

**LA DISMINUCIÓN EN LA SECRECIÓN DE LH AL FINAL  
DE LA ESTACIÓN REPRODUCTIVA EN LAS CABRAS  
DE LA COMARCA LAGUNERA ES DEBIDO A LA  
INSTALACIÓN DEL ESTADO REFRACTARIO A LOS  
DÍAS CORTOS**

**SEVERO DE LA TORRE VILLEGAS**

**T E S I S**

**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, Abril de 2001.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

LA DISMINUCIÓN EN LA SECRECIÓN DE LH AL FINAL DE LA ESTACIÓN  
REPRODUCTIVA EN LAS CABRAS DE LA COMARCA LAGUNERA ES  
DEBIDO A LA INSTALACIÓN DEL ESTADO REFRACTARIO A LOS DÍAS  
CORTOS

TESIS

POR

SEVERO DE LA TORRE VILLEGAS

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

MAESTRO EN CIENCIAS  
EN REPRODUCCIÓN ANIMAL


COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

Asesor principal:



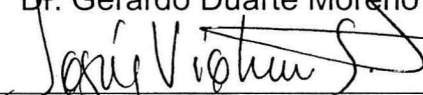
Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Asesor:



Dr. Gerardo Duarte Moreno

Asesor:



M.C. Jesús Vielma Sifuentes



Dr. Raúl Villegas Vizcaíno  
Jefe del Departamento de Postgrado

Dr. Ramiro López Trujillo  
Subdirector del Postgrado  
Torreón, Coahuila. Abril de 2001

# AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez por su apoyo y dedicación en la asesoría indispensable para la realización de esta investigación.

Al Dr. Benoît Malpoux por su valiosa colaboración en las determinaciones hormonales y observaciones en el escrito de tesis.

Al Dr. Gerardo Duarte Moreno por su importante colaboración en las cirugías de las hembras para el presente estudio y corrección del manuscrito.

A los compañeros de doctorado: M.C. Juanita Aguilar Durón y Gerardo Véliz Deras por sus observaciones y ayuda otorgada en la elaboración de tesis.

A los estudiantes de maestría en reproducción caprina por la asistencia técnica durante la investigación.

A la Srita. Dolores López Magaña por su apoyo secretarial durante el periodo de estudio.

Al CONACyT, por el financiamiento del proyecto de investigación (Ref: 28420-N).

A mis compañeros: Raymundo Rivas Muñoz y Juan García Reyes por su ayuda incondicional y amistad brindada.

A la UAAAN-UL por las facilidades otorgadas para la realización de la investigación así como a todos los maestros que sin restricción me brindaron sus conocimientos y experiencias.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

TERESA VILLEGAS ESQUIVEL  
SEVERO DE LA TORRE MARÍN

### **A MIS HERMANOS**

ROBERTO, ROSA VELIA, FRANCISCO JAVIER, EVANGELINA, MANUEL,  
MARÍA TERESA, ARACELI Y ALMA ROSA

# COMPENDIO

La disminución en la secreción de LH al final de la estación reproductiva en las cabras de la Comarca Lagunera es debido a la instalación del estado refractario a los días cortos

POR

SEVERO DE LA TORRE VILLEGAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS

REPRODUCCIÓN ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA, ABRIL 2001

DR. J. ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ – ASESOR

**Palabras claves:** Hembras caprinas, Estacionalidad, Fotoperiodo, LH, Refractariedad.

Para determinar si la disminución en la secreción de la LH al final de la estación reproductiva de las hembras caprinas Criollas OVX+E en la Comarca Lagunera se debe al incremento en la duración del día o a la aparición de un

estado refractario a los días cortos, se realizó esta investigación del 21 de diciembre de 1999 al 30 de abril de 2000 en la Comarca Lagunera (26° N). Un grupo de hembras (G1: n=5) en instalaciones abiertas permaneció bajo las condiciones de fotoperiodo natural; otro grupo (G2: n=5) fue alojado en una habitación fotoperiódica y sometido al fotoperiodo natural simulado, y el tercer grupo (G3: n=5) fue también alojado en una habitación fotoperiódica y sometido a días cortos constantes. En los tres grupos de hembras las concentraciones plasmáticas de LH fueron determinadas durante el periodo de estudio mediante dos muestreos sanguíneos por semana (martes y viernes). El peso corporal se determinó cada 15 días durante el periodo experimental.

En los tres grupos se encontró un efecto del tiempo del experimento ( $P < 0.001$ ) sobre el peso corporal de las hembras. Sin embargo, no existió interacción grupo-tiempo ( $P > 0.05$ ).

El ANOVA reveló un efecto del tiempo sobre la secreción de LH ( $P < 0.001$ ). En cambio, no se encontró interacción entre los grupos y el tiempo del experimento ( $P > 0.05$ ). La fecha promedio del final de la actividad neuroendocrina de los grupos fue el 1 de febrero ( $\pm 4$  días) para el G1, el 26 de enero ( $\pm 12$  días) para el G2, y el 28 de enero ( $\pm 8$  días) para el G3. Los resultados de este estudio permiten concluir que la disminución en la secreción de LH al final de la estación reproductiva en las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera no se debe al incremento del fotoperiodo sino a la instalación de un estado refractario a los días cortos.

## ABSTRACT

The decrease in LH secretion to end of the breeding season in Creole female goats is due to the refractoriness to short days

By

SEVERO DE LA TORRE VILLEGAS

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL REPRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA, APRIL 2001

DR. J. ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ –ADVISOR

**Key words:** Female goats, Seasonality, Photoperiod, LH, Refractoriness.

The aim of this study was to determine whether the decrease in LH secretion to end of the breeding season in OVX+E Creole female goats is due to increasing photoperiod or to refractoriness to short days. From 21 December, one group (G1 n=5) was subjected to natural photoperiodic changes; another one (G2 n=5) was subjected to natural photoperiodic changes simulated in a light-proof building and, the last one (G3 n=5) was also kept in a light-proof building but exposed to constant short days. LH concentration was determined twice a week. Body weight was measured every 2 weeks.

Body weight varied during the study ( $P < 0.001$ ). However, no interaction between groups and time was found ( $P > 0.05$ ). ANOVA revealed an effect of time on LH secretion ( $P < 0.001$ ), but no interaction between groups and time was revealed. In G1, neuroendocrine activity finished on 1 February ( $\pm 4$  days), in G2, on 26 January ( $\pm 12$  days) and in G3 on 28 January ( $\pm 8$  days).

These results showed that the decrease in LH secretion to end of the breeding season is not due to increasing photoperiod, but to the refractoriness to short days.



# ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Páginas</b>
Índice de figuras.....	xi
Índice de tablas.....	xii
<b>Capítulo 1</b>	
Introducción .....	1
Objetivo .....	2
Hipótesis .....	2
<b>Capítulo 2</b>	
Revisión de literatura .....	3
2.1. Variaciones estacionales de la actividad sexual en los pequeños rumiantes.....	3
2.2. Importancia del fotoperiodo en la actividad reproductiva de lo caprinos y ovinos de zonas templadas.....	4
2.3. Recepción y distribución de la información fotoperiódica.....	5
2.4. Mecanismos involucrados en el inicio y final de la estación sexual...	6
2.5. Ritmo endógeno de reproducción.....	7
2.6. Actividad reproductiva de los ovinos y caprinos de las zonas subtropicales .....	8
<b>Capítulo 3</b>	
Materiales y métodos .....	10
3.1. Localización del experimento .....	10
3.2. Animales experimentales .....	10
3.2.1. Manejo y alimentación .....	12
3.2.2. Fabricación de implantes.....	12

3.2.3. Ovariectomías y colocación de implantes.....	12
3.2.4. Tratamientos fotoperiódicos .....	13
3.3. Variables evaluadas .....	15
3.3.1. Peso corporal.....	15
3.3.2. Hormona luteinizante (LH).....	15
3.4. Análisis de datos.....	16
3.5. Expresión de resultados.....	16
<b>Capítulo 4</b>	
Resultados .....	17
4.1. Peso corporal.....	17
4.2. Concentración de LH plasmática.....	19
<b>Capítulo 5</b>	
Discusión.....	27
<b>Capítulo 6</b>	
Conclusiones.....	31
<b>Capítulo 7</b>	
Resumen.....	32
<b>Capítulo 8</b>	
Literatura citada.....	34

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras		Páginas
<b>Capítulo 3</b>		
1a	Variaciones naturales del fotoperiodo durante el año.	11
1b	Temperaturas máximas y mínimas registradas durante el estudio (del 21 de diciembre al 30 de abril de 2000) en la Comarca Lagunera.	11
2	Diseño del experimento donde un grupo de hembras caprinas Criollas OVX+E fue sometido al fotoperiodo natural (FN), otro a un fotoperiodo natural simulado (FNS) y un tercero a días cortos (DC) del 21 de diciembre de 1999 al 30 de abril de 2000.	14
<b>Capítulo 4</b>		
3	Evolución del peso corporal (promedio $\pm$ eem) de las hembras caprinas sometidas al fotoperiodo natural (FN), al fotoperiodo natural simulado (FNS) o a días cortos constantes (DC).	18
4	Evolución y comparación de LH plasmática (promedio $\pm$ eem) de cabras OVX+E utilizadas para determinar el final de la actividad neuroendocrina de las hembras sometidas a las variaciones naturales del fotoperiodo, al fotoperiodo natural simulado, o a días cortos constantes a partir del 21 de diciembre de 1999.	20
5	Concentraciones plasmáticas individuales de LH del grupo de hembras caprinas Criollas OVX+E de la Comarca Lagunera sometidas a las variaciones naturales del fotoperiodo a partir del 21 de diciembre de 1999.	21
6	Concentraciones plasmáticas individuales de LH del grupo de hembras caprinas Criollas OVX+E de la Comarca Lagunera sometidas al fotoperiodo natural simulado a partir del 21 de diciembre de 1999.	23
7	Concentraciones plasmáticas individuales de LH del grupo de hembras caprinas Criollas OVX+E de la Comarca Lagunera sometidas a días cortos constantes a partir del 21 de diciembre de 1999.	25

# INDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>		<b>Páginas</b>
1	Fechas individuales del final de la actividad neuroendocrina de las hembras del grupo en fotoperiodo natural.	22
2	Fechas individuales del final de la actividad neuroendocrina de las hembras del grupo en fotoperiodo natural simulado.	24
3	Fechas individuales del final de la actividad neuroendocrina de las hembras del grupo en días cortos.	26

# Capítulo 2

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Variaciones estacionales de la actividad sexual en los pequeños rumiantes

Las razas de ovinos y caprinos originarios de latitudes altas o medias ( $>40^\circ$ ) en donde las variaciones anuales en la longitud del día son de gran amplitud, muestran variaciones muy marcadas de su actividad reproductiva (Ortavant *et al.*, 1985). Esta actividad se presenta durante los días cortos del otoño y el invierno, y el anestro ocurre durante los días largos de la primavera y el verano (hembras: Karsch *et al.*, 1984; Chemineau *et al.*, 1992, machos: Lincoln y Short, 1980, Delgadillo *et al.*, 1993).

En las hembras de la raza Alpina y Saanen, por ejemplo, la estación reproductiva, en ausencia de gestación, se caracteriza por la presencia de estros y de ovulaciones cada 21 días, mientras que el anestro se caracteriza por una ausencia completa de estas actividades (Chemineau *et al.*, 1992; Amoah *et al.*, 1996).

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

En los pequeños rumiantes que se desarrollan en las zonas templadas, su reproducción es estacional, es decir, presentan periodos de reposo y de actividad sexual (Lincoln y Short, 1980). En estas especies, el fotoperiodo (duración del día) es considerado como el principal factor del medio ambiente que controla la actividad reproductiva (Malpaux *et al.*, 1993). En condiciones naturales, la estación sexual inicia durante los días decrecientes del otoño y termina durante los días crecientes del invierno (Chemineau *et al.*, 1992). En condiciones artificiales, los días cortos estimulan la actividad ovulatoria en las hembras intactas y la secreción de LH en las hembras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E) (Karsch *et al.*, 1989; Malpaux *et al.*, 1989; Gebbie *et al.*, 1999). Sin embargo, cuando las hembras son sometidas a días cortos constantes desde el solsticio de invierno, la actividad ovulatoria y los niveles plasmáticos de LH disminuyen al mismo tiempo que en las hembras sometidas a las variaciones naturales del fotoperiodo. Esto se debe a la aparición del estado refractario a los días cortos (Malpaux *et al.*, 1989; Gebbie *et al.*, 1999).

## **2.2. Importancia del fotoperiodo en la actividad reproductiva de los caprinos y ovinos de zonas templadas**

El fotoperiodo es el factor medioambiental más repetible de un año a otro, de ahí que los pequeños rumiantes como los ovinos y caprinos lo utilicen para sincronizar su actividad sexual anual con una gran precisión (Chemineau *et al.*, 1995). Varios estudios han demostrado que la sola modificación del fotoperiodo provoca cambios de la actividad sexual de las hembras y los machos. Al reproducir en 6 meses las variaciones fotoperiódicas anuales, por ejemplo, permite la manifestación de dos estaciones sexuales por año (Mauléon y Rougeot, 1962). De igual manera, cuando las hembras intactas u ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E) son sometidas artificialmente a 3 meses de días largos (16 h de luz/día) y 3 meses de días cortos (8 h de luz/día), la actividad ovárica o el incremento de la LH inician al pasar de días largos a días cortos y finalizan al pasar de días cortos a días largos (Karsch *et al.*, 1984; Thimonier, 1989). Esto indica que los días cortos estimulan y los días largos inhiben la actividad sexual. Estas mismas observaciones han sido registradas en los machos sometidos a 4 meses de días cortos y 4 meses de días largos. En efecto, tanto los machos ovinos como los caprinos presentan un aumento de la talla gonadal al pasar de días largos a días cortos y viceversa (Lincoln y Short, 1980; Branca y Cappai, 1989).

### 2.3. Recepción y distribución de la información fotoperiódica

En los mamíferos, la información fotoperiódica se recibe en la retina y es transmitida a la glándula pineal en varias etapas (Malpaux *et al.*, 1997). La información es transferida de la retina al núcleo supraquiasmático a través de la vía monosináptica retino-hipotalámica (Herbert *et al.*, 1978). De ahí, el estímulo provocado por la luz pasa por los núcleos supraquiasmáticos, los paraventriculares y los ganglios cervicales superiores (Lincoln, 1979; Karsch *et al.*, 1984), para llegar finalmente a la glándula pineal. Como respuesta a los efectos del fotoperiodo, esta glándula secreta su principal hormona que es la melatonina mediante un ritmo día-noche. En ovinos y caprinos, los niveles plasmáticos diurnos son mínimos, generalmente indetectables ( $< 5$  pg/ml), y los niveles nocturnos son elevados variando de 100 a 500 pg/ml en los ovinos y de 50 a 150 pg/ml en los caprinos (Malpaux *et al.*, 1987; Delgadillo y Chemineau, 1992; Delgadillo *et al.*, 2001). Por lo antes mencionado, una larga duración de secreción de melatonina corresponde a un día corto y viceversa (Lincoln y Short, 1980; Karsch *et al.*, 1984; Delgadillo y Chemineau, 1992; Arendt, 1998).

El fotoperiodo, por medio de la secreción de melatonina, regula la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas. Para que esta regulación se realice, la melatonina actúa a nivel del área premamilar para estimular la secreción del GnRH, y en consecuencia de la LH, que a su vez controla la actividad de las gónadas (Malpaux *et al.*, 1999).



## 2.4. Mecanismos involucrados en el inicio y final de la estación sexual

Las ovejas y las cabras han sido clasificadas como animales de días cortos, debido a que su estación reproductiva inicia a finales del verano o principios del otoño, cuando la longitud del día disminuye. Además, la exposición a días cortos artificiales estimula su actividad reproductiva o neuroendocrina (Legan y Karsch, 1980). Sin embargo, algunos estudios sugieren que el inicio de la estación reproductiva no se debe directamente a la reducción en la duración del día que ocurre después del solsticio de verano (Robinson *et al.*, 1985; Worthy *et al.*, 1985). En efecto, cuando las ovejas OVX+E de la raza Suffolk son mantenidas en días largos constantes desde el solsticio de verano, la actividad neuroendocrina (incremento de la LH) inicia al mismo tiempo que las hembras mantenidas en fotoperiodo natural (Robinson y Karsch, 1985). De igual manera, el final de la estación sexual parece no deberse al incremento de la duración del día. En efecto, las hembras que son sometidas a días cortos constantes desde el solsticio de invierno, cesan su actividad neuroendocrina al mismo tiempo que las hembras sometidas a las variaciones naturales del fotoperiodo (Robinson y Karsch, 1984). Los mismos resultados han sido reportados en las cabras de la raza Saanen. La actividad ovulatoria de las hembras mantenidas en días largos o días cortos constantes a partir de los solsticios de verano e invierno respectivamente, inician y terminan su actividad sexual igual que las hembras en condiciones naturales (Gebbie *et al.*, 1999). Estos resultados indican que el inicio y el final de la estación sexual

se debe a la aparición del estado refractario a los días cortos (Malpaux *et al.*, 1989; Gebbie *et al.*, 1999). De esta manera, el inicio y el final de la estación reproductiva son procesos obligatorios. La estacionalidad podría ser la expresión de un ritmo endógeno de reproducción (Malpaux *et al.*, 1989).

## **2.5. Ritmo endógeno de reproducción**

La existencia de un ritmo endógeno de reproducción ha sido encontrado tanto en las ovejas como en los carneros. Las hembras OVX+E sometidas durante cuatro años a días cortos constantes manifiestan cambios cíclicos de su actividad neuroendocrina (Karsch *et al.*, 1989). Los ciclos individuales se caracterizaron por tener una duración menor a un año y por la desincronización entre las hembras. La persistencia de variaciones de la actividad neuroendocrina aún en condiciones constantes de la duración del día indica que las hembras poseen un ritmo endógeno de reproducción, el cual es sincronizado por el fotoperiodo. En efecto, en condiciones naturales, los días largos de la primavera determinan el inicio del periodo de la actividad sexual (Malpaux *et al.*, 1989), mientras que los días cortos determinan la duración de la actividad neuroendocrina (Malpaux *et al.*, 1989). Además de las ovejas, la existencia de un ritmo endógeno de reproducción ha sido demostrado en los carneros quienes manifestaron variaciones de la talla testicular al estar sometidos a días largos o cortos constantes (Howles *et al.*, 1982).

## 2.6. Actividad reproductiva de los ovinos y caprinos en zonas subtropicales

En las zonas subtropicales, la actividad reproductiva de algunas razas caprinas es estacional (Santa María *et al.*, 1990; Walkden-Brown *et al.*, 1994; Duarte *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 1999).

