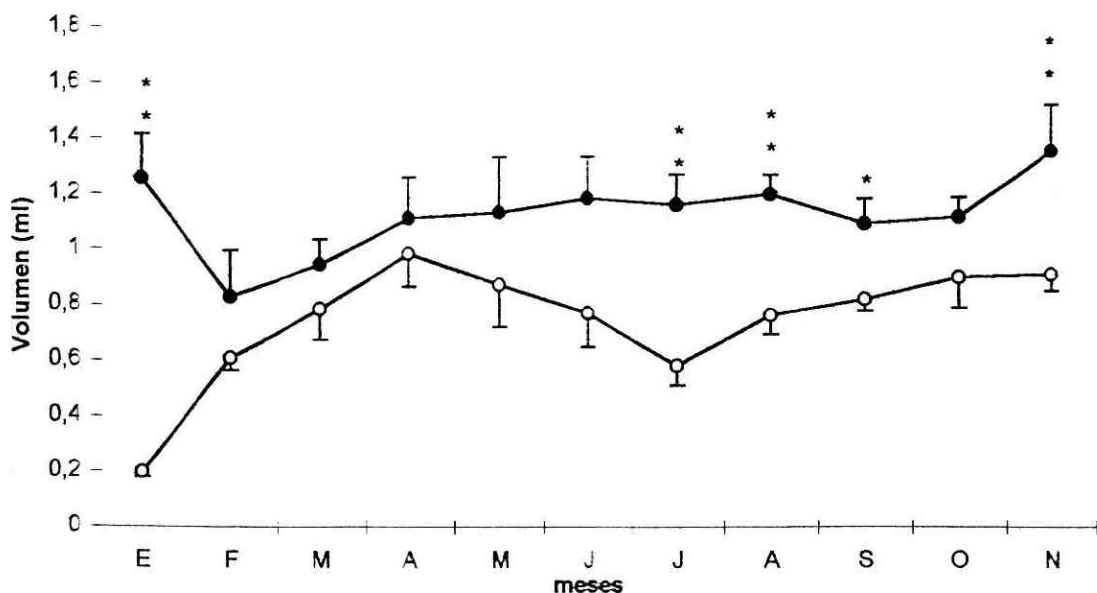


Figura 10.- Volumen del eyaculado (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (●) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (○). * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

7.-Concentración espermática

Las variaciones de la concentración espermática del eyaculado ($\times 10^9/\text{ml}$) son mostradas en la Figura 11. El ANOVA indicó la existencia de un efecto del tiempo sobre la concentración espermática ($P < 0.0001$). Sin embargo, no existió interacción lote*tiempo ($P > 0.05$), lo que indica que la evolución de esta variable fue similar en los dos grupos.

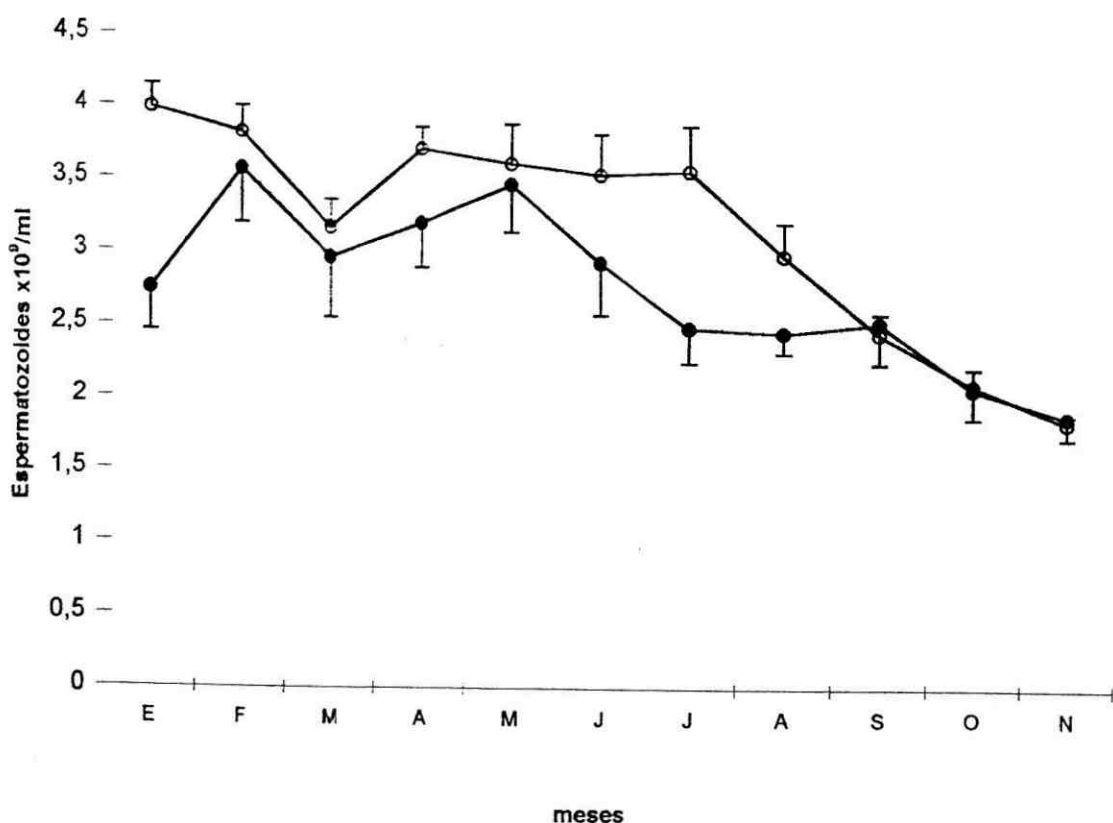


Figura 11.- Concentración espermática (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (●) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (○).

