

EL INICIO DE LA ACTIVIDAD ENDOCRINA EN LAS HEMBRAS
CAPRINAS CRIOLLAS DE LA COMARCA LAGUNERA SE DEBE
A UN ESTADO REFRACTARIO A LOS DÍAS LARGOS

VERÓNICA ARELLANO SOLÍS

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, Junio de 2002



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

**EL INICIO DE LA ACTIVIDAD ENDOCRINA EN LAS HEMBRAS CAPRINAS
CRIOLLAS DE LA COMARCA LAGUNERA SE DEBE A UN ESTADO
REFRACTARIO A LOS DÍAS LARGOS**

TESIS

POR:

VERÓNICA ARELLANO SOLÍS

**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. GERARDO DUARTE MORENO

ASESOR:

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

**DR. RAÚL VILLEGAS VIZCAÍNO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE POSGRADO**

**DR. RAMIRO LÓPEZ TRUJILLO
SUBDIRECTOR DEL POSTGRADO**

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la vida y la oportunidad de salir adelante en mis propósitos, metas, pues ha sido mi soporte en quién he depositado toda mi fe, mi fortaleza y sobre todo la oportunidad de conocerle más, pues sin él no sería lo que soy... ¡mil gracias!

A MIS PADRES

Isabel y Cesareo. Por haber depositado toda su confianza en mí pues hasta ahora no les he fallado, quienes me han impulsado en mis momentos de flaqueza y con su amor he salido adelante.

A MIS HERMANOS

César, Lizbeth y Machbani. A quienes siempre he sido como un ejemplo para ellos, pues siempre me impulsaron a salir adelante, con su apoyo moral y sentimental, pues siempre me han estimulado y fortalecido en los momentos que más los he necesitado.

AL DOCTOR DELGADILLO

Por su dedicación en mi formación como alumna y su tesista, pues gracias a él pudo ser posible la realización de mi tesis, por su esfuerzo, dedicación y paciencia como profesor.

A MIS COMPAÑEROS DE MAESTRÍA

Por el apoyo que he tenido durante mi experimento, su confianza y paciencia pues junto con ellos pude hacer posible mi trabajo de tesis. Juana Aguilar, Iván Vélez, Delfino Sánchez, Gerardo Veliz, Dr. Alfredo Flores, y al Dr. Gerardo Duarte.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Por su infinito amor, por la gran confianza que depositaron en mí, el día que yo decidí estudiar en esta Universidad, también el apoyo moral que me brindaron durante mi carrera, por la vida que me dieron y el ejemplo a seguir.

COMPENDIO

EL INICIO DE LA ACTIVIDAD ENDOCRINA EN LAS HEMBRAS CAPRINAS CRIOLLAS DE LA COMARCA LAGUNERA SE DEBE A UN ESTADO REFRACTARIO A LOS DÍAS LARGOS

POR:

VERÓNICA ARELLANO SOLÍS

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE REPRODUCCIÓN ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

Torreón, Coahuila, México. Junio de 2002

DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ – ASESOR

Palabras clave: Hembras Caprinas, Estacionalidad Reproductiva, Fotoperiodo, LH, Refractoriedad.

Este estudio se efectuó para determinar si el incremento en la secreción de LH al inicio de la estación reproductiva de las hembras caprinas Criollas ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E) en la Comarca Lagunera (26°N), se debe a la disminución del fotoperiodo o al establecimiento de un estado refractario a los días largos. Se utilizaron 24 hembras OVX+E. A partir del 21 de junio del año 2000, un grupo de hembras (n=8) permaneció alojado en un corral abierto percibiendo las variaciones

naturales del fotoperiodo; un segundo grupo (n=8) fue alojado en una habitación fotoperiódica y sometido a un fotoperiodo natural simulado, y un tercer grupo (n=8), de igual manera que el segundo grupo, fue alojado en una habitación fotoperiódica y sometido a días largos constantes. El peso corporal se determinó cada 15 días en los tres grupos. Las concentraciones plasmáticas de LH fueron determinadas dos veces por semana.

El tiempo del experimento influyó en la evolución del peso corporal en los tres grupos ($P < 0.0001$). No se encontró interacción ($P > 0.05$) entre los grupos en estudio y el tiempo del experimento.

En el análisis de las concentraciones de LH de los tres grupos, el ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la secreción de LH ($P < 0.001$) y una interacción grupos*tiempo ($P < 0.01$). Sin embargo, no hubo diferencia en el inicio de la actividad endocrina de los 3 grupos ($P > 0.05$). En el grupo fotoperiodo natural, esta actividad inició el 7 de septiembre (± 8 días), en el natural simulado el 26 de septiembre (± 9 días) y en el grupo de días largos el 12 de septiembre (± 12 días).

Los resultados de este estudio permiten concluir que el incremento de la LH al inicio de la actividad reproductiva en las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera no se debe a la disminución del fotoperiodo, sino al establecimiento del estado refractario a los días largos.

ABSTRACT

THE ONSET OF THE ENDOCRINE ACTIVITY IN CREOLE FEMALE GOATS IN THE COMARCA LAGUNERA IS DUE TO THE REFRACTORINESS TO LONG DAYS

BY

VERÓNICA ARELLANO SOLÍS

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL REPRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

Torreón, Coahuila, June 2002

DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ – ADVISOR

KEY WORDS: Female Goats, Reproductive Seasonality, Photoperiod, LH,
Refractoriness.

This study was carried out in order to determine whether the increase in LH secretion at the beginning of the breeding season in OVX+E Creole female

goats in the Comarca Lagunera (26°N) was due to the decrease of the photoperiod or to the long days refractoriness. A group of females (n=8) was subjected to natural variations of photoperiod. Another group (n=8) was submitted to natural photoperiodic changes simulated in a light proof-building. The last one (n=8) was also exposed to constant long days from June 21 to October 30 in a light proof-building. The body weight was determined every 2 weeks. LH concentrations were determined twice a week. Time of the experiment influenced the body weight evolution in the three groups ($P < 0.001$). However, no interaction between groups*time was found. ANOVA revealed an effect of time in LH secretion, and an interaction between groups*time ($P < 0.05$). However, no differences were found in the onset of endocrine activity. This activity started on September 7 (± 8 days) in natural photoperiod group, on September 26 (± 9 days) in simulated natural photoperiod group, and on September 12 (± 12 days) in constant long-days group.

Results allows to conclude that the increase of LH secretion at the onset of breeding season in OVX+E is not due to the decrease of the photoperiod, but to the refractoriness to long days.