En las hembras caprinas locales de Chile (33° S) el periodo de actividad sexual se presenta de febrero a octubre (otoño-invierno), mientras que el periodo de anestro o reposo sexual, se registra de noviembre a enero (primavera-verano) (Santa María *et al.*, 1990).

En Australia (29° S) se han observado variaciones en la actividad sexual en las cabras de la raza Cashmere. Restall (1992) menciona al respecto, que en dichas hembras la época de actividad sexual ocurre de febrero a agosto (otoño-invierno) y el periodo de reposo o inactividad sexual, de septiembre a enero (primavera-verano). Además, las hembras OVX+E de esta misma raza muestran variaciones muy marcadas en los niveles plasmáticos de LH, que corresponden a las variaciones de la actividad ovárica de las hembras intactas. Los altos niveles de LH coinciden con los periodos de actividad sexual (Restall, 1992; Henniawati *et al.*, 1995).

En la Comarca Lagunera (26° N), los caprinos que se explotan de manera intensiva y extensiva muestran variaciones estacionales en su actividad sexual (Delgadillo et al., 1997, 1999; Duarte et al., 1999). En los machos, la estación sexual se presenta de mayo a diciembre (Delgadillo *et al.*, 1999). Las variaciones de la actividad neuroendocrina en las hembras OVX+E se manifiestan independientemente del sistema de explotación (intensivo-extensivo), lo que indica que es un fenómeno obligatorio e independiente de la disponibilidad de alimento. Esto sugiere que otro factor medioambiental diferente a la nutrición es el responsable de esta estacionalidad (Duarte *et al.*, 1999). Este factor es probablemente el fotoperiodo. En efecto, en las hembras caprinas Criollas sometidas artificialmente a 3 meses de días largos (14 h de luz/día) y 3 meses de días cortos (10 h de luz/día) durante 17 meses, la estacionalidad de la actividad ovárica observada en condiciones naturales fue modificada por los tratamientos fotoperiódicos. Las ovulaciones iniciaron durante los días cortos y finalizaron durante los días largos (Duarte *et al.*, 1999). Sin embargo, actualmente no existen datos que indiquen si el final de la actividad sexual, en condiciones naturales, se debe al incremento del fotoperiodo, o bien, al establecimiento del estado refractario a los días cortos.

# Capítulo 3

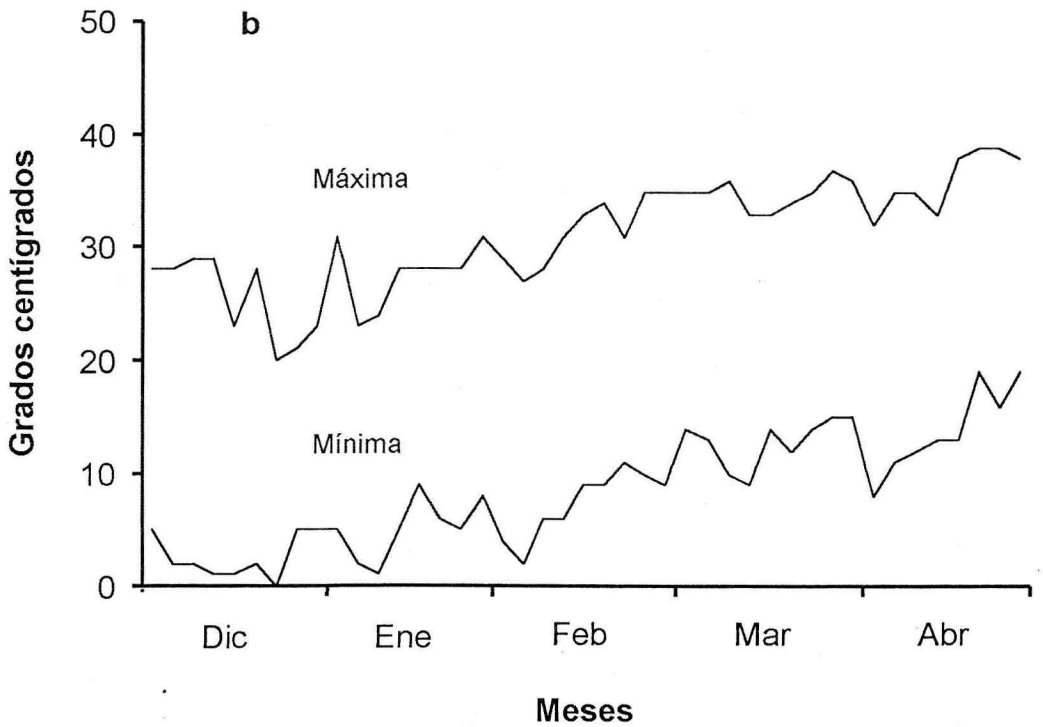
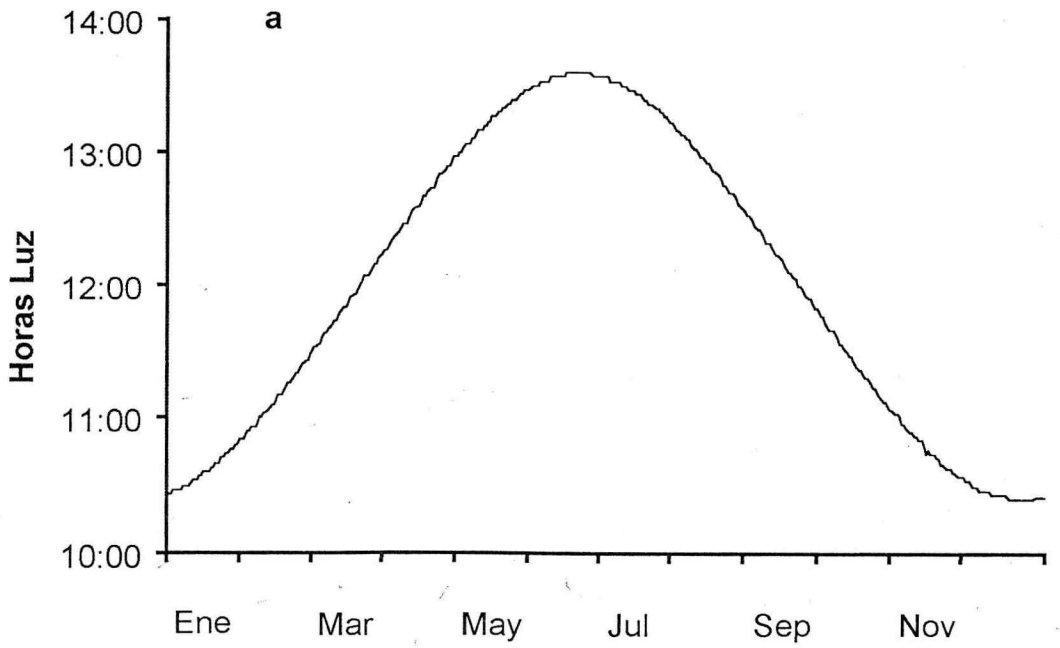
## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Localización del experimento

El presente trabajo se realizó del 21 de diciembre de 1999 al 30 de abril de 2000 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la Comarca Lagunera (26° N, 103° O). La altitud de esta Comarca varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar (Schmidt, 1989). La precipitación pluvial promedio anual es de 235 mm, principalmente durante los meses de julio a octubre (CENID-RASPA-INIFAP, 1997; CONAGUA, 1997). El fotoperiodo varía de 13:41 horas en el día más largo (21 de junio) a 10:19 horas en el día más corto (21 de diciembre, Figura 1a). Las temperaturas máximas y mínimas registradas en este estudio se muestran en la Figura 1b.

### 3.2. Animales experimentales

Se utilizaron 15 cabras Criollas ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E), las cuales provenían de diferentes hatos de la Comarca Lagunera. Las hembras tenían de 2 a 3 años de edad. El día 6 de diciembre de 1999 las hembras fueron repartidas en tres grupos homogéneos de acuerdo a su peso corporal.



**Figura 1.** Variaciones naturales del fotoperiodo durante el año (a). Temperaturas máximas y mínimas registradas del 21 de diciembre de 1999 al 30 de abril de 2000 en el área de estudio (b).

### **3.2.1. Manejo y alimentación**

Las hembras fueron estabuladas durante todo el periodo experimental. Un mes antes de iniciar el estudio, fueron vitaminadas, desparasitadas, despezueñadas y descornadas. La alimentación de estas hembras consistió en heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14 % P.C.) para cada hembra. El agua y las sales minerales se proporcionaron a libre acceso.

### **3.2.2. Fabricación de implantes**

Los implantes fueron fabricados con tubo de silastic de 3.3 mm de diámetro interno y 4.65 mm de diámetro externo (Karsch *et al.*, 1973) y una longitud de 4 cm, sellados en sus extremos con silicón. Los implantes contenían estradiol 17- $\beta$  (Sigma Chemical, St Louis Mo, USA). Antes de ser colocados, fueron puestos en una solución salina fisiológica para evitar un pico de estradiol circulante postinserción (Goodman *et al.*, 1982).