8.- Número total de espermatozoides

Para el número total de espermatozoides por eyaculado ($\times 10^9/\text{eyaculado}$), el ANOVA reveló la existencia de un efecto de tiempo sobre esta variable ($P < 0.0001$). También existió una interacción lote*tiempo ($P < 0.05$). En el GE, un incremento importante fue registrado de febrero a abril, este último mes fue donde se registró el valor más alto para esta variable ($3.53 \pm 0.39 \times 10^9/\text{eyaculado}$). Sin embargo, este incremento no fue diferente a lo registrado en el GT. En este último grupo, el valor máximo fue observado en el mes de mayo (3.46 ± 0.33), inicio del período natural de reproducción, para luego disminuir hasta el mes de noviembre, donde el valor registrado fue de 1.87 ± 0.15 . En la comparación mes a mes, el GT fue superior al GE en enero y junio ($P < 0.001$). La evolución de esta variable en los dos grupos es mostrada en la Figura 12.

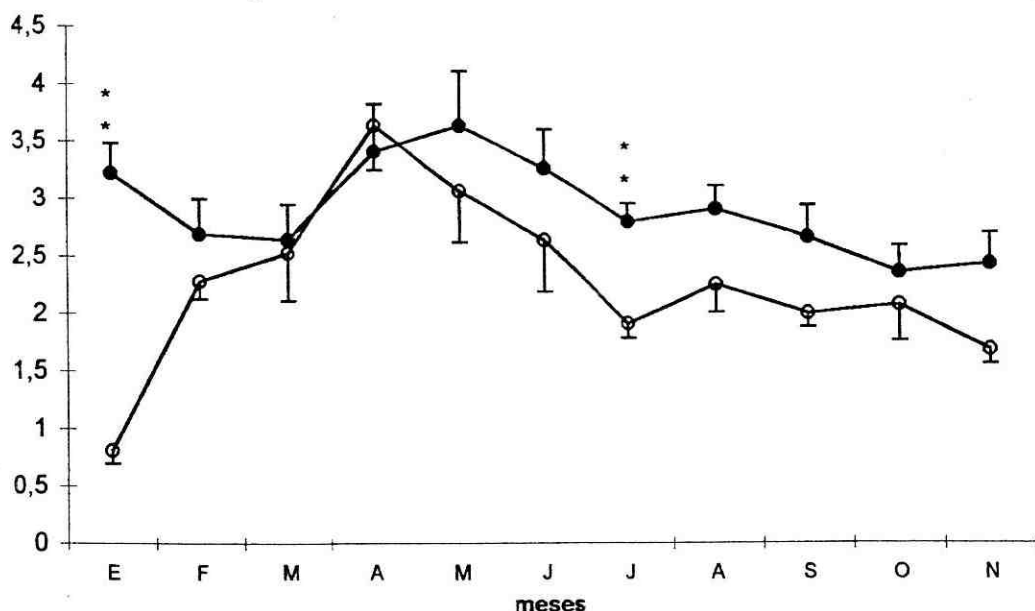


Figura 12.- Número total de espermatozoides por eyaculado (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (—●—) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (---○---). ** $P < 0.001$.

9.- Porcentaje de espermatozoides vivos

Las variaciones del porcentaje de espermatozoides vivos son mostradas en la Figura 13. De enero a marzo, este porcentaje fue superior en el GE, que en el GT ($P<0.05$). Este periodo corresponde a la época de reposo sexual natural. Durante el resto del estudio, ninguna diferencia estadística fue registrada en los machos de los dos grupos.

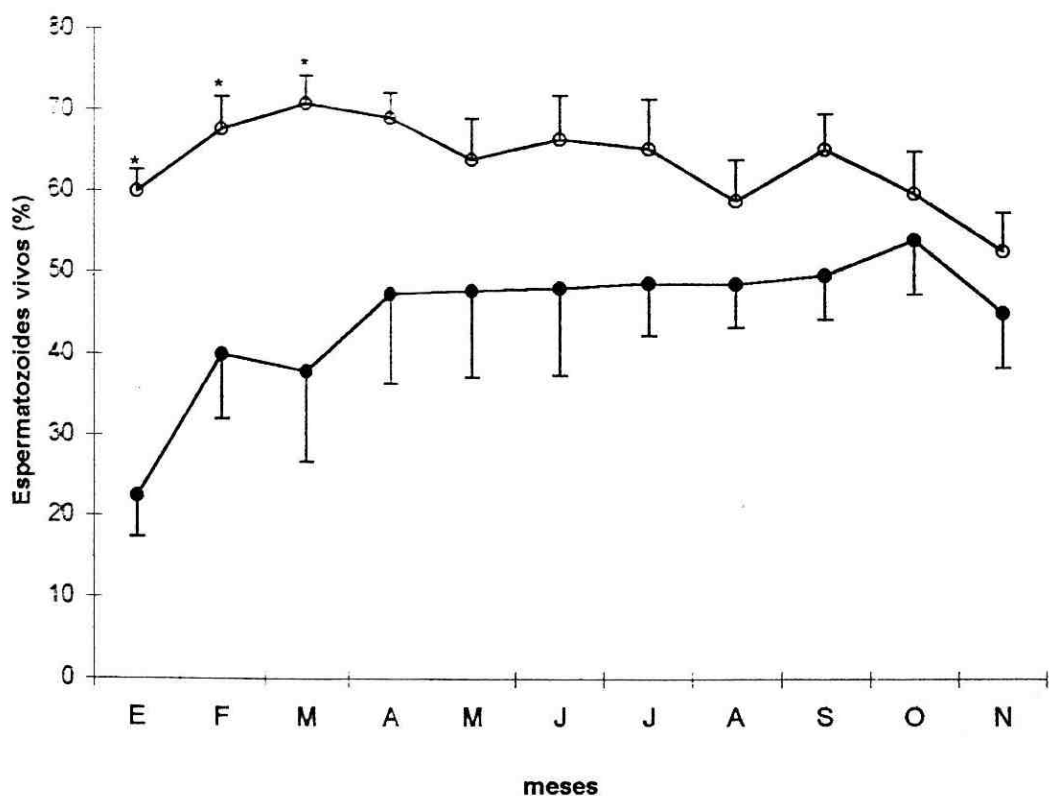


Figura 13.- Porcentaje de espermatozoides vivos (promedio $\pm$ SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (●) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina (○). * $P<0.05$.