ÍNDICE

	Páginas
ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
INTRODUCCIÓN	1
I. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1.1. Variaciones estacionales de la actividad reproductiva en los ovinos y caprinos en zonas templadas	3
1.2. Importancia del fotoperiodo en la actividad sexual de los pequeños rumiantes en zonas templadas	4
1.3. Recepción y distribución de la información fotoperiódica	5
1.4. Ritmo de secreción de la melatonina	6
1.4.1. Síntesis de la melatonina	7
1.4.2. Importancia de la secreción de melatonina	8
1.4.3. Modo de acción de la melatonina	8
1.5. Mecanismos involucrados en el inicio y final de la estación sexual	10
1.6. Ritmo endógeno de reproducción	11
1.7. Actividad reproductiva de los pequeños rumiantes de zonas subtropicales	12
Objetivo	14
Hipótesis	14
II. MATERIALES Y MÉTODOS	15

2.1. Localización del experimento	15
2.2. Animales experimentales	15
2.3. Manejo y alimentación	16
2.4. Elaboración de implantes	18
2.5. Ovariectomías y colocación de implantes	18
2.6. Tratamientos fotoperiódicos	19
2.7. Variables evaluadas	22
2.7.1 Peso corporal	22
2.7.2. Hormona Luteinizante (LH)	22
2.8 Análisis de datos	23
2.8.1. Peso corporal	23
2.8.2. Hormona Luteinizante	23
2.8.3. Expresión de resultados	23
III. RESULTADOS	24
3.1 Peso corporal	24
3.2 Concentración plasmática de la Hormona Luteinizante (LH)	26
IV. DISCUSIÓN	32
V. CONCLUSIÓN	35
VI. RESUMEN	36
VII. LITERATURA CITADA	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Variaciones del fotoperiodo natural en la Comarca Lagunera (26°N).	16
Figura 2. Temperaturas máximas y mínimas registradas en instalaciones abiertas, y en las cámaras fotoperiódicas del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.	17
Figura 3. Diseño del experimento donde un grupo de hembras caprinas Criollas OVX+E fue alojado en instalaciones abiertas y sometido al Fotoperiodo Natural, otro grupo fue alojado en una cámara fotoperiódica y sometido a un Fotoperiodo Natural Simulado y un tercer grupo fue alojado también a una cámara fotoperiódica y sometido a Días Largos Constantes. Los tratamientos fotoperiódicos se efectuaron del 21 de junio al 30 de octubre de 2000. ...	21
Figura 4. Evolución y comparación del peso corporal (promedio \pm eem) de las hembras caprinas sometidas a un Fotoperiodo Natural, a un Fotoperiodo Natural Simulado, o a Días Largos constantes del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.	25
Figura 5. Concentraciones plasmáticas de LH de 2 hembras caprinas Criollas de La Comarca Lagunera representativas de cada uno de los grupos sometidos a: Fotoperiodo Natural,	

Fotoperiodo Natural Simulado o Días Largos constantes del 21 de Junio al 30 de Octubre del año 2000.	26
---	----

Figura 6. Evolución de la LH plasmática (promedio \pm eem) de cabras OVX+E utilizadas para determinar el inicio de la actividad endocrina y sometidas a: Fotoperiodo Natural, Fotoperiodo Natural Simulado o Días Largos constantes del 21 de junio al 30 de octubre de 2000. 27

ÍNDICE DE TABLAS

Páginas

Tabla 1. Fechas individuales del inicio de la actividad endocrina en hembras caprinas Criollas sometidas al Fotoperiodo Natural del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.	29
Tabla 2. Fechas individuales del inicio de la actividad endocrina en hembras caprinas Criollas sometidas al Fotoperiodo Natural Simulado del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.	30
Tabla 3. Fechas individuales del inicio de la actividad endocrina en hembras caprinas Criollas sometidas a Días Largos Constantes del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.	31

INTRODUCCIÓN

Las razas de ovinos y caprinos originarias de zonas templadas, en donde las variaciones anuales del fotoperiodo (duración del día) son de una gran amplitud, muestran marcadas variaciones estacionales en la actividad reproductiva (Ortavant *et al.*, 1985). En estas especies, el fotoperiodo es considerado como el principal factor del medio ambiente que controla la actividad sexual (Malpaux *et al.*, 1993). En condiciones naturales, la estación reproductiva 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 (actividad endocrina) en las hembras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E) (Karsch *et al.*, 1989; Malpaux *et al.*, 1989). Sin embargo, en las ovejas Suffolk y las cabras Saanen, la disminución de la duración del día después del solsticio de verano, no parece ser responsable del inicio de la actividad sexual o neuroendocrina, dado que los animales mantenidos en un fotoperiodo constante de días largos a partir del solsticio de verano, inician estas actividades al mismo tiempo que los animales mantenidos en un fotoperiodo natural (Thimonier *et al.*, 1978; Robinson *et al.*, 1985; Worthy *et al.*, 1985 y Gebbie *et al.*, 1999). El inicio de la estación sexual, se debe a la aparición de un "estado refractario" (insensibilidad) a la acción inhibitoria de los días largos (Worthy y Haresing, 1983; Robinson y Karsch, 1984; Malpaux *et al.*, 1988).

Las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera presentan variaciones estacionales muy marcadas tanto de su actividad sexual como endocrina (Duarte, 2000). Estas actividades inician en septiembre y finalizan en febrero. Esta estacionalidad reproductiva es controlada por el fotoperiodo. Los días cortos estimulan la actividad ovulatoria y los días largos la inhiben (Duarte *et al.*, 1999). Actualmente existen datos que indican que el final de la actividad neuroendocrina no se debe a la disminución del fotoperiodo, sino al establecimiento de un estado refractario a los días cortos (De la Torre, 2001). Sin embargo, no se sabe si el inicio de esta actividad se debe a la disminución de la duración del día o bien a un estado refractario a los días largos.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Variaciones estacionales de la actividad reproductiva en los ovinos y caprinos en zonas templadas

Los pequeños rumiantes originarios de latitudes altas o medias ($>40^\circ$) en donde las variaciones anuales de la duración del día son de gran amplitud, muestran marcadas variaciones en 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 (Karsch *et al.*, 1984, Chemineau *et al.*, 1992, Delgadillo *et al.*, 1993). En las hembras de las razas Alpina y Saanen, por ejemplo, la estación reproductiva, se caracteriza, en ausencia de gestación, 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).

Esta estacionalidad reproductiva permite que los nacimientos ocurran durante el momento más favorable del año para la sobrevivencia de las crías, es decir, al final del invierno o principios de la primavera (Malpoux *et al.*, 1997).

1.2 Importancia del fotoperiodo en la actividad sexual de los pequeños rumiantes en zonas templadas

El fotoperiodo es el factor del medio ambiente más repetible de un año a otro y los pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) lo utilizan para sincronizar su actividad sexual anual con una gran precisión (Chemineau *et al.*, 1995).

Se han hecho estudios donde se ha demostrado que la sola modificación del fotoperiodo provoca cambios en la conducta sexual de las hembras y los machos. Al reproducir en 6 meses las variaciones fotoperiódicas anuales, por ejemplo, se manifiestan dos estaciones sexuales por año (Mauléon y Rougeot, 1962). De igual manera, cuando las hembras ovinas 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), las actividades ovárica o endocrina (secreción de LH) inician al pasar de días largos a días cortos (Karsch *et al.*, 1984; Thimonier, 1989). La influencia del fotoperiodo sobre la reproducción se ejerce a través de la melatonina. La duración de la secreción de melatonina varía con las estaciones del año y permite a los animales percibir la duración del día (Karsch *et al.*, 1984).