### **3.2.3. Ovariectomías y colocación de implantes**

Para realizar las ovariectomías se utilizó la técnica descrita por Alexander (1989). Antes de las cirugías las hembras fueron sometidas a ayuno, durante 36 horas. Las hembras fueron tranquilizadas con xilazina a una dosis de 0.4 mg/kg

por vía intramuscular (Rompum 2 %, Bayer de México). También se les aplicó sulfato de atropina al 2% (Laboratorios Brovel, Azcapotzalco, México) a una dosis de 0.044 mg/kg por vía intramuscular, con la finalidad de evitar taquicardias y broncoaspiraciones por saliva. Para la anestesia general, se utilizó ketamina por vía intravenosa con una dosis de 3.5 mg/kg (Cheminova, S.A.).

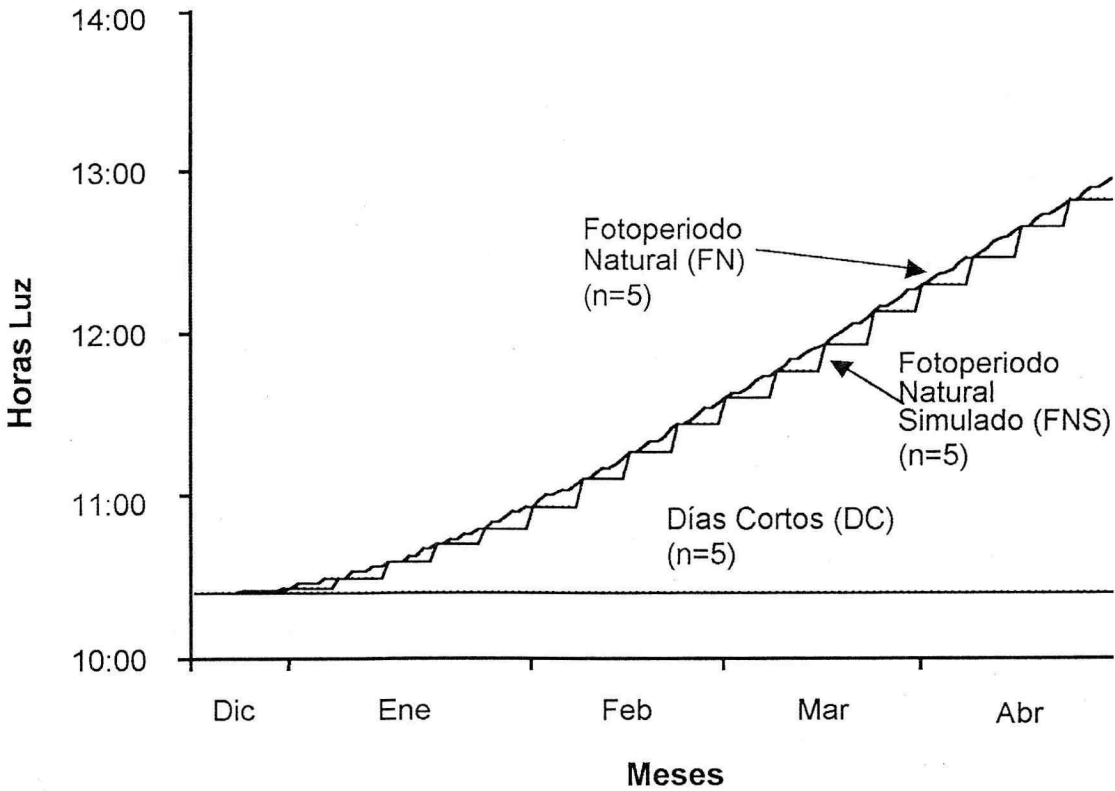
Las ovariectomías se realizaron por incisión de la parte ventral media posterior, previamente rasurada y realizando una cuidadosa asepsia de la parte ventral con una solución yodada. Las hembras fueron sujetadas tanto de los miembros anteriores como posteriores facilitando el manejo de éstas durante las cirugías. Al terminar las ovariectomías se colocaron los implantes de estradiol de forma subcutánea en la región axilar.

#### **3.2.4. Tratamientos fotoperiódicos**

El diseño experimental se muestra en la Figura 2. Un grupo de hembras (G1: n=5) permaneció en un corral percibiendo las variaciones naturales del fotoperiodo y la temperatura de la Comarca Lagunera. El corral (6x6 m) construido de block y provisto de sombra con lámina galvanizada, contenía además su respectivo comedero y bebedero. Otro grupo (G2: n=5) permaneció en una habitación fotoperiódica y fue sometido de manera simulada a las variaciones naturales del fotoperiodo, es decir, a la duración del día natural. El tercer grupo (G3: n=5) fue alojado en otra habitación fotoperiódica y sometido a



días cortos constantes desde el solsticio de invierno (21 de diciembre 13:36h de oscuridad por día) agregando 46 min de crepúsculo civil (datos obtenidos del Instituto Herzberg de Astrofísica de Canadá). El encendido y apagado de las lámparas fue controlado por medio de relojes eléctricos (Digital Timer Radio Shack modelo Cat. No. 61-1060). Las habitaciones fotoperiódicas (5x5 m) estaban provistas de ocho lámparas fluorescentes de 75 watts que proporcionaban una intensidad mínima de 250 lux a la altura de los ojos de los animales además de un extractor que desalojaba el aire viciado.



**Figura 2.** Diseño del experimento donde un grupo de hembras caprinas Criollas OVX+E fue sometido al fotoperíodo natural (FN), otro a un fotoperíodo natural simulado (FNS) y un tercero a días cortos (DC) del 21 de diciembre de 1999 al 30 de abril de 2000.

### **3.3. Variables evaluadas**

#### **3.3.1. Peso corporal**

El peso corporal de los animales fue determinado cada 15 días durante el periodo experimental, para lo cual se utilizó una báscula con capacidad de 300 kg y una precisión de 250 g. Esta actividad se realizó por la mañana antes de distribuir el alimento.

#### **3.3.2. Hormona Luteinizante (LH)**

Para determinar los niveles plasmáticos de LH se obtuvieron directamente de la vena yugular dos muestras sanguíneas de cada hembra (5 ml por muestra) por semana en tubos al vacío que contenían 30  $\mu$ l de heparina para evitar la coagulación. Inmediatamente después de obtenidas, las muestras fueron centrifugadas durante 20 min a 3000 rpm. El plasma fue recuperado y congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta la determinación hormonal. Las concentraciones plasmáticas de LH fueron determinadas mediante la técnica de ELISA (Bornet y Charrie, 1988). La sensibilidad de la detección hormonal fue de 0.1 ng/ml. Los coeficientes de variación intra e inter ensayos fueron de 10 y 4.8% respectivamente. El criterio que se tomó para determinar el final de la actividad neuroendocrina (secreción de LH) de cada cabra, fue de considerar el primer valor de tres consecutivos inferiores a 0.8 ng/ml de LH plasmática.

### **3.4. Análisis de datos**

El peso corporal, así como la concentración plasmática de LH de los tres grupos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con medias repetidas a dos factores (grupo y tiempo del experimento). Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico SYSTAT 5.03 (Evanston, ILL. USA, 1990/1992).

### **3.5. Expresión de resultados**

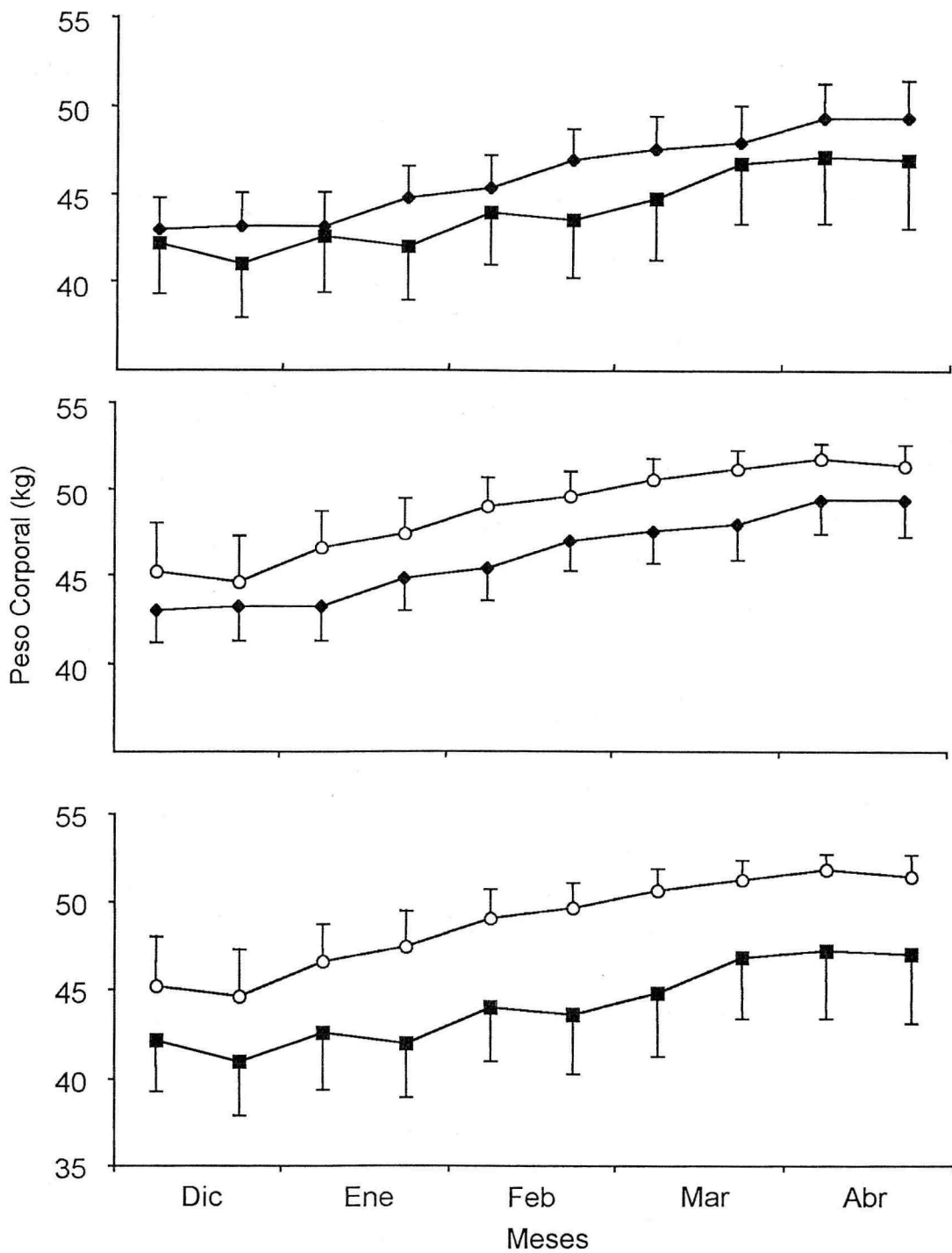
Los resultados se expresan en promedio  $\pm$  error estándar de la media (eem).