10.- Motilidad espermática:

Las variaciones de la motilidad espermática registradas en el estudio son mostradas en la Figura 14. El ANOVA reveló que existió un efecto significativo del tiempo sobre esta variable ($P<0.05$). También existió una interacción lote*tiempo ($P<0.05$). En la comparación mes a mes, el GT mostró diferencias estadísticas con el GC. En efecto, en enero ($P<0.11$), febrero y marzo ($P<0.05$), los valores del GT fueron mayores que el control, meses comprendidos en el período natural de reposo sexual. Posteriormente en los meses siguientes, ninguna diferencia estadística fue detectada en los dos grupos.

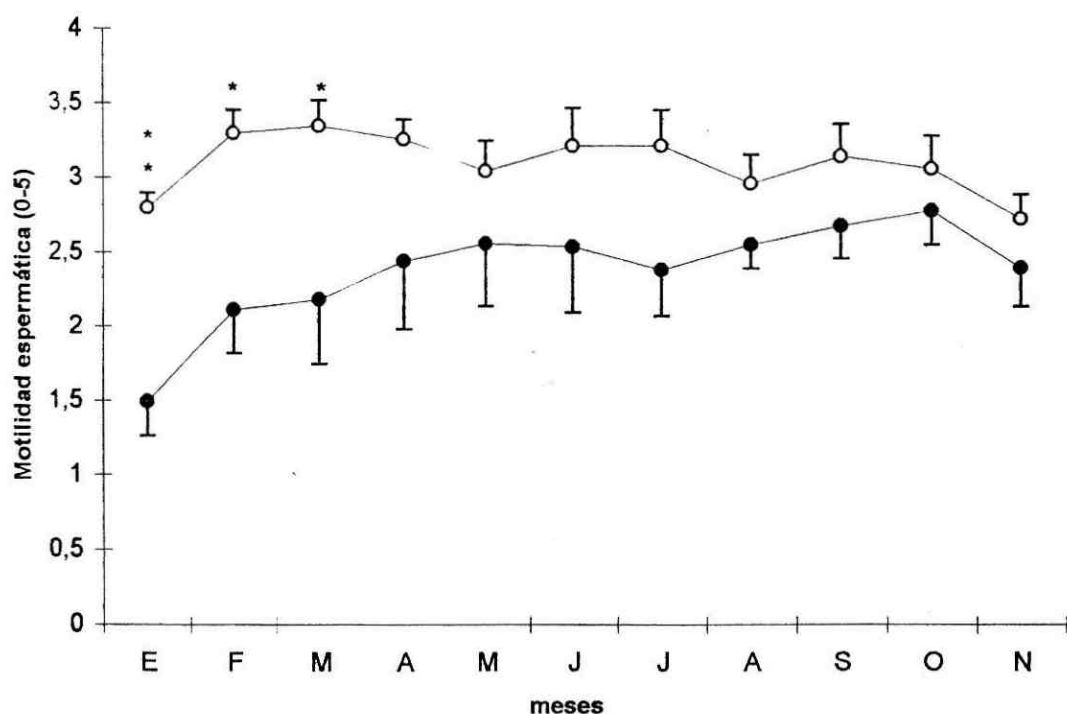


Figura 14.- Motilidad espermática (promedio ± SEM) de los machos cabríos sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo (●-) y a 2.5 meses de días largos (16h luz/día) seguidos de la inserción de 2 implantes subcutáneos de melatonina (-○-). * $P<0.05$; ** $P<0.01$.

DISCUSIÓN

En los machos caprinos de la Comarca Lagunera sometidos en una cámara fotoperiódica a un tratamiento de 2.5 meses de días largos seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina, se induce una intensa actividad sexual a contra estación (Carrillo et al., 1997). En nuestro estudio, esta inducción también fue observada. En efecto, la actividad sexual fue más intensa de enero a abril en los machos experimentales que en los machos del grupo testigo, observándose un incremento del peso testicular y otras variables como la viabilidad y la motilidad espermática.

La duración de la secreción de melatonina fue diferente en los dos grupos. Esta fue de 13 hr en el grupo testigo y de solamente de 7 hr en el grupo experimental. De igual manera, los niveles plasmáticos nocturnos fueron superiores en los dos grupos a los niveles diurnos. Esto indica que los machos interpretaron adecuadamente la duración del fotoperiodo. El perfil de secreción de esta indolamina fue semejante al reportado en ovinos y caprinos sometidos a diferentes variaciones fotoperiódicas como se ha demostrado por otros autores (Devenson et al., 1991; Fitzgerald y Stellflug, 1991; Ebling y Hastings, 1992; Delgadillo et al., 1993; Chemineau et al., 1995, 1996; Malpoux et al., 1996).

Las variaciones estacionales del peso corporal a lo largo del experimento en el GT, son similares a las descritas en otros estudios de caprinos de zonas templadas (Rouger, 1974; Delgadillo et al., 1991) y subtropicales (Yescas, 1995). En efecto, el peso corporal del GT durante el estudio, muestra las mismas condiciones de incremento y de estabilidad referida en la literatura: un estancamiento en la ganancia del peso corporal durante el período de actividad sexual, el cual se caracteriza por un elevado peso testicular, una intensa libido y una elevada producción espermática (Rouger et al., 1974; Delgadillo et al., 1991, 1992; Yescas, 1995; Canedo et al., 1995; 1996, 1997). Este fenómeno es debido no sólo a la intensa actividad sexual sino también a una posible interacción entre ésta y la disminución del fotoperíodo durante el otoño y el invierno (Rouger et al., 1974; Delgadillo et al., 1991). En el GE, contrariamente a lo esperado, las variaciones del peso corporal no coincidieron con las observadas por Carrillo et al (1997), en los machos sometidos, en cámaras fotoperiódicas, al mismo tratamiento utilizado en el presente estudio. En efecto, en nuestros machos no existió un aumento en el peso corporal durante los días largos, ni tampoco una disminución de esta variable post implante de melatonina. Esto puede deberse, entre otras cosas, a las diferencias de peso corporal entre los grupos al inicio del estudio. En efecto el peso corporal promedio del GT fue de 48.28 ± 1.35 kg y el del GE de 37.57 ± 1.96 kg. Además, el hecho de que los machos provenían de un sistema de explotación extensivo caracterizado por variaciones importantes de la disponibilidad de alimento, modificó posiblemente el crecimiento de los mismos. Esta perturbación no fue compensada al someter a los machos a una alimentación constante y adecuada. Asimismo, debe considerarse que en estos machos durante el tratamiento fotoperiódico se mejoró una actividad sexual a contra estación, lo que hubiera provocado una caída del peso corporal durante este período. Efectivamente,