1.3 Recepción y distribución de la información fotoperiódica

En los mamíferos, la información fotoperiódica es recibida por la retina y transmitida a la glándula pineal en varias etapas (Malpaux *et al.*, 1997). De la retina, la información es enviada al núcleo supraquiasmático a través de la vía monosináptica retino-hipotalámica (Herbert *et al.*, 1978). De ahí, el estímulo provocado por la luz pasa a los núcleos paraventriculares y los ganglios cervicales superiores (Lincoln, 1979; Karsch *et al.*, 1984), para llegar finalmente a la glándula pineal. Esta glándula responde a los cambios del fotoperiodo secretando su principal hormona, la melatonina mediante un ritmo día-noche bien definido.

El fotoperiodo influye en la secreción de la melatonina y regula la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas. Para efectuar esta regulación, la melatonina actúa a nivel del área premamilar del hipotálamo para estimular la secreción del Factor Liberador de las Gonadotropinas (GnRH): LH y FSH; (Malpaux *et al.*, 1999). 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 (Delgadillo and Chemineau, 1992; Malpaux *et al.*, 1993; 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).

1.4 Ritmo de secreción de la melatonina

La melatonina es secretada por la glándula pineal con un ritmo día/noche bien definido (Rollag y Niswender, 1976; Arendt, 1998). Este ritmo de secreción es un ritmo endógeno, ya que cuando los animales son mantenidos en oscuridad constante, la secreción de melatonina sigue siendo rítmica, pero la duración del ciclo es diferente de 24 h y no está sincronizado entre los animales (Ebling *et al.*, 1988). Por tanto, la función de la luz es el de ajustar este ritmo a un período de 24 h siendo los núcleos supraquiasmáticos el reloj biológico que controla el ritmo de secreción de la melatonina. Es importante también señalar que la luz tiene un efecto inhibitorio en la secreción de melatonina, ya que la iluminación de los locales donde se alojan los animales en el transcurso de la noche, provoca una disminución de los niveles plasmáticos de melatonina (Broadway *et al.*, 1987; Paterson y Foldes, 1994). Los niveles plasmáticos de melatonina durante el día o la fase iluminada son bajos (Ravault *et al.*, 1999). La secreción se incrementa rápidamente después de haberse iniciado la noche o la fase oscura (menos de 10 minutos) y se mantiene elevada durante la duración de éstas (Malpaux *et al.*, 1988). Asimismo existen diferencias de niveles plasmáticos durante la noche, lo que sugiere que esta hormona es secretada de manera pulsátil (Malpaux *et al.*, 1987; Malpaux *et al.*, 1988).

1.4.1 Síntesis de la melatonina

La N-acetil-5-methoxytriptamina, mejor conocida como melatonina, es una hormona producida principalmente en la glándula pineal pero también en la retina. El camino por el cual la melatonina es sintetizada en ambas estructuras es similar, siendo el triptófano el precursor de la melatonina. El triptófano es tomado de la dieta, y convertido por una vía intermedia reduciéndolo en serotonina, con esto es convertido a N-acetil-serotonina y finalmente convertido en melatonina por las enzimas N-acetil-transferasa y 5-hydroxyindole-O-metil transferasa, respectivamente (Witt–Enderby y Li, 2000).

Al comenzar la noche se produce un incremento rápido de la liberación de la noradrenalina a nivel de la glándula pineal por las terminaciones nerviosas provenientes de los ganglios cervicales superiores. La noradrenalina se une a los receptores adrenérgicos α_1 y β_1 lo que provoca un incremento del adenocinmonofosfato cíclico (AMPC) (Klein, 1985). El AMPC activa una proteína kinasa que estimula la actividad de la NAT (N-acetil transferasa). En las ovejas, trabajos recientes sugieren la existencia de un mecanismo de regulación de la secreción de melatonina independiente de la NAT, pero dependiente del calcio (Van Camp *et al.*, 1991). En los mamíferos, la melatonina es metabolizada en 6 hidroximelatonina por el hígado y los riñones (Yu *et al.*, 1993). La melatonina es también metabolizada en el cerebro en N-acetil-5-metoxikenurenamina (Hirata *et al.*, 1974). El incremento del N-acetil-transferasa, incrementa la síntesis de

melatonina, con la secreción pasiva dentro de la circulación sanguínea (Reiter *et al.*, 1991). El incremento de la secreción de la melatonina depende de la duración del fotoperiodo (Ravault *et al.*, 1999).

1.4.2 Importancia de la secreción de melatonina

La importancia de la melatonina en el control de la reproducción en los pequeños rumiantes fue demostrada por la posibilidad de reproducir los efectos de los días cortos cuando los animales eran expuestos a los días largos. En días largos (16 h de luz y 8 de oscuridad), la melatonina se secreta durante 8 horas. Varios autores han demostrado que la administración de la hormona de manera continua (implantes subcutáneos) o bien en la mitad del día (inyección o incorporación en la alimentación), incrementa el tiempo durante el cual los niveles de melatonina permanecen elevados lo que provoca una estimulación de la actividad reproductiva de la misma manera que los días cortos cuando los animales son expuestos previamente a días largos (Chemineau *et al.*, 1986; Chemineau *et al.*, 1992).

1.4.3 Modo de acción de la melatonina

La duración de la secreción nocturna de melatonina traduce los efectos del fotoperiodo sobre el eje reproductivo por la modificación de la secreción pulsátil del GnRH (= LHRH) hipotalámico (Malpoux *et al.*, 1996).

La melatonina puede actuar en diferentes niveles del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas. Sin embargo, una etapa clave de su acción se realiza a nivel del Sistema Nervioso Central (SNC). El efecto más importante es el de modificar la frecuencia de liberación de LHRH hipotalámico, lo que conlleva cambios en la frecuencia de liberación de LH y en la actividad de las gónadas. Así, en ovejas ovariectomizadas y tratadas con un implante subcutáneo de estradiol y sometidas a días largos, la frecuencia de liberación de LHRH es de un pulso cada 6 horas, pero si son tratadas con un implante subcutáneo de melatonina que produce un efecto "días cortos", se observa un incremento de la liberación pulsátil de LHRH, con una frecuencia de alrededor de 10 pulsos en 6 h (Viguié *et al.*, 1995). Es necesario señalar que el intervalo de 40 a 60 días observado entre el inicio de un tratamiento con días cortos y la estimulación de la secreción de la LH, es el mismo entre el inicio del tratamiento con melatonina y la estimulación de la secreción de LHRH, lo que demuestra que los mecanismos responsables de este intervalo son de origen nervioso.