## Capítulo 4

### RESULTADOS

#### Peso corporal

El ANOVA mostró un efecto significativo del tiempo del experimento sobre el peso corporal de las hembras en los tres grupos ( $P < 0.001$ ), indicando que el peso corporal presentó variaciones importantes en el periodo de estudio. Sin embargo, no se encontró interacción ( $P > 0.05$ ) entre los grupos y el tiempo del experimento, lo que demuestra que la evolución del peso corporal fue similar en los tres grupos (Figura 3). Al iniciar el experimento, el peso corporal de las hembras en estudio fue de  $46.3 \pm 3.3$ ,  $46.1 \pm 3$  y  $47 \pm 3$  kg para los grupos G1, G2 y G3, respectivamente. Durante el estudio, las hembras incrementaron su peso corporal, de ahí que al final del experimento los pesos registrados fueran los siguientes:  $53 \pm 4$ ,  $51.4 \pm 4$  y  $55 \pm 2$  kg en las hembras de G1, G2 y G3, respectivamente.



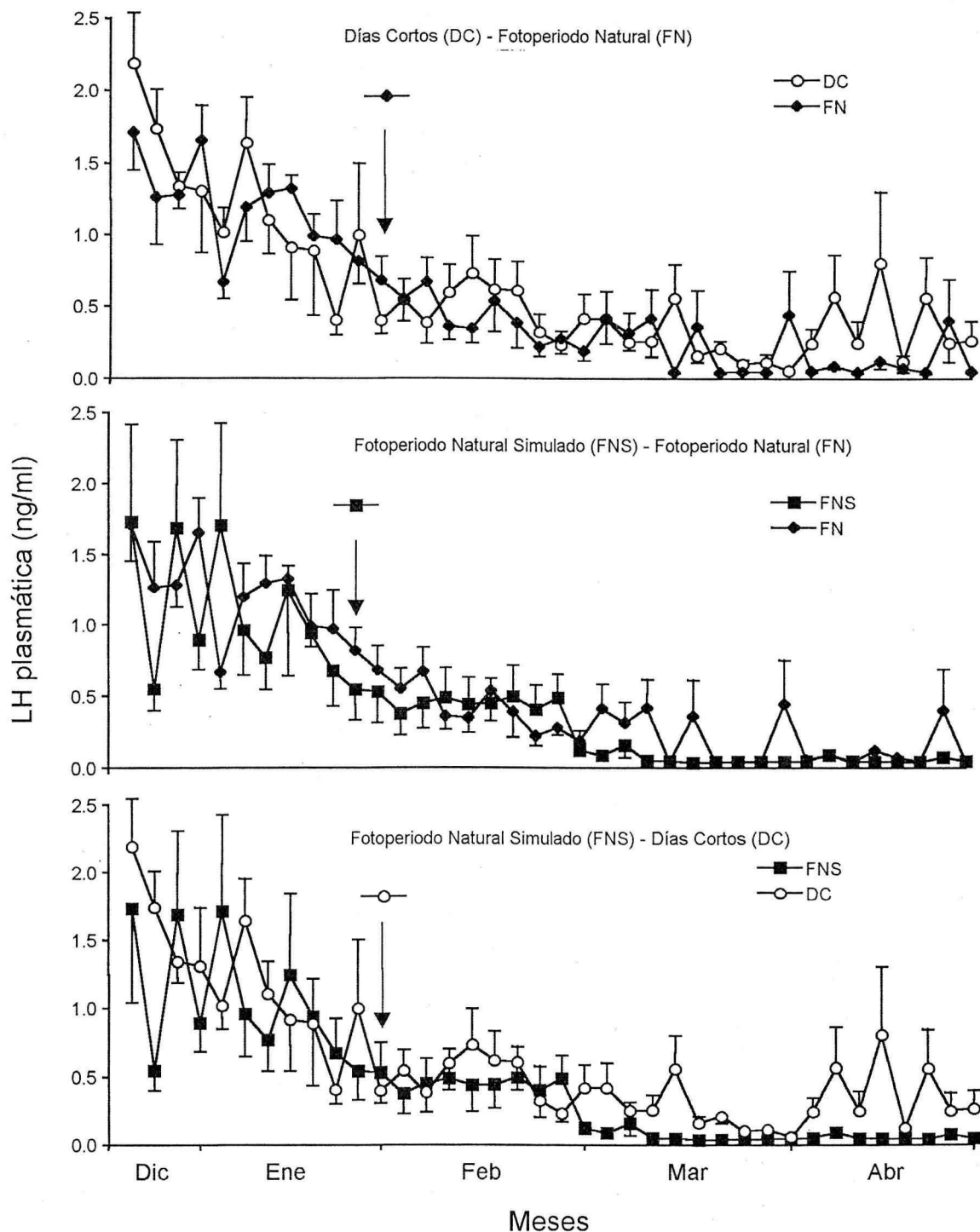
**Figura 3.** Evolución y comparación del peso corporal (promedio  $\pm$  eem) de las hembras caprinas sometidas al fotoperiodo natural (FN - $\blacklozenge$ -), al fotoperiodo natural simulado (FNS - $\blacksquare$ -) o a días cortos constantes (DC - $\circ$ -).

## Concentración de LH plasmática

El ANOVA reveló un efecto del tiempo sobre la secreción de LH ( $P < 0.001$ ) en los tres grupos (Figura 4). Sin embargo, no hubo interacción ( $P > 0.05$ ) entre los grupos y el tiempo del experimento, indicando que el final de la actividad neuroendocrina fue similar en los tres grupos.

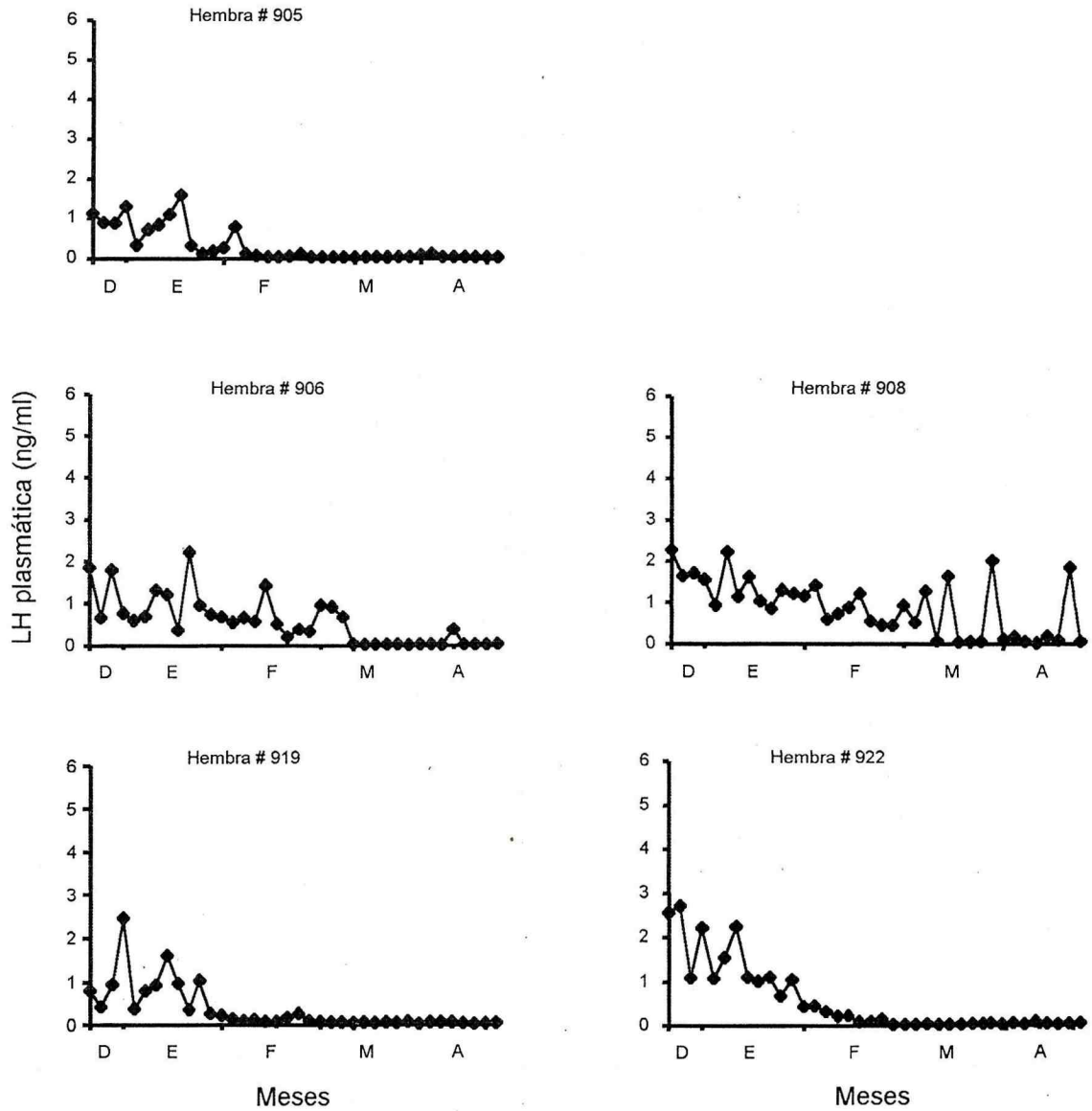
La fecha promedio del final de la actividad neuroendocrina del G1 fue el 1 de febrero ( $\pm 4$  días), del G2, el 26 de enero ( $\pm 12$  días) y del G3 el 28 de enero ( $\pm 8$  días) (43, 37 y 39 días después del solsticio de invierno, respectivamente).