se encontró diferencias estadísticas del peso testicular entre los dos grupos durante el período natural de reposo sexual. En el GT, el peso testicular se incrementó notablemente a partir de mayo, disminuyendo progresivamente hasta el final del estudio, lo que corresponde al período natural de actividad sexual (Canedo et al., 1996; Carrillo et al., 1996). En el GE, se encontró un incremento de noviembre (71.14 ± 5.12 g) a marzo (127.85 ± 8.22 g). Este incremento del peso testicular, sugiere que los machos del grupo experimental sí respondieron al tratamiento fotoperiódico. Sin embargo, es posible que las diferencias del peso corporal, desde el inicio del estudio no hayan permitido establecer diferencias significativas entre los grupos, ya que existe una correlación positiva entre el peso testicular y el peso corporal.

Aunque la testosterona no fue determinada en este grupo, es muy probable que los niveles de esta hormona se hayan incrementado como lo reporta Carrillo et al. (1997) en los machos de la misma raza sometidos a un tratamiento similar al presente. Esta hipótesis se basa también en el incremento testicular en el grupo experimental al principio del año. Sin embargo, es difícil explicar por qué este incremento no produjo una disminución significativa en la latencia, ni en el número de rechazos a la eyaculación en el GE durante el período mencionado. Esto puede posiblemente deberse a la fuerte jerarquía que se estableció entre los machos de este lote, los cuales fueron reclutados de diferentes hatos de la Comarca. Al respecto, se ha demostrado el desarrollo de una fuerte jerarquía entre los machos cuando estos son agrupados en una edad adulta (Orgeur et al., 1983). En estas condiciones existe una fuerte inhibición de la libido.

La LH y FSH, no fueron evaluadas en este trabajo, sin embargo existen varios estudios que demuestran que las variaciones estacionales de estas hormonas, provocan cambios estacionales del desarrollo de la espermatogénesis, y en consecuencia del peso testicular (Muduuli et al., 1979; Ritar et al., 1990; Lincoln et al., 1990).

En el GE, las variaciones estacionales del peso testicular fueron suprimidas, el incremento observado de enero a marzo, da como consecuencia un mejoramiento en la producción espermática cuantitativa (de marzo a mayo) y cualitativa (de enero a marzo).

El número total de espermatozoides por eyaculado (volumen por concentración) en el GE, mostró un perfil semejante al del peso testicular. En efecto, el número de espermatozoides se incrementó de enero ($0.86 \pm 0.11 \times 10^9$ /eyaculado) a abril ($3.6 \pm 0.15 \times 10^9$ /eyaculado). Sin embargo, este incremento no fue diferente estadísticamente al del GT. Ese resultado sugiere también que los machos reaccionaron adecuadamente al tratamiento fotoperiódico, mejorando notablemente su actividad de espermatogénesis. En efecto, se ha demostrado que durante los períodos de reproducción natural los que se caracterizan por un peso testicular elevado, se mejora la actividad de espermatogénesis, y por tanto el número total de espermatozoides (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo et al., 1995), lo que sucedió en el GE de febrero a abril. En cambio, en el GT, el número total de espermatozoides al igual que el peso testicular, se incrementó a partir de abril-mayo, para disminuir después hasta el final del estudio. Es interesante señalar que no hubo ninguna diferencia significativa en el número total de espermatozoides por eyaculado entre los dos grupos desde agosto hasta el final del estudio.

Por otro lado que, el porcentaje de espermatozoides vivos y la motilidad espermática, fueron significativamente superiores en el GE que en el GT de enero a marzo ($P < 0.05$). Esto indica que el tratamiento utilizado en este estudio mejoró los mecanismos que determinan el porcentaje de espermatozoides vivos y la motilidad espermática. En efecto, la maduración epididimal así como la interacción metabólica entre el espermatozoide y las secreciones de las glándulas accesorias, son mejores cuando los niveles de testosterona se incrementan (Grudzinskas y Yovich, 1995).

El mejoramiento de la calidad espermática fue también observada en los machos de esta misma raza sometidos a 2.5 meses de días largos, seguido de la inserción de 2 implantes subcutáneos de melatonina en instalaciones cerradas (Carrillo et al., 1997ab). Estos datos pueden sugerir que en los machos locales de la Comarca Lagunera, las estaciones del año afectan más la calidad espermática que la producción cuantitativa.

El objetivo fundamental de estos tratamientos fotoperiódicos, es la de inducir una actividad sexual en el período de reposo sexual en los machos, para que estos puedan ser utilizados en la monta natural o en la inducción del efecto macho en las hembras, así como la obtención del semen para la inseminación artificial en hembras que puedan ser sincronizadas por métodos hormonales (Corteel et al., 1984). Esto podría permitir a los caprinocultores programar los partos de sus hembras en anestro estacional, el cual se presenta de marzo a julio (Flores et al., 1996).

Los resultados del presente estudio, son interesantes, pues estos plantean varias ideas de trabajo, para determinar si existe realmente una diferencia en la