1.5 Mecanismos involucrados en el inicio y final de la estación sexual

En los pequeños rumiantes el período de actividad sexual inicia durante los días decrecientes del verano y el otoño y finaliza durante los días crecientes del invierno y la primavera. En las hembras de la raza Alpina, por ejemplo, las actividades estral y ovárica inician en septiembre y finalizan en marzo (Chemineau *et al.*, 1992). Además, la exposición a días cortos artificiales estimulan 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 Sulffolk son mantenidas en días largos constantes desde el solsticio de verano, la actividad endocrina 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). De

esta manera, el inicio y el final de la estación reproductiva son procesos obligatorios. Estos resultados indican que el inicio y el final de la estación sexual se debe a la aparición de un estado refractario a los días largos y cortos, respectivamente. La estacionalidad podría ser la expresión de un ritmo endógeno de reproducción (Malpaux *et al.*, 1989).

1.6 Ritmo endógeno de reproducción

La existencia de un ritmo endógeno de reproducción ha sido demostrado en muchas especies, incluyendo a los ovinos (Ducker *et al.*, 1973). Las ovejas Suffolk 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 determinarían el inicio del periodo de la actividad reproductiva (Malpaux *et al.*, 1989), mientras que los días cortos serían responsables de la duración de esta actividad (Malpaux *et al.*, 1989). Además de las ovejas, la existencia de un ritmo endógeno de reproducción ha sido demostrado en los carneros, los cuales manifestaron variaciones de la talla

testicular y de la LH al estar sometidos a días largos o cortos constantes, o a 12 horas de luz por día (Howles *et al.*, 1982).

1.7 Actividad reproductiva de los pequeños rumiantes de zonas subtropicales

En los caprinos y ovinos originarios o adaptados a las zonas subtropicales, se ha demostrado que algunas razas presentan variaciones estacionales de la actividad reproductiva (Santa María *et al.*, 1990; Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo y Malpoux, 1996; Delgadillo *et al.*, 1999). En Australia (29°S) se han observado variaciones en la actividad sexual en las cabras de la raza Cashmere. Restall (1992) menciona 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 períodos de actividad sexual (Restall, 1992; Henniawati *et al.*, 1995).

En estas latitudes subtropicales, se ha considerado que la alimentación es un factor importante para el desarrollo del ciclo anual de reproducción de las especies que se desarrollan en estas regiones (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Sin embargo, en la Comarca Lagunera (26°N), los caprinos locales que se explotan

de manera intensiva y extensiva muestran variaciones estacionales en su actividad sexual (Delgadillo *et al.*, 1997, 1999; Duarte *et al.*, 1999). Las variaciones de la actividad neuroendocrina en las hembras OVX+E se manifiestan también 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 reproductiva (Duarte *et al.*, 1999). Este factor es probablemente el fotoperiodo. En efecto, en las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera 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). Esto sugiere que los días cortos estimulan y los días largos inhiben la actividad sexual. Sin embargo, en las hembras caprinas OVX+E de esta misma raza, sometidas a días cortos constantes a partir del solsticio de invierno, la actividad neuroendocrina finalizó al mismo tiempo que en las hembras mantenidas en fotoperiodo natural. Esto indica que el final de la actividad sexual es un fenómeno obligatorio que no depende de la disminución del fotoperiodo, sino del establecimiento de un estado refractario a los días cortos (De la Torre, 2001). Sin embargo, no existen datos que indiquen si el incremento de la LH al inicio de la estación reproductiva en las cabras de la Comarca Lagunera es

debido a la disminución del fotoperiodo, o a la aparición de un estado refractario a los días largos.

Objetivo

Determinar si el incremento en la secreción de LH al inicio de la estación reproductiva en las cabras de la Comarca Lagunera es debido a la disminución del fotoperiodo, o a la aparición de un estado refractario a los días largos.

Hipótesis

El inicio de la actividad endocrina anual en las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera se debe a la aparición de un estado refractario a los días largos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización del experimento

El presente trabajo se realizó del 21 de junio al 30 de octubre del 2000 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna 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 y ocurre 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 1). Las temperaturas máximas y mínimas registradas 2 veces por semana durante el estudio se muestran en la Figura 2.

2.2. Animales experimentales

Se utilizaron 24 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 una edad promedio de 2 años. El 16 de junio del año 2000, las hembras fueron repartidas en tres grupos homogéneos de acuerdo a su peso corporal.

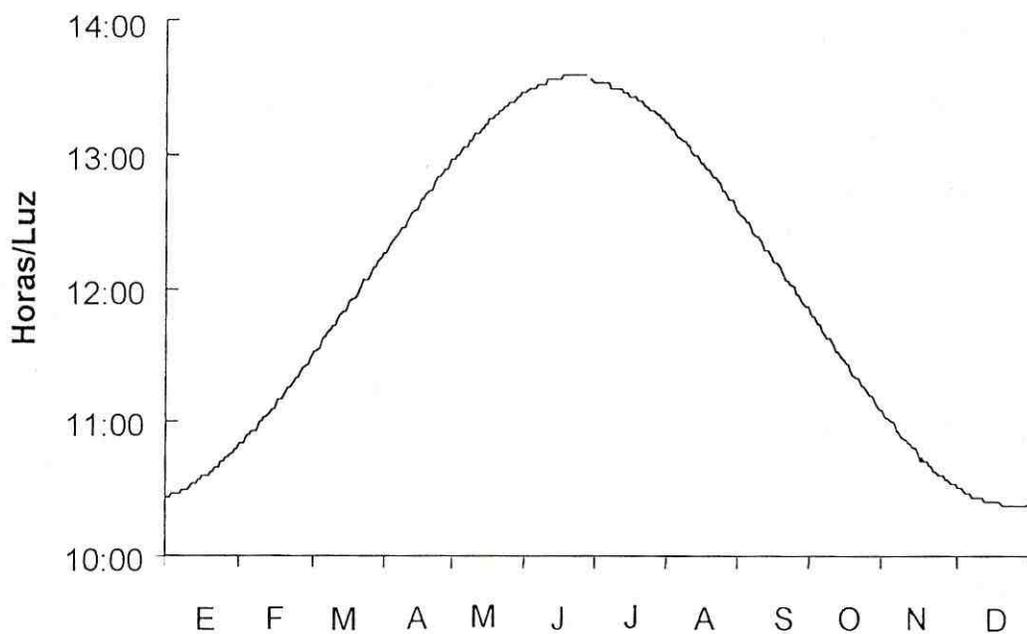


Figura 1. Variaciones naturales del fotoperiodo en la Comarca Lagunera (26°N).

2.3 Manejo y alimentación

Durante todo el experimento las hembras estuvieron estabuladas. Un mes antes de iniciar el estudio fueron vitaminadas, desparasitadas, despezuñadas y descornadas. La alimentación consistió en heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14 % P. C.) por hembra. El agua y las sales minerales se proporcionaron a libre acceso.