Los perfiles individuales de las concentraciones plasmáticas de LH durante el estudio, en cada una de las hembras de los tres grupos pueden observarse en las Figuras 5, 6 y 7. En las Tablas 1, 2 y 3 se pueden apreciar las fechas del final de la actividad neuroendocrina de cada una de las hembras en sus respectivos grupos.



**Figura 4.** Evolución y comparación de la LH plasmática (promedio  $\pm$  eem) de cabras OVX+E utilizadas para determinar el final de la actividad neuroendocrina (señalado por flechas) y sometidas a las variaciones naturales del fotoperiodo, al fotoperiodo natural simulado, o a días cortos constantes a partir del 21 de diciembre de 1999.

Grupo de hembras en fotoperiodo natural



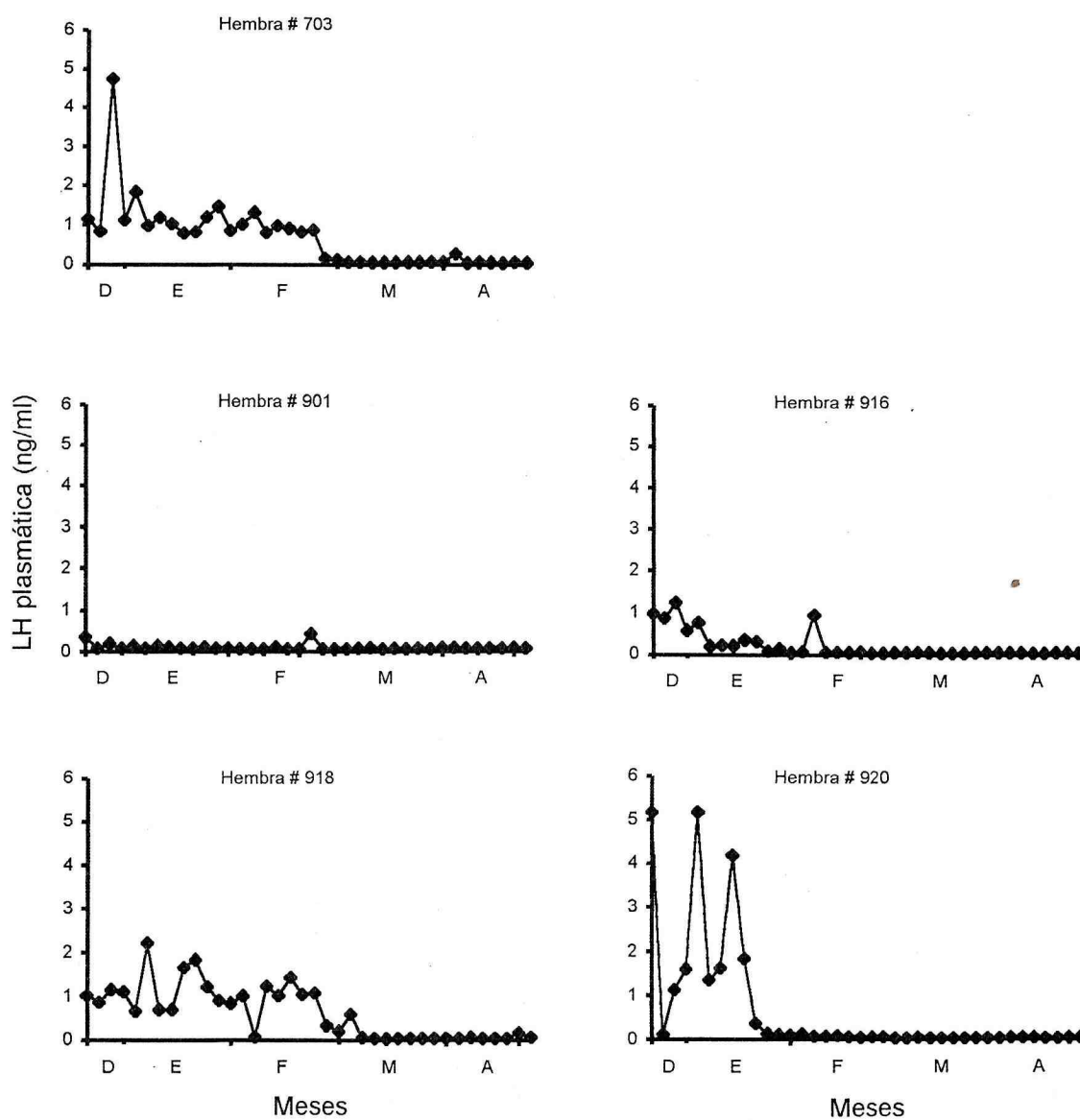
**Figura 5.** Concentraciones plasmáticas individuales de LH del grupo de hembras caprinas Criollas OVX+E de la Comarca Lagunera sometidas a las variaciones naturales del fotoperiodo, a partir del 21 de diciembre de 1999.



**Tabla 1.** Fechas individuales del final de la actividad neuroendocrina de las hembras del grupo en fotoperiodo natural.

Grupo	No. de hembra	Final de la actividad
	905	21/Ene/00
	906	28/Ene/00
Fotoperiodo natural	908	22/Feb/00
	919	28/Ene/00
	922	01/Feb/00