utilización de los días largos en cámaras fotoperiódicas y en instalaciones abiertas. Para ello, es conveniente realizar nuevamente el experimento con machos que sean homogéneos del peso corporal y testicular, así como de su calidad espermática. Es probable que la utilización de grupos homogéneos pudiera dar los resultados obtenidos por Carriño et al. (1996,1997ab) con cámaras fotoperiódicas.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que el tratamiento de 2.5 meses de días largos seguidos de la aplicación de dos implantes de melatonina mejoran las variables de comportamiento y calidad espermática en los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera en instalaciones abiertas durante el período natural de reposo sexual.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó para determinar el efecto de la luz artificial, natural y la melatonina sobre la actividad sexual a contra estación del macho cabrío Criollo de la Comarca Lagunera en instalaciones abiertas. El estudio fue conducido de noviembre de 1995 a noviembre de 1996 en la Región Lagunera de Coahuila. Para ello se utilizaron 13 machos cabríos Criollos de 18 meses de edad, con los cuales se conformaron dos grupos de estudio. El grupo testigo (GT: $n = 7$) se conformó de machos que fueron sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Región Lagunera. Los machos del grupo experimental (GE: $n=6$), fueron alojados en un corral donde las unidades experimentales percibieron días largos artificiales. La intensidad de luz fue de 300 lux a nivel de los ojos de los animales. Los machos cabríos de este grupo experimental fueron sometidos desde el 1 de noviembre de 1995 hasta el 15 de enero de 1996 (75 días) a días largos (16 horas de luz, 8 horas de obscuridad). El alba (encendido de la luz) fue fija y tuvo lugar diariamente a las 6:00 horas, posteriormente la luz artificial se apagó a las 9:00 horas. Después, los animales continuaron con la luz natural hasta las 17:30 horas en que la luz artificial fue encendida nuevamente. El crepúsculo (apagado de la luz) también fue fijo y ocurrió a las 22:00 horas. El 16 de enero de 1996, los animales del GE recibieron dos implantes de melatonina (Regulin[®] Hoechst) de 18 mg cada uno. Desde éste momento el

sistema de encendido y apagado de la luz artificial fue suspendido. A los 45 días de iniciado el tratamiento fotoperiódico, un muestreo sanguíneo de 25 horas fue realizado para la determinación de la melatonina plasmática. En los dos grupos se determinó cada 15 días el peso corporal y testicular, así mismo los parámetros de comportamiento sexual y espermáticos fueron evaluados.

La duración de la secreción elevada de la melatonina ($>5\text{ng/ml}$) fue más prolongada en el grupo testigo (13 hr) que en el grupo experimental (7 hr) ($P<0.0001$). En ambos grupos los niveles diurnos fueron inferiores a los niveles nocturnos ($P>0.0001$).

En los dos grupos el peso corporal mostró importantes variaciones durante el estudio ($P<0.0001$). También el peso corporal fue mayor en el GT que en el GE ($P>0.01$).

Para la variable de peso testicular, el ANOVA mostró un efecto significativo del tiempo ($P<0.0001$). En el análisis de porcentajes, el peso testicular fue superior en los machos del GE que en los machos del GT de enero a marzo ($P<0.001$), meses que corresponden al período de reposo sexual natural.

En las variables de comportamiento reproductivo, los resultados mostraron que no existieron diferencias significativas entre los grupos, para la mayoría de los análisis. En efecto, el ANOVA mostró que en la libido (frecuencia y rechazos a la eyaculación), no existió diferencia entre los dos grupos ($P>0.05$). El ANOVA mostró que, en el volumen

del eyaculado, la concentración y el número total de espermatozoides por eyaculado, no existió diferencias entre los grupos de enero a marzo.

El porcentaje de espermatozoides vivos y la motilidad espermática fue superior en el GE que en el GT de enero a marzo ($P < 0.05$), período correspondiente a la época de reposo sexual natural. A partir de abril, y hasta el final del estudio no existieron diferencias significativas en la calidad espermática en ambos grupos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera, sometidos a 2.5 meses de días largos, seguidos de la inserción de dos implantes subcutáneos de melatonina, mejoran su actividad sexual en la etapa de reposo sexual natural, en instalaciones abiertas.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alberio, R. 1976. Rôle de la photoperiode dans le developpement de la fonction de reproduction chez l'agneau Ile-de-France de la naissance á 21 mois. Thèse Doct. 3e cycle. Unive. Paris VI. p. 57.
- Almeida, G., Pelletier, J. 1988. Abolition of seasonal testis changes in the Ile-de-France ram by short light cycles: relationship to luteinizing hormone and testosterone release. *Theriogenology*. 29, 681-691.
- Arbiza, S.A. 1986. Producción de caprinos. 1ra. Edición. Ed. AGT. Editor. México.
- Barrel, G.K., Lapwood, K.R. 1979. Effects of pinealectomy on the secretion of luteinizing hormone, testosterone and prolactin in rams exposed to various lighting regimes. *J. Endocrinol.* 80, 397.
- Boland, M.P., Al-Kamail, A.A., Crosby, T.F., Haynes, N.B., Howles, C.M., Kellher, D.L., Gordon, I. 1985. The influence of breed, season and photoperiod on semen characteristics, testicular size, libido and plasma hormone concentrations in ram. *Anim. Reprod. Sci.* 9, 241-252.
- Borghese, A., Terzano, G.M., Debenedetti, Costarelli, S., Malfatti, A., Todini, L. 1996. Out of season induction of reproductive activity in mediterranean goat breeds by melatonin implants plus male effect in comparison with traditional systems. 2, 799-802.
- Branca, A., Cappai, P. 1989. Osservazioni sul controllo de la riproduzione nelle specie caprina: esperienze effettuate in Sardegna. *Symp. Int. la Reproduzione nei piccoli ruminanti: basis fisiologiche e aspetti applicativi*. 115-129.
- Canedo, G., Morán, J., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 1995. Variaciones estacionales de la reproducción espermática en machos cabríos criollos de la Comarca Lagunera. *Memorias de X reunión Nacional de Caprinocultura*. Zacatecas, México. 30-33.
- Canedo, G., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 1996. Seasonal Variations in testicular weight in creole male goats in subtropical conditions (Northern México). *Memorias de la VI International Conference on Goats*. 6-11 may. Beijing, China. 811.
- Canedo, G., Delgadillo, J.A., Malpaux, B. 1997. Concentración plasmática anual de la testosterona y la libido en el macho cabrio criollo de la Comarca Lagunera. *Memorias XII Reunión Nacional sobre Caprinocultura*. 4-6 de noviembre. Torreón, Coahuila, México. 87-90.

Canti B., J.E. 1992. Zootecnia del ganado caprino. Torreón, Coahuila. 1ª. Edición. México.

Carrillo, E., Morán, J., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 1996. Inducción de la actividad sexual en los machos cabríos criollos de la Comarca Lagunera durante el período de reposo sexual mediante la utilización de luz artificial y la melatonina. XI Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 16-18 Oct. Chapingo, México. 53-59.