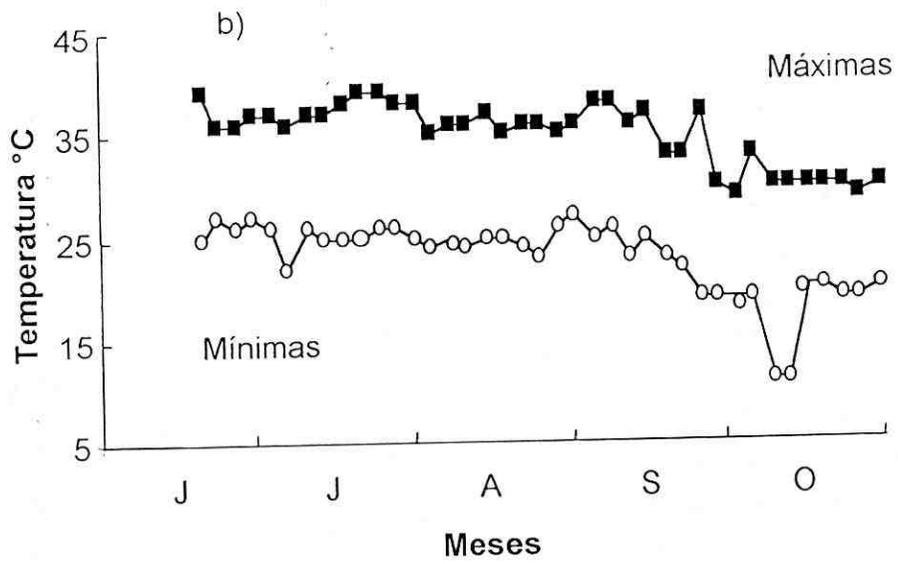
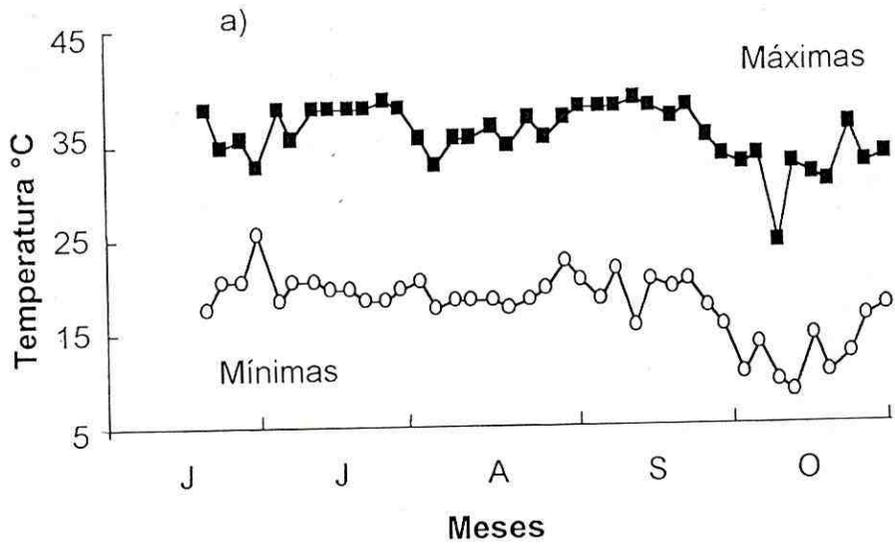


Figura 2. Temperaturas máximas y mínimas registradas en instalaciones abiertas (a) y en las cámaras fotoperiódicas (b) del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.

2.4 Elaboración de implantes

Los implantes fueron elaborados con tubo de silastic de 3.3 mm de diámetro interno y 4.65 mm de diámetro externo descritos por Karsch *et al.* (1973) y una longitud de 4 cm (Duarte, 2000), sellados en sus extremos con silicón. Los implantes contenían estradiol 17- β (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).

2.5 Ovariectomías y colocación de implantes

Las hembras utilizadas en el presente trabajo experimental fueron ovariectomizadas de acuerdo a la técnica de Alexander (1989). Antes de realizar las cirugías, las cuales se realizaron en el quirófano de la Unidad Laguna de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", las hembras permanecieron en completo ayuno durante 36 horas. Fueron tranquilizadas con Xilacina con una dosis de 0.4 mg/kg de peso por vía intramuscular (Rompun 2%, Bayer de México). Se les aplicó sulfato de atropina al 2%, con una dosis de 0.044 mg/kg aplicada vía intramuscular (Brovel, Azcapotzalco, México), esto con la finalidad de evitar broncoaspiraciones y taquicardias. Como anestésico local se aplicó Xilocaína, a una dosis de 5 ml por vía subcutánea. La anestesia general fue a base de (Ketamina, Cheminova de México, S. A. de C. V. A una dosis de 0.002 ml por vía endovenosa). Las hembras fueron sujetadas tanto de los miembros anteriores

como posteriores facilitando el manejo de éstas durante las cirugías. Después de que se aplicaron los medicamentos previamente mencionados, con una minuciosa asepsia con una solución yodada. Las ovariectomías se realizaron por incisión en la línea media posterior al ombligo. La incisión fue de aproximadamente ocho centímetros. Posteriormente se extrajeron los ovarios, así como el paquete vascular y nervioso, para ser ligados y seccionados. Una vez realizada la ovariectomía, se procedió a suturar los tejidos involucrados. Los implantes de estradiol se colocaron inmediatamente después de haber realizado las ovariectomías, en la región axilar izquierda insertados de manera subcutánea.

El modelo (OVX+E), permite determinar las variaciones plasmáticas de la LH. Los implantes permiten mantener los niveles constantes de estradiol en la sangre. Esta hormona regula la secreción de LH a través de la retroacción negativa. En efecto, durante los días crecientes o largos, la sensibilidad del eje hipotálamo-hipófisis a la retroacción negativa del estradiol es alta, lo que disminuye la secreción del LH. En cambio, durante los días decrecientes o cortos, esta sensibilidad disminuye y se incrementa la secreción de la LH (Karsch *et al.*, 1984).

2.6 Tratamientos fotoperiódicos

El diseño experimental se muestra en la Figura 3. Un grupo de hembras (n=8) permaneció en un corral abierto percibiendo las variaciones naturales del fotoperiodo (FN). Un segundo grupo (n=8) fue alojado en una habitación

fotoperiódica y sometido al fotoperiodo natural simulado (FNS). El ajuste de la duración del día se hizo cada semana. El tercer grupo (n=8) fue alojado en una habitación fotoperiódica y sometido a días largos constantes (FDL) desde el solsticio de verano (21 de junio). Las dos habitaciones fotoperiódicas de 5 x 5 m estaban equipadas con ocho lámparas fluorescentes de 75 Watts que proporcionaban una intensidad luminosa mínima de 250 lux a la altura de los ojos de las cabras. El encendido y apagado de las lámparas fueron controlados por medio de relojes eléctricos (Digital Timer; Radio Shack modelo Cat. No. 61-1060). Además contaban con un extractor que desalojaba el aire viciado.