### Grupo de hembras en fotoperiodo natural simulado

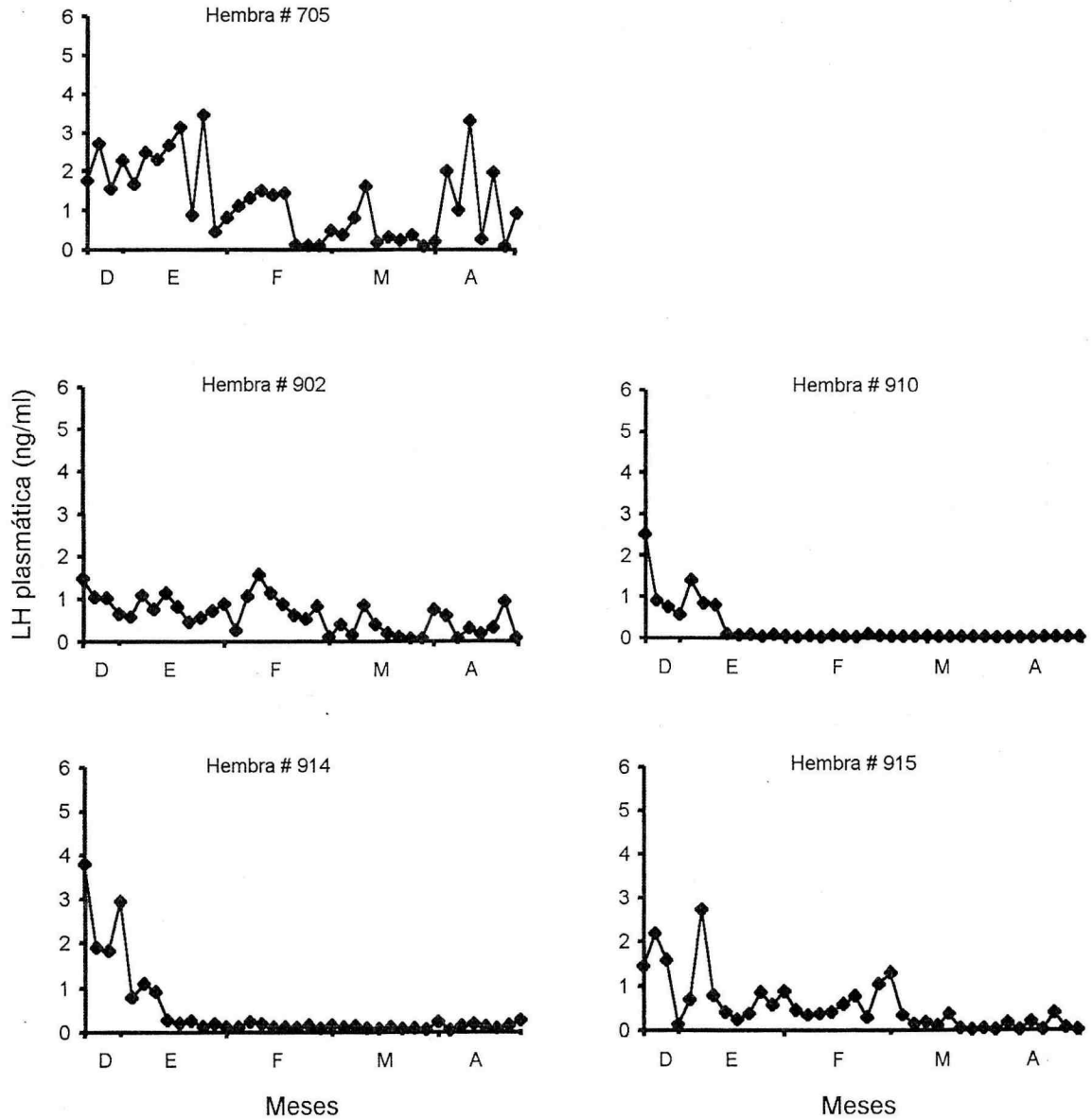


**Figura 6.** Concentraciones plasmáticas individuales de LH del grupo de hembras caprinas Criollas OVX+E de la Comarca Lagunera sometidas al fotoperiodo natural simulado, a partir del 21 de diciembre de 1999.

**Tabla 2.** Fechas individuales del final de la actividad neuroendocrina de las hembras del grupo en fotoperiodo natural simulado.

Grupo	No. de hembra	Final de la actividad
	703	29/Feb/00
	901	21/Dic/99
Fotoperiodo natural simulado	916	31/Dic/99
	918	29/Feb/00
	920	21/Ene/00

Grupo de hembras en días cortos



**Figura 7.** Concentración plasmática individuales de LH del grupo de hembras caprinas OVX+E de la Comarca Lagunera sometidas a días cortos constantes, a partir del 21 de diciembre de 1999.

**Tabla 3.** Fechas individuales del final de la actividad neuroendocrina de las hembras del grupo en días cortos.

Grupo	No. de hembra	Final de la actividad
	705	22/Feb/00
	902	22/Feb/00
Días cortos	910	11/Ene/00
	914	14/Ene/00
	915	11/Ene/00

## Capítulo 5

### DISCUSIÓN

Los resultados del estudio demuestran que la disminución en la secreción de la LH al final de la estación reproductiva de las cabras locales de la Comarca Lagunera no se debe al incremento de la duración del día, sino al establecimiento del estado refractario a los días cortos. En efecto, el final de la actividad neuroendocrina en los grupos sometidos a las variaciones naturales o simuladas del fotoperiodo, o a días cortos constantes, no fue diferente.

La similitud de la evolución de la LH en los animales alojados en instalaciones abiertas bajo el fotoperiodo natural y en las alojadas en habitación fotoperiódica bajo un fotoperiodo natural simulado, indica que las hembras respondieron de manera similar a la señal luminosa natural y artificial. Esto indica que el alojamiento no influyó en la respuesta de las hembras a la duración del día, y que la manipulación artificial de la señal luminosa fue similar al fotoperiodo natural. Estas observaciones no coinciden con las reportadas en las ovejas Suffolk, en las cuales el final de la actividad neuroendocrina cesó antes en las sometidas a las variaciones del fotoperiodo natural simulado en una habitación fotoperiódica, que las que percibieron el fotoperiodo natural en instalaciones abiertas. Una diferencia en la calidad de la señal fotoperiódica, la cercanía de algunos machos u otros factores medioambientales no

identificados, fueron señalados como los posibles responsables de la diferencia entre los dos grupos (Robinson y Karsch, 1984).

En el grupo sometido a días cortos desde el solsticio de invierno, la evolución de la LH no fue diferente a la observada en los grupos que percibieron un incremento en la duración del día. Considerando que las hembras de los tres grupos fueron alimentadas con una dieta que cubría satisfactoriamente sus necesidades fisiológicas, los resultados de este estudio indican que las hembras terminaron su actividad neuroendocrina porque se vuelven insensibles a los días cortos, y no por el incremento de la duración del día.

Los resultados de este estudio coinciden con los reportados en algunas razas caprinas y ovinas originarias de las zonas templadas, en donde se ha demostrado que el fotoperiodo controla el ciclo anual de reproducción. En las cabras Saanen, por ejemplo, el final de la actividad ovulatoria de las hembras sometidas a días cortos constantes desde el solsticio de invierno, es similar a la registrada en hembras bajo el fotoperiodo natural. En las ovejas Suffolk y Dorset se han registrado resultados similares (Worthy y Haresing, 1983; Robinson y Karsch, 1984). Este proceso es debido a la aparición del estado refractario a los días cortos y es un elemento del ritmo endógeno de reproducción, el cual es sincronizado por el fotoperiodo (Malpaux *et al.*, 1999).

En las razas caprinas originarias o adaptadas a las zonas subtropicales no existen reportes que indiquen cuál es el, o los factores responsables del ciclo

anual de reproducción. En estas latitudes existen diferencias en las estrategias reproductivas utilizadas por las razas locales. Por ejemplo, en condiciones naturales, la raza Shiba del Japón (38°N) no es estacional (Mori *et al.*, 1984). Por ello se le considera una raza no fotoperiódica. En cambio, las hembras Cashmere en Australia (29°S) y las Criollas del norte de México (26°N), manifiestan una estacionalidad reproductiva (Restall, 1992; Duarte *et al.*, 1999). Como existen pocos estudios que hayan intentado identificar los factores medioambientales que controlan el ciclo anual de reproducción de los caprinos de las regiones subtropicales, y considerando las condiciones de explotación de los animales que son sometidos generalmente a variaciones importantes de la disponibilidad alimenticia, se ha generalizado que la alimentación es el factor más importante (Martin y Walkden-Brown, 1995). En los machos de la raza Cashmere en Australia, por ejemplo, la actividad sexual durante el periodo de reposo puede ser estimulada mediante un buen nivel de nutrición (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Esta raza es fotoperiódica flexible (Walkden-Brown y Bocquier, 2000).

Contrariamente a lo observado en Australia, en la Comarca Lagunera existen evidencias de que el fotoperiodo controla la actividad sexual de los machos y las hembras locales. Estos animales son, como los de las zonas templadas, fotoperiódicos estrictos (Walkden-Brown y Bocquier, 2000). En las hembras, los días largos inhiben la actividad sexual y los días cortos la estimulan (Duarte *et al.*, 1999). Por ello, el hecho de que la estación sexual haya terminado a pesar de que las hembras estuvieron en días cortos



constantes, sugiere que el final es un proceso obligatorio que se debe a la aparición del estado refractario a los días cortos. Estos resultados sugieren que existe la probabilidad que las cabras locales de la Comarca Lagunera posean un ritmo endógeno de reproducción como el reportado en las hembras caprinas Saanen (Gebbie *et al.*, 1999).

Este estudio es el primero que demuestra claramente en una raza caprina adaptada a las zonas subtropicales, que el final de la actividad neuroendocrina no se debe ni a la baja disponibilidad alimenticia, ni al incremento de la duración del día. Este final es un proceso controlado por el fotoperiodo, que explicaría el final de la actividad sexual de las hembras intactas alojadas en instalaciones abiertas bajo un fotoperiodo natural.

La diferencia en el final de la actividad neuroendocrina observada en las hembras OVX+E mantenidas en condiciones extensivas con variaciones importantes de la disponibilidad alimenticia y las hembras OVX+E estabuladas y alimentadas a libre acceso (Duarte, 2000), sugiere que otros factores medioambientales como la alimentación o las relaciones sociales son solamente moduladoras de la estación sexual.

Los resultados de este estudio permiten concluir que la disminución en la secreción de la LH al final de la estación reproductiva de las cabras locales de la Comarca Lagunera es obligatoria y que se debe a la insensibilidad al efecto estimulador de los días cortos, conocida como estado refractario.

# Capítulo 6

## CONCLUSIONES

- La disminución en la secreción de la LH al final de la estación reproductiva en las cabras de la Comarca Lagunera no se debe al incremento del fotoperiodo, sino a la instalación de un estado refractario a los días cortos.
- Además, estos resultados sugieren que la estacionalidad reproductiva de las hembras de la Comarca Lagunera se debe a la posible existencia de un ritmo endógeno de reproducción sincronizado por el fotoperiodo.

# Capítulo 7

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar si la disminución en la secreción de la LH al final de la estación reproductiva de las hembras caprinas Criollas OVX+E en la Comarca Lagunera (26° N) se debe al incremento del fotoperiodo o al establecimiento del estado refractario a los días cortos. Se utilizaron 15 hembras. A partir del 21 de diciembre de 1999, un grupo de hembras (G1: n=5) permaneció en un corral bajo las condiciones de fotoperiodo natural; un segundo grupo (G2: n=5) alojado en una habitación fotoperiódica, fue sometido al fotoperiodo natural simulado, y el tercer grupo (G3: n=5) también alojado en una habitación fotoperiódica, fue sometido a días cortos constantes. El peso corporal se determinó cada 15 días en los tres grupos. Las concentraciones plasmáticas de LH fueron determinadas dos veces por semana.