Carrillo, E., Morán, J., Yescas, C.A., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 1997b. Mejoramiento de la calidad espermática de los machos cabríos criollos de la Comarca Lagunera tratados con luz y melatonina durante el periodo de reposo sexual. VII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 4-6 de noviembre. Torreón, Coahuila, México. 203-206

Carrillo, E., Morán, J., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 1997a. Inducción de la actividad gonadal de los machos cabríos criollos de la Comarca Lagunera con luz y melatonina durante el reposo sexual. Cong. Panamericano de Endoc. 2-7 Nov. Cancún, Quintana Roo, Méx. 179

Colas G. 1980. Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le bélier Ile-de-france. I. Etude de la morphologie cellulaire de la morilité massale. Reprod. Nutr. Develop. 120, 1789-1799.

Colas G. 1981. Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le bélier Ile-de-France. Y. Etude de la morphologie cellulaire et de la motilité massale. Reprod. Nutr. Develop. 20 (6), 1789-1799.

Corteel, J.M. 1981. Collection, processing and artificial insemination of goats semen. In: Cr. Gall (Editor). Goat production. Academic Press. London. p. 171-191.

Corteel, J.M. Nunes, J.F. Dahuron, C., Gonzalez, C.S., Baril, G., Leboeuf, B., Boue, P. Loysel, C., De Montigny, G. 1984. La congelation du sperm et l'induction hormonale de l'œstrus et de l'ovulation chez les caprins a vocation latière. Gêmes Joursées rech. Ovine et caprine, INRA-Itovic Eds., Paris, 152-172.

Cortez, L., M.E., Veliz, D., F.C., Hernández, O., H.F., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 1997. Evidencia de que el fotoperíodo controla la actividad sexual de los machos cabríos Criollos de la Coamrca Lagunera. Memorias. XII Reunión nacional sobre Caprinocultura. Torreón, Coahuila, México. 139-142

Chemineau, P., Xandé, A. 1982. Reproductive efficiency af creole meat goats permanety kept with males. Relationship to tropical environmnetal. Trop. Anim. Prod. 7, 98-104.

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. Dévelop., 28, 409-422.

- Chemineau, P. 1989. Le désaisonnement des chèvres par la lumière et la mélatonine. *La Chèvre*. 171, 18-22.
- Chemineau, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A., Guérin, Y., Ravault, J.P., Thimonier, J., Pelletier, J. 1992a. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 30, 157-184.
- Chemineau, P., Malpaux, B., Guérin, Y., Maurice, F., Daveau, A., Pelletier, J. 1992b. Lumière et mélatonine pour la maîtrise de la reproduction des ovines et des caprins. *Ann de Zootech.* 41, 247-261.
- Chemineau, P., Delgadillo, J.A. 1993. Neuroendocrinología de la Reproducción en el caprino. *FCV-LUZ*. III, 113-121.
- Chemineau, P., Maurice, F., Daveau, A. 1993. Reinitiation of ovulatory activity by melatonin given as a constant-release implant in long-day treated Ile-de-France ewes depends on endogenous secretion of melatonin. *Elsevier Science Publ.* 247-250.
- Chemineau, P., Malpaux, B., Thiéry, J.C., Viguié, C., Morello, H., Zarazaga L., Pelletier, J. 1995. Reproduction and animal breeding. Advances and strategy. XXX International Symposium of Società Italiana per il Progresso della Zootecnia. September. 11-15.
- 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. Prod. Anim.* 9, 45-60.
- Chemineau, P., Baril, G., Leboeuf, B., Maurel M., Cognie, Y. 1996. Recent advances in the control of goat reproduction. *Memorias de la VI International Conference on Goats*. 6-11 May. Beijing, China. 776-784.
- Daniel, W.W. 1993. Bioestadística, bases para el análisis de las ciencias de la salud. Ed. Limusa. 3ª. Ed. 330-349.
- Dacheaux, J.L., Pissot, C., Blanc, M., Hochereau-de-Reviere, M.T., Courrot, M. 1981. Seasonal variations in rete testis fluid secretion and sperm production in different breeds of rams. *J. Reprod. Fertil.* 61, 363-371.
- Debeljuk, L., Rettori, V., Rozados, R. 1977. Pituitary LH levels and response to LH-RH in female rats pretreated with oestradiol. *J. Reprod. Fert.* 51, 127-129.
- Delgadillo, J.A., 1990. Abolition des variations saisonnières de l'activité sexuelle chez le bouc par des traitements photopériodiques. Thèse Doctorat. Univ. Sci. Techn. du Languedoc. Montpellier, France. 119.

- 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 cycle. *Therigenology*. 30, 755-770.
- Delgadillo, J.A., Leboeuf, B., Chemineau, P. 1992. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goats bucks". *Reproductive physiology*. 9, 47-59.
- Delgadillo, J.A., Chemineau, P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in alpine male goats (*Capra hircus*) by shorts photoperiodic cycles. *Small Ruminant 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, 609-617.
- 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., Estala, E., Varela, H., Duarte, G., Malpoux, B. 1996. Seasonal variations in testicular weight in Alpina and Nubian male goats in subtropical conditions (Northern México). VI International Conference on Goats. 6-11 May. Beijing, China. 810.
- Delgadillo, J.A., Malpoux, B., Chemineau, P. 1997. La reproduction des caprins dans les zones tropicales et subtropicales. *INRA. Prod. Anim.* 10(1), 33-41.
- De Reviere, M.M., Ravault, J.P., Tillet, Y., Pelletier, J. 1989. Melatonin Binding sites in the sheep pars tuberalis. *Neurosc. Lett.* 100, 89-93.
- Devenson, S.L., Arendt, J., Forsyth, Y. 1992. The Influence of the pineal gland and melatonin on the reproductive performance of domesticated female ungulates. *Anim. Reprod. Sci.* 30, 113-134.
- D'Occhio, M.J., Brooks, D.E. 1976. The influence of androgens and oestrogens in mating behavior of male sheep. In: *Aust. Soc. Reprod. Biol. 8th. Conf. Univ. Queensland, St. Lucia.* 1547-1554
- D'Occhio, M.J., Brooks, D.E. 1983. Seasonal changes in plasma testosterone concentration and mating activity in Border Leicester, Poll, Dorset, Romney and Suffolk rams. *Aust. J. Exper Agric. Anim. Husbandry.* 23, 248-253.
- Elwishy, A.B., Elsayaf, S.A. 1971. Development of sexual activity in male Damascus goats. *Indian J. Anim. Sci.* 41 (5): p. 350-356.