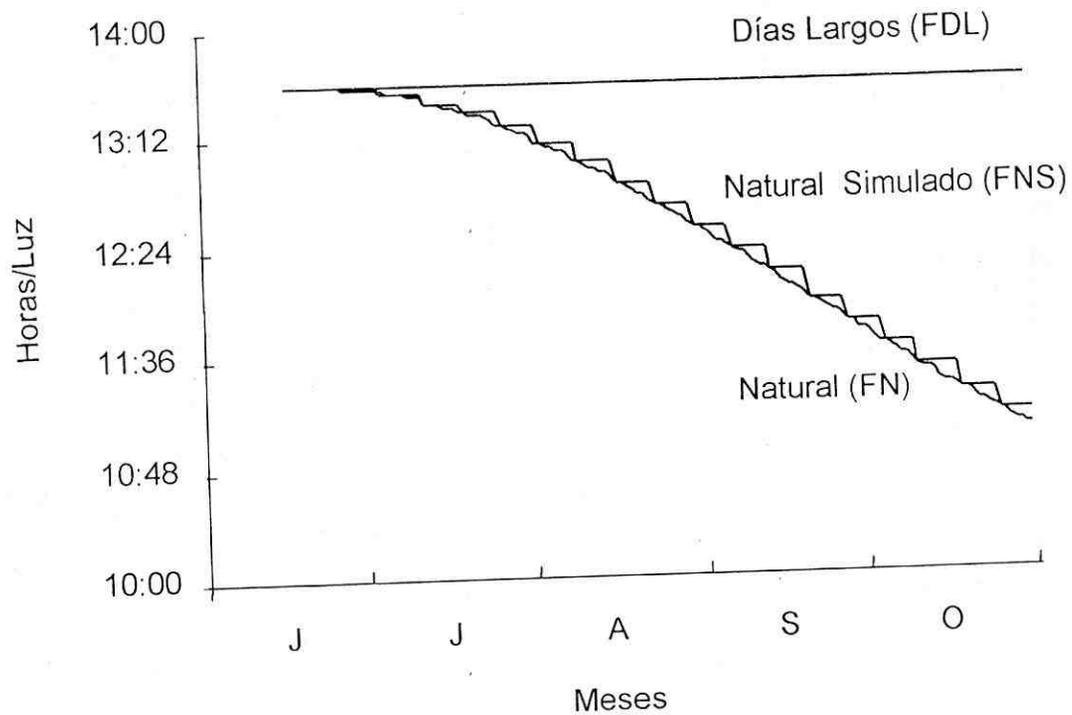


Figura 3. Diseño del experimento donde un grupo de hembras caprinas Criollas OVX+E fue alojado en instalaciones abiertas y sometido al Fotoperiodo Natural (FN; n=8), otro grupo fue alojado en una cámara fotoperiódica y sometido a un Fotoperiodo Natural Simulado (FNS; n=8) y un tercer grupo fue alojado también en una cámara fotoperiódica y sometido a Días Largos Constantes (FDL; n=8). Los tratamientos fotoperiódicos se efectuaron del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.

2.7 Variables evaluadas

2.7.1 Peso corporal

Las hembras fueron pesadas cada 15 días durante el periodo experimental. El pesaje se realizó por la mañana antes de proporcionarles el alimento, para lo cual se utilizó una báscula que tenía una precisión de 200 g y una capacidad de 300 kg.

2.7.2 Hormona Luteinizante (LH)

La LH fue determinada 2 veces por semana, para ello 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 μ 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°C hasta la determinación hormonal. Las concentraciones plasmáticas de LH fueron determinadas mediante la técnica de ELISA (Bornet y Charrie, 1988). Las determinaciones fueron realizadas en dos ensayos, la sensibilidad de la detección hormonal fue de 0.1 ng/ml. Los coeficientes de variación inter e intra ensayos fueron de 15.7% y 5.5%, respectivamente.

2.8. Análisis de datos

2.8.1 Peso corporal

Los resultados del peso corporal de los tres grupos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) a 2 factores con medias repetidas (grupo y tiempo del experimento).

2.8.2 Hormona Luteinizante

Los datos obtenidos de LH fueron transformados logarítmicamente y sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) a 2 factores con medidas repetidas (grupo y tiempo del experimento). Las fechas promedio del inicio de la actividad neuroendocrina fueron comparadas mediante una prueba t de Student. Se consideró que la actividad neuroendocrina iniciaba al registrarse 3 valores consecutivos de LH >0.8 ng/ml.

Para llevar a cabo los análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico SYSTAT 5.03 (Evanston, ILL. USA, 1990/1992).

2.8.3. Expresión de resultados

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

III. RESULTADOS

3.1. Peso corporal

Un efecto significativo del tiempo sobre el peso corporal en los tres grupos ($P < 0.001$) fue revelado por el ANOVA. No se encontró interacción ($P > 0.05$) entre los grupos en estudio y el tiempo del experimento, lo que indica que la evolución del peso corporal fue similar en los tres grupos. El peso corporal de los grupos en estudio se muestra en la Figura 4. Al inicio del experimento, el peso corporal para el grupo de fotoperiodo natural fue de 48 ± 3 kg, para el grupo de fotoperiodo natural simulado de 48 ± 3 kg y para el grupo de fotoperiodo días largos de 48 ± 4 kg. Durante el estudio las hembras incrementaron su peso corporal y al final de éste, los pesos registrados fueron de 50 ± 2 kg, 52 ± 3 kg y 51 ± 5 kg en los grupos fotoperiodo natural, fotoperiodo natural simulado y días largos constantes, respectivamente.