La evolución del peso corporal presentó variaciones durante el periodo de estudio ( $p < 0.001$ ). Sin embargo, no existió interacción entre los grupos y el tiempo ( $P > 0.05$ ). Al analizar los resultados de LH de los tres grupos, el ANOVA reveló un efecto del tiempo ( $P < 0.001$ ). Sin embargo, no se encontró interacción entre los grupos y el tiempo del experimento ( $P > 0.05$ ). En el G1, la actividad neuroendocrina terminó el 1 de febrero ( $\pm 4$  días), en el G2, el 26 de enero ( $\pm 12$

días), y en el G3, el 28 de enero ( $\pm$  8 días). Los resultados de este estudio permiten concluir que la disminución en la secreción de la LH al final de la estación reproductiva en las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera no se debe al incremento del fotoperiodo, sino al establecimiento del estado refractario a los días cortos.

# Capítulo 8

## LITERATURA CITADA

- Alexander H.A. 1989. Técnica quirúrgica en animales y temas de terapéutica quirúrgica. 6ª ed. Edit. Inter. México XXIII: pp. 205-208.
- Amoah EA., Gelaye S., Guthrie P., Rexroad C.E. 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats J. Anim. Sci. 74: 723-728.
- Arendt J. 1998. Melatonin and pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. Reviews of Reproduction. 3: 13-22.
- Bornet H., Charrie A. 1988. Conditions expérimentales d' un immunodosage, LES INMUNODOSAGES de la théorie à la pratique, éditions de l' ACOMEN, LYON. 59-82.
- Branca A., Cappai P. 1989. Osservazioni sul controllo della riproduzione nelle specie caprine: esperienze effettuate in Sardegna. Symp. Int. La Riproduzione nei piccoli ruminanti: basi fisiologiche e aspetti applicativi. 115-129.
- Chemineau P., Daveau A., Maurice F., Delgadillo JA. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. Small Rumin. Res. 8: 299-312.
- Chemineau P., Malpoux B., Thiéry JC., Vigué C., Morello H., Zarazaga L., Pelletier J. 1995. The control of seasonality: A challenge to small ruminant breeding. Reproduction and animal breeding. Advances and Strategy. Proceeding of the XXX International Symposium of Societa Italiana per il progresso della Zootecnica held in Milan, September 11-13. pp 225-250.

- Chemineau P., Martin G.B., Saumande J., Normant E. 1988. Seasonal and hormonal control of pulsatile LH secretion in the dairy goat (*Capra Hircus*). J. Reprod. Fertil. 83: 91-98.
- Delgadillo JA., Canedo GA., Chemineau P., Malpaux B. 1999. Evidence for an annual rhythm of reproduction independent of food availability in Creole male goats of subtropical Northern México. Theriogenology. 52 (4): 727-737.
- Delgadillo JA., Carrillo E., Morán J., Duarte G., Chemineau P., Malpaux B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in Subtropical Northern México using long days and melatonina. J. Anim. Sci. (aceptado para publicar).
- Delgadillo JA., Chemineau P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats by short photoperiodics cycles. J. Reprod. Fertil. 94: 45-55.
- Delgadillo JA., Leboeuf B., Chemineau P. 1993. Maintenance of sperm production in bucks during a third year of short photoperiodic cycles. Reprod. Nutr. Dev. 33 (6): 609-617.
- Delgadillo JA., Malpaux B., Chemineau P. La reproduction des caprins dans les zones tropicales et subtropicales. INRA Prod. Anim. 1997; 10 (1): 33-41.
- Duarte G. 2000. Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas de la Comarca Lagunera. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de México. 77 pags.
- Duarte G., Flores JA., Delgadillo JA., Malpaux B. 1999. Influencia de factores no fotoperiódicos sobre la regulación estacional de la secreción de LH en las cabras Criollas. XLII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas. 20 a 24 de octubre, Zacatecas, México: 023.
- Gebbie FE., Forsyth IA., Arendt J. 1999. Effects of maintaining solstice light and temperature on reproductive activity, coat growth, plasma prolactin and melatonin in goats. J. Reprod. Fertil. 116: 25-33.

- Goodman RL., Bittman EL., Foster DL., Karsch FJ. 1982. Alterations in the control of luteinizing hormone pulse frequency underlie the seasonal variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biol. Reprod.* 27: 580-589.
- Henniawati, Restall BJ., Scaramuzzi RJ. 1995. Effect of season on LH secretion in ovariectomized Australian Cashmere does. *J. Reprod. Fertil.* 103: 349-356.
- Herbert J., Stacy PM., Thorpe PH. 1978. Recurrent breeding season in pinealectomized or opticnerve-sectioned ferrets. *J. Endocr.* 78: 389-397.
- Howles CM., Craigon J., Haynes NB. 1982. Long term rhythms of testicular volume and prolactin concentrations in rams reared for 3 years in constant photoperiod. *J. Reprod. Fertil.* 65: 349-446.
- Karsch FJ., Bittman EL., Foster DL., Goodman RL., Legan SJ., Robinson JE. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Prog. Horm. Res.* 40: 185-232.
- Karsch FJ., Dierschke DJ., Weick RF., Yamaji T., Hotchkiss J., Knobil E. 1973. Positive and negative feedback control by estrogen of luteinizing hormone secretion in the Rhesus Monkey. *Endocrinology.* 92: 799-804.
- Karsch FJ., Robinson JE., Woodfill CJI., Brown MB. 1989. Circannual cycles of luteinizing hormone and prolactin secretion in ewes during a prolonged exposure to a fixed photoperiod: evidence for an endogenous reproductive rhythm. *Biol. Reprod.* 41: 1034-1046.
- Legan SJ., Karsch FJ. 1980. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: Modulation of the negative feedback action of estradiol. *Biol. Reprod.* 23: 1061-1068.
- Lincoln GA. 1979. Photoperiodic control of seasonal breeding in the ram: participation of the cranial sympathetic nervous system. *J. Endocr.* 82: 135-147.

- Lincoln GA., Short RV. 1980. Seasonal Breeding: Nature's contraceptive. *Recent Prog. Horm. Res.* 36: 1-52.
- Malpoux B., Chemineau P., Pelletier J. 1993. Melatonin and reproduction in sheep and goats. In "Melatonin: biosynthesis, physiological effect, and clinical applications" Reiter R.S., Yu H.S. Ed. CRC Press. Prod. 253.287.
- Malpoux B., Robinson JE., Brown MB., Karsch FJ. 1987. Reproductive refractoriness of the ewe to inductive photoperiod is not caused by inappropriate secretion of melatonin. *Biol. Reprod.* 36: 1333-1341.
- Malpoux B., Robinson JE., Wayne NL., Karsch FJ. 1989. Regulation of the onset of the breeding season of the ewe: importance of long days and of an endogenous reproductive rhythm. *J. Endocr.* 122: 269-278.
- Malpoux B., Thiéry JC., Chemineau P. 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 39 (3): 355-266.
- Malpoux B., Vigué C., Skinner D., Thiéry JC., Chemineau P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Res. Bull.* 44 (4): 431-438.
- Martin GB., Walkden-Brown SW. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 49: 437-449.
- Mauléon P., Rougeot J. 1962. Régulation des saisons sexuelles chez de brebis de races différents au moyen de divers rythmes lumineux. *Ann. Biol. Anim. Bichim. Biophys.* 2: 209-222.
- Mori Y., Kano Y. 1984. Changes in plasma concentrations of LH, progesterone and oestradiol in relation to the occurrence of luteolysis, oestrus and time of ovulation in the Shiba goat (*Capra hircus*). *J. Reprod. Fertil.* 72: 223-230.



- Ortavant R., Pelletier J., Ravault JP., Thimonier J., Volland-Nail P. 1985. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm animals. *Oxford Rev. Reprod. Biol.* 7: 305-345.
- Restall BJ. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27: 305-318.
- Robinson JE., Karsch FJ. 1984. Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.* 31: 656-663.
- Robinson JE., Wayne NL., Karsch FJ. 1985. Refractoriness to inhibitory day lengths initiates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.* 32: 1024-1030.
- Santa María A., Cox J., Muñoz E., Rodríguez R., Caldera L. 1990. Estudio del ciclo sexual, estacionalidad reproductiva y control del estro en la cabra Criolla en Chile. In: *Livestock Reproduction in Latin America*. International Atomic Energy Agency, Vienna. 363-385.
- Schmidt RL. 1989. The arid zones of México: climatic extremes and conceptualization of the Sonora desert. *J. Arid. Env.* 16: 241-256.
- Thimonier J. 1989. Contrôle photopériodique de l'activité ovulatoire chez la brebis. Existence de rythmes endogènes. Thèse Université François Rabelais Tours. p. 22-36.
- Walkden-Brown SW., Bocquier S. 2000. Nutritional regulation of reproduction in goats. 15 – 21 may. France. VII International Conference on Goats. pag 389-395.
- Walkden-Brown SW., Restall BJ., Norton BW., Scaramuzzi BW., Martin GB. 1994. Effect of nutrition of seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odor in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fertil.* 102: 351-360.

Worthy K., Haresing W. 1983. Evidence that the onset of seasonal anoestrus in the ewe may be independent of increasing prolactin concentrations and daylength. *J. Reprod. Fertil.* 69: 41-48.

Worthy K., Haresign W., Dodson S., McLeod B.J., Foxcroft G.R., Haynes N.B. 1985. Evidence that the onset of the breeding season in the ewe may be independent of decreasing plasma prolactin concentrations. *J. Reprod. Fertil.* 75: 237-246.