- Findlay, J.K., Clarke, I.J. 1987. Regulation of secretion of FSH in domestic ruminants. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 34: p. 27-37.
- Findlay, J.K., Gill, T.W., Doughton, B.W. 1985. Influence of season and sex on the inhibitory effect of ovine follicular fluid on plasma gonadotropin in gonadectomized sheep. *J. Reprod. Fert.* 73, p. 329-335
- Fitzgerald, J.A., Stellflug, J.N. 1990. Effects of melatonin on seasonal changes in reproduction of rams. *J. Anim. Sci.* 69:p. 264-275.
- Fleischer, B., Fleischer, S., Ozawq, H. 1969. Isolation and characterization of golgi membranes from bovine liver. *J. Cell. Biol.* 43, 59.
- Flores, C., J.A. 1996. Variaciones estacionales de la actividad reproductiva de las cabras Criollas de la Región Lagunera. *Memorias X Reunión Nacional de Caprinocultura*, Octubre 17-20. Zacatecas, México. 8-10.
- Fraser, S., Cowen, P., Franklin, M., Francey, C., Arendt, J. 1983. Direct radioimmunoassay for melatonin in plasma. *Clin. Chem.* 29, 396-397.
- Garde, J., Rescalvo, L.A., Madridano, J.M., García, O., Pérez, S., Garrido, D., Pérez Guzmán, M.D. 1993. Efecto de la melatonina sobre las características seminales en el morueco joven de raza manchega. *ITEA Vol. extra, No. 12 Tomo II. V Jornada sobre producción animal. Asociación Internacional para el desarrollo del Agrario.* 123
- Gastel, T., Bielli, A., Pérez, R., López, A., Castrillejo, A., Tagle, R., Franco, J., Laborde, D., Forsberg, M., Rodríguez-Martínez, H. 1995. Seasonal variations in testicular morphology in uruguayan Corriedale rams. *Anim. Reprod. Sci.* 40, 59-75.
- Grudzinskas, J.G., Yovich, J.L. 1995. *Gametes-The spermatozoon.* Cambridge University Press. 177-188.
- Hanif, M., Willimas, H.L.I. 1991. The effects of melatonin and light treatment on the reproductive performance of yearling Suffolk rams. *Br. Vet. J.* 147, 49-56.
- Howland, B. E., Sanford, L.M., Palmer W.M. 1985. Changes in serum levels of LH, FSH, PRL, testosterone and cortisol associated with season and mating in male Pygmy goats. *J. Androl.* 6, 89-96.
- 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 modelos caprinos de la región lagunera. 1ª. Reunión informativa. Proyecto INIFAP-CIID.
- I.N.E.G.I.-S.P.P. 1989. *Cartas estatales de la dirección general de geografía.*

Jenkinson, D.M., Blackburn, P.S., Proudfoot, R. 1967. Seasonal changes in the skin glands of goat. *British Veterinary Journal*. 123, 541-549.

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. Y., Brown, M.B. 1989. Circannual cycles of luteinizing hormone and photoperiodic secretion in ewes during prolonged exposure to a fixed photoperiod: evidence for an endogenous reproductive Rythmus. *Biol. Reprod.* 41, 1034-1046.

Klein, D.C. Smoot, R., Weller, J.L., Higa, S., Markley, S.P., Cred, G.J., Jacobowitz, D.M. 1983. Lesions paraventricular nucleus area of the hipotalamus disrupt the suprachiasmatic to spinal cord circuit in the melatonin rhytm generating system. *Brain. Res.* 10, 647-652.

Legan, S.J., Karsch, F.J. 1980. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: modulation of the negative feedback action of estradiol. *Biology of Reproduction.* 23, 1061-1068.

Legan, S.J., Winans, S.S. 1981. The photneuroendocrine control of seasonal breeding in the ewe. *Gen. Comp. Endocrinol.* 45, 317-328.

Lincoln, G.A. 1976. Seasonal variations in the episodic secretion of luteinizing hormone and testosterone in the ram". *J. Endocrinol.* 60, 101-106.

Lincoln, G.A. 1979. Photoperiodic control of seasonal breeding in the ram: participation of the cranial sympathetic nervous system. *J. Endocrinol.* 82, 135.

Lincoln, G. 1980. Photoperiodic control of seasonal breeding in rams. The significance of short day refractoriness. VI Inter. Congr. of Endocrinol. 283-287.

Lincoln, G.A., Short, R.V., 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent. Prog. Horm. Res.* 36, 1-52.

Lincoln, G.A., Lincoln, C.E., McNelly, A.S. 1990. Seasonal cycles in the blood plasma concentration of FSH, inhibin and testosterone, and testicular size in rams of wide, feral and domesticated breeds of sheep. *J. Reprod. Fert.* 88, 623-633.

Lindsay, D.R., Thimonier, J. 1988. Timing and frequency of reproduction in sheep physiological factors. III World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding. Paris, France. 2, 547-565.