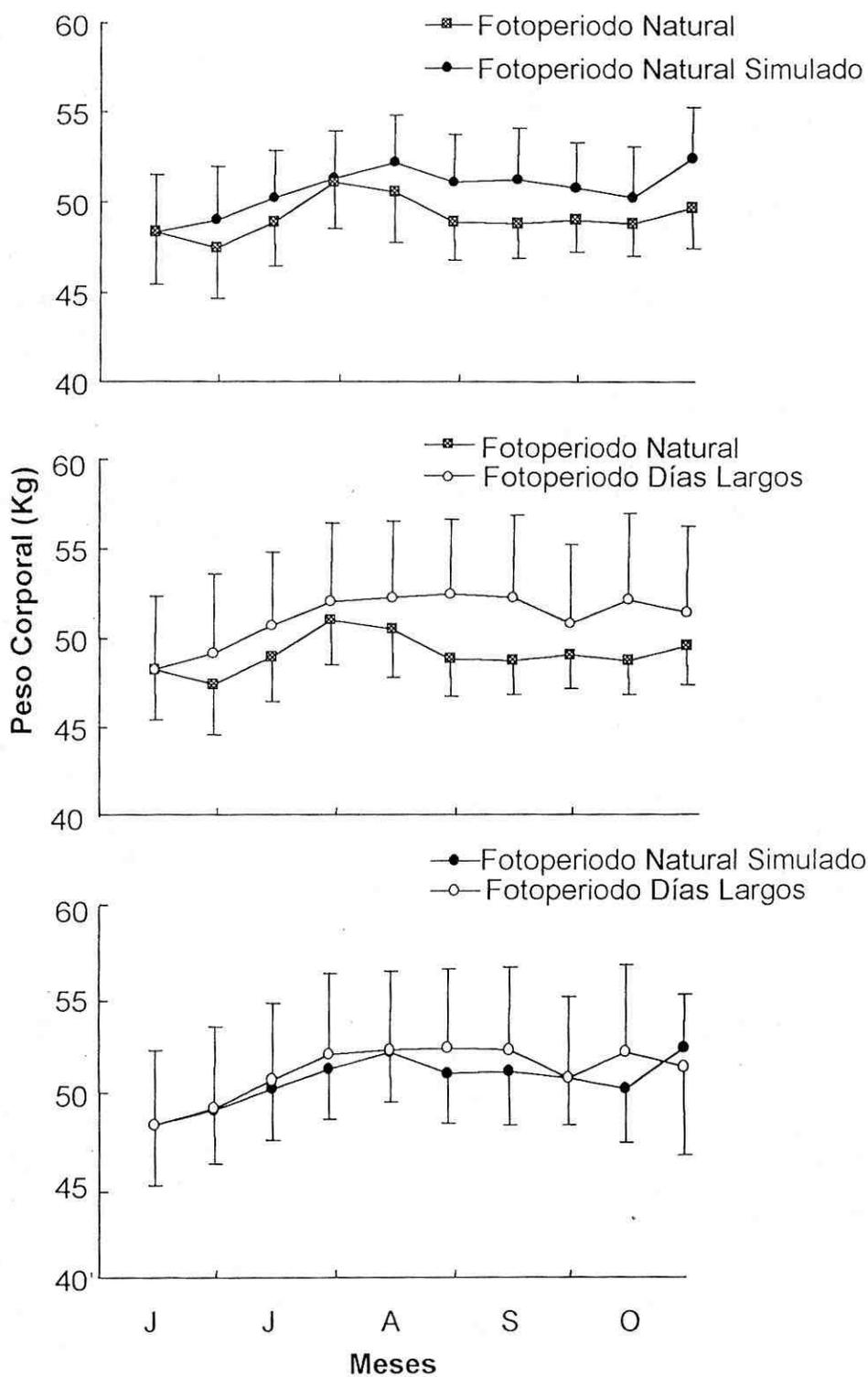


Figura 4. Evolución y comparación del peso corporal (promedio \pm eem) de las hembras caprinas sometidas al Fotoperiodo Natural (■), al Fotoperiodo Natural Simulado (•), y a Días Largos Constantes (◯) del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.

3.2 Concentración plasmática de la Hormona Luteinizante (LH)

El día 5 de agosto falleció una hembra del grupo Fotoperiodo Natural. Los datos obtenidos de peso corporal y LH no fueron utilizados en los análisis efectuados.

Las concentraciones plasmáticas de LH de 2 hembras representativas de cada uno de los grupos pueden observarse en la Figura 5. Las concentraciones promedio de estos grupos se muestran en la Figura 6.

El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la secreción de LH ($P < 0.001$), y una interacción grupos*tiempo ($P < 0.01$). Sin embargo, no hubo diferencia en el inicio de la actividad neuroendocrina de los 3 grupos ($P > 0.05$). En el grupo fotoperiodo natural, la fecha promedio de la actividad neuroendocrina fue el 7 de septiembre (± 8 días), en el natural simulado el 26 de septiembre (± 9 días) y en el de días largos constantes el 12 de septiembre (± 12 días).

En las Tablas 1, 2 y 3 se pueden observar las fechas del inicio de la actividad neuroendocrina de cada una de las hembras de los tres grupos utilizados.

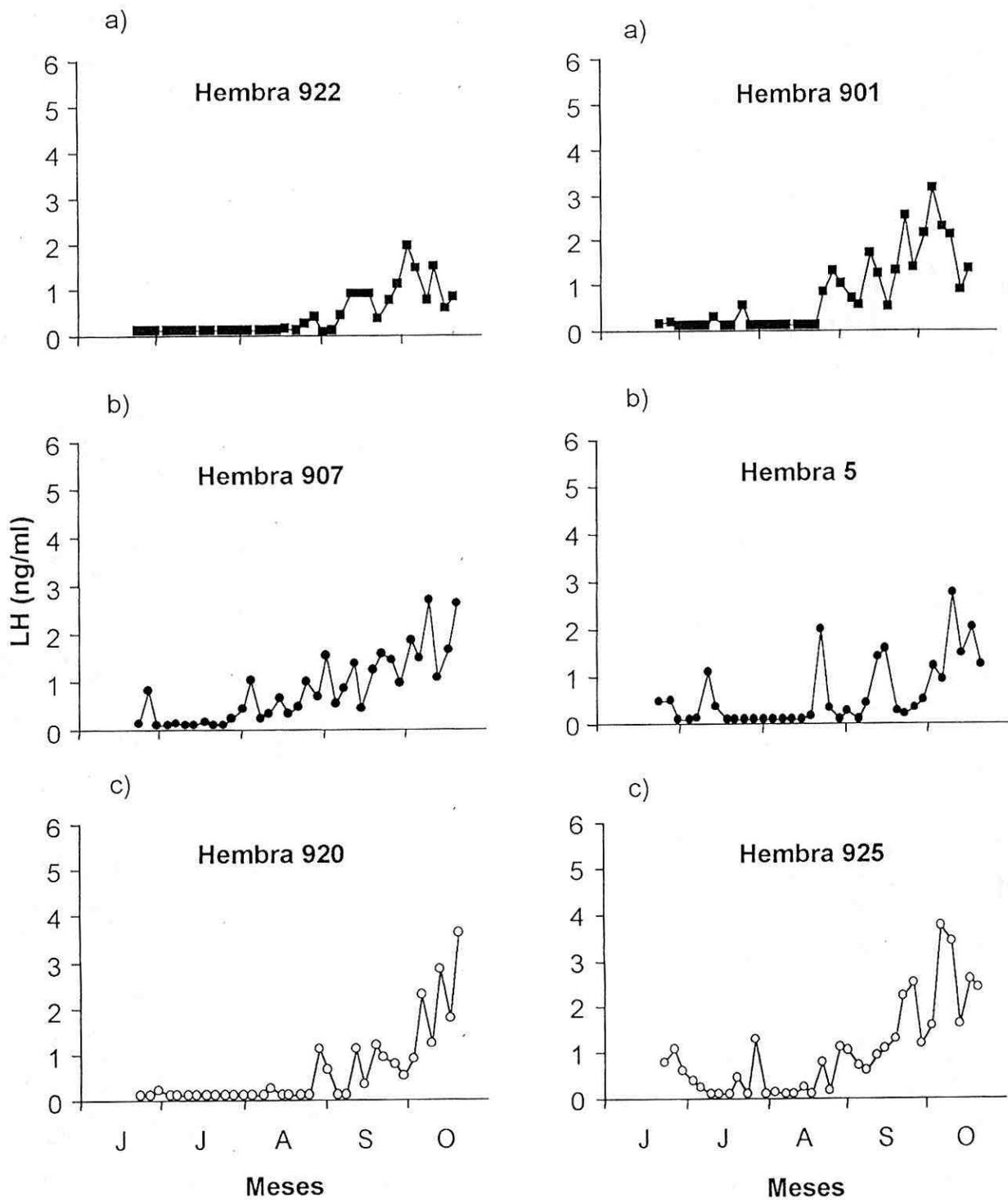


Figura 5. Concentraciones plasmáticas utilizando los valores normales de LH de 2 hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera representativas de cada uno de los grupos sometidos a: a) Fotoperiodo Natural, b) Fotoperiodo Natural Simulado, c) Días Largos Constantes del 21 de junio al 30 de octubre del año 2000.