- Malpaux, B., Moenter, S.M., Wayne, N.L., Woodfill, C.J.I., Karsch, F.J. 1988. Reproductive refractoriness of the ewe to inhibitory photoperiod is not caused by an alteration of the circadian secretion of melatonin. *Neuroendocrinology*. 48, 264-270.
- Malpaux, B., Robinson, J.E., Brown, M.B., Karsch, F.J., 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., Robinson, J.E., Wayne, N.L., Karsch, F.J. 1989. Regulation of the onset of the breeding season of ewe: importance of long days and of an endogenous reproductive rhythm. *J. Endocrinol.* 122, 269-278.
- Malpaux, B., Viguié, C., Thiéry, J.C., Chemineau, P. 1996. Contrôle photopériodique de la reproduction. *INRA Prod. Anim.* 9, 9-23.
- Martin, G.B., Scaramuzzi, R.J. 1983. Induction of oestrus and ovulation in seasonally anovulatory ewes by exposure to rams. *J. Steroid Biochem.* 19, 869.
- Mauléon P., Rougéot, J. 1962. Regulations des saisons sexuelles chez des brebis de races différentes au moyen de divers rythmes lumineux. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 2, 209-222.
- Miyamoto, A., Umezu, M., Hamano, K., Macaki, J. 1987 Seasonal changes in inhibin activity in seminal plasma and serum concentrations of FSH, LH and testosterone in the male goats (*Capra hircus*). *Therigenology*. 28, 67-76.
- Muduuli, D.S., Sanford, L.M., Palmer, W.M., Howland, B.E. 1979. Secretory patterns and circadian and seasonal changes in luteinizing hormone, follicle stimulating hormone, prolactin and testosterone in male pygmy goat. *Journal of Animal Science*. 49, 543-553.
- Orgeur, P., Mimouni, P., Leboeuf, B., Signoret, J.P. 1988. Effet de l'expérience sociale au cours du développement sur le comportement sexuel et la production spermatique de jeunes boucs. *Ann. Zootech.* 2, 99-110.
- Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J.P., Thimonier, J., Vollandnail, P. 1985. Photoperiod main proximal and distal factor of the circannual cycle for reproduction in farm animals. *Oxford Reviews, Reprod. Biol.* 7, 305-345.
- Ortavant R., Thibault, C. 1956. Influence de la durée d'éclairement sur les productions spermatiques du bélier. *Cr. Séanc. Soc. Biol.* 150, 358-362.
- PDAF-SARH. 1983. Plan de Desarrollo Agrícola y Forestal-Secretaria de Agricultura y Recurso Hidráulicos. Comprtamiento Histórico del Sector Agropecuario de la Región Lagunera. Región Lagunera de Coahuila. Tomo II.

- Pelletier, J. 1971. Influence du photopériodisme et des androgènes sur la synthèse et la libération de LH chez le bélier. Thèse Doctorat. Université de Paris. p. 243.
- Pelletier, J., and Ortavant, R. 1977. Photoperiodic control of LH release in the ram. Influence of increasing and decreasing light photoperiods". *Acta Endocrinol.* 78, 435.
- Pelletier, J., Chemineau, P., Thimonier, J., Volland-Nail, P. 1987. Comparative physiology of environmental adaptations. Edited by P. Pévet. 3, 121-135.
- Pelletier, J., Almeida, G. 1988. Short light cycles induce persistent reproductive activity in Ile-de-France rams. *J. Reprod. Fertil.* 34 (Suppl). 215-226.
- Pelletier, J., Chemineau, P., Delgadillo, J.A. 1988. Seasonality of sexual activity and its photoperiodic control in the adult ram and he-goat. In: *Proc. 11th. Inter. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem. Dublin*, 5, 211-219.
- Prandi, A., Romagnoli, G., Chiesa, F., Tamazini, C. 1987. Plasma prolactin variations and onset of ovarian activity in lactating oestrous goats given melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 13, 291-296.
- Prasad, M.R., Rajalakshmi, M., Gupta, G., Karkin, T. 1973. Control of epididymal function. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 18, 215.
- Restall, B.J., Walkden-Brown, S., Henniawati Restall. 1991. Reproduction research in australian goats. *Cashmere Research Seminar Proceedings. Ballina*, 23-24 May. 49-69.
- Ritar, A.J., Ball, P.D., Omay, P.J. 1990. Artificial insemination of cashmere goats: Effects on fertility and fecundity of intravaginal treatment method and time of insemination, semen freezing process, number of motile spermatozoa and age of females. *Reprod. Fertil. Develop.* 2, 377-384.
- Robinson, J.E., Karsch, F.J. 1984. Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the suffolk ewe. *Biol Reprod.* 31, 656-663.
- Rouger, Y. 1974. Etude des interactions de l'environnement et des hormones sexuelles dans la régulation du comportement sexuel des Bovidae. Thèse Doctorat. Université de Rennes. 197.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1987. Censo Nacional Ganadero. México. D.F.
- Shingal, R.L., Sutherland, D.J.B. 1975. Cyclic 3'-5' adenosine monophosphate and accessory sex organ response. In: Thomas, J.A., Shingal, R.L. *Molecular mechanisms of gonadal hormone action*. University Park Press. Baltimore. 225.

Sumova, A., Traunickova, Z., Peters, R., Schwartz, W.J., Illnerova, H. 1995. The rat suprachiasmatic nucleus a clock for all seasons. *Proc. Natl. Acad. Sci. Usa.* Aug. 14, 92 (17), 1754-8.

Thimonier, J., Mauleon, P. 1969. Variations saisonnières del comportement d'oestrus et des activités ovarienne et hypophysaire chez les ovins. *Am. Biol. Anim. Biochime. Biophys.* 9, 233-250.

Thimonier, J. 1989. Contrôle photoperiodique de l'activité ovulatoire chez la brebis. Existence de rythmes endogènes. Thèse Doctorat. Université François-Rabelais de Tours.

Thimonier, J., Ravault, J.P., Ortavant, R. 1973. Plasma prolactin variations and cyclic ovarian activity in ewes submitted to different light regimes. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 18, 1229-1235.

Thwaites, C.I. 1965. Photoperiodic control activity in the southdown ewe with particular reference to the effects of an equatorial light regime. *J. Agric. Sci.* 65, 57.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J. 1996. Environmental and Social factors affecting Reproduction. *Memorias de la VI International Conference on Goats.* 6-11 May. Beijing, China 762-775.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B. 1994. "Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and Testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian Cashmere goats". *J. Reprod. Fertility.* 102, 351-360.

Yellon, S.M., Foster, D.L. 1986. Melatonin rhythms time photoperiod-induced puberty in the female lamb. *Endocrinology.* 119, 44.

Yescas, C.A. 1995. Variaciones estacionales del peso corporal y testicular del macho cabrío Criollo de la Comarca Lagunera. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. 15.23.

Zarazaga, L. 1994. Reactivación de la actividad ovárica e hipofisiaria tras el parto en ovejas de reducida estacionalidad sexual: Influencia de la aplicación de melatonina exógena y del plano de alimentación tras el destete. Tesis de Doct. Vet. Zaragoza. 334.