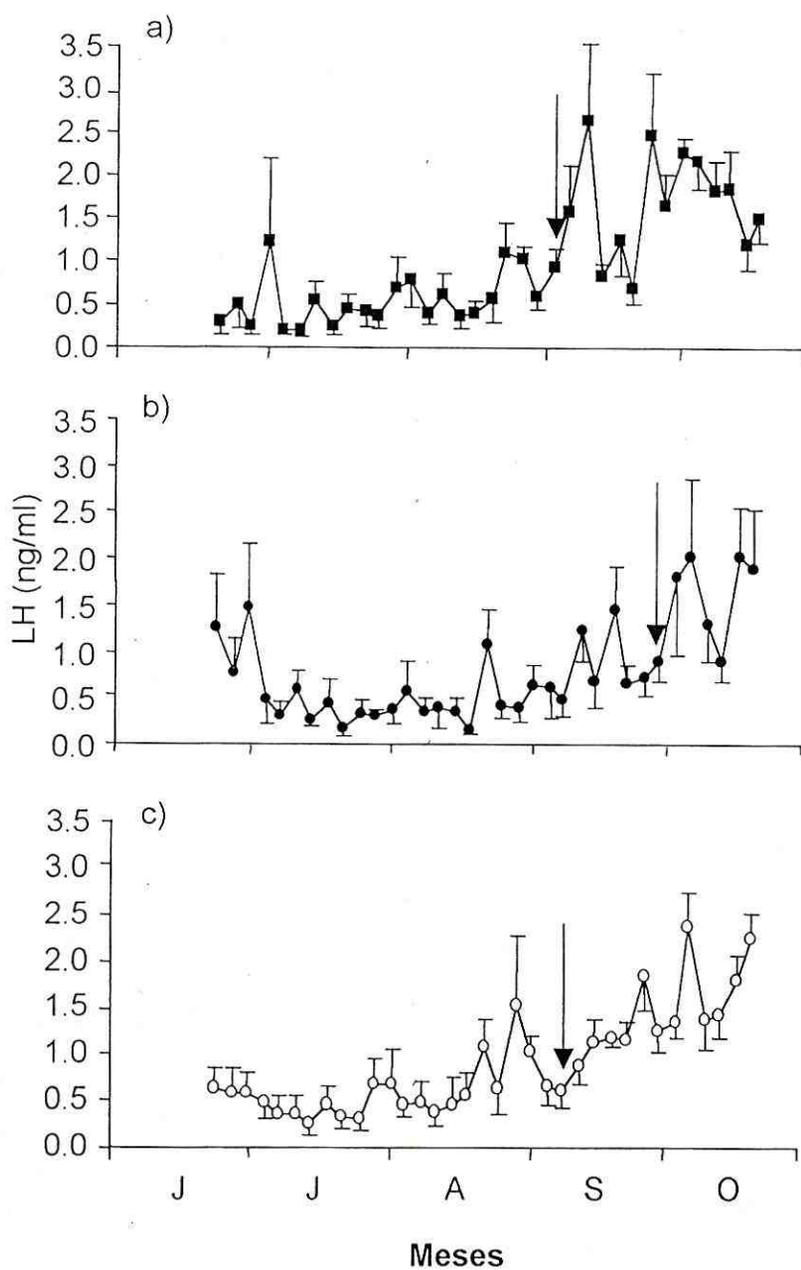


Figura 6. Evolución de la LH plasmática (promedio \pm eem) de cabras OVX+E utilizadas para determinar el inicio de la actividad neuroendocrina (señalado por flechas) y sometidas a un: a) Fotoperiodo Natural, b) Fotoperiodo Natural Simulado, c) Fotoperiodo Días Largos Constantes a partir del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.

Tabla 1. Fechas individuales del inicio de la actividad endocrina en hembras caprinas Criollas percibieron el Fotoperiodo Natural del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.

No. de Hembra	Inicio de la actividad sexual
446	25 de Agosto
901	12 de Septiembre
903	28 de Julio
905	26 de Septiembre
922	29 de Septiembre
924	3 de Octubre
926	3 de Septiembre
Promedio (\pm eem)	7 de Septiembre \pm 8 días

Tabla 2. Fechas individuales del inicio de la actividad endocrina en las hembras caprinas Criollas fueron sometidas al Fotoperiodo Natural Simulado del 21 de junio al 30 de octubre de 2000.

No. de Hembra	Inicio de la actividad sexual
5	3 de Octubre
444	1 de Agosto
904	29 de Septiembre
906	29 de Septiembre
907	19 de septiembre
918	20 de Octubre
921	26 de Septiembre
923	17 de Octubre
Promedio (\pm eem)	26 de Septiembre \pm 9 días

Tabla 3. Fechas individuales del inicio de la actividad endocrina en hembras caprinas Criollas sometidas a Fotoperiodo de Días Largos Constantes del 21 de junio al 30 de octubre del 2000.

No de Hembra	Final de la actividad sexual
405	23 de Junio
406	15 de Septiembre
908	29 de Septiembre
912	6 de Octubre
916	15 de Septiembre
919	26 de Septiembre
920	3 de Octubre
925	12 de Septiembre
Promedio (\pm eem)	12 de Septiembre \pm 12 días

IV. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación demuestran que el inicio de la actividad neuroendocrina de las hembras caprinas Criollas locales de la Comarca Lagunera no se debe a la disminución de la duración del día, sino al establecimiento de un estado refractario a los días largos. En efecto, las fechas promedio del inicio de la actividad neuroendocrina en los grupos sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo, al Fotoperiodo Natural Simulado, o a Días Largos Constantes, no fue diferente.

La evolución de la LH en las hembras que permanecieron alojadas en instalaciones abiertas percibiendo las variaciones naturales del fotoperiodo y en las que se alojaron en una cámara fotoperiódica bajo un Fotoperiodo Natural Simulado, indica que las hembras respondieron de manera similar a la señal luminosa. Esto sugiere 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. En ambos grupos, la actividad neuroendocrina inició en septiembre. Al igual que en los dos grupos anteriores, las cabras mantenidas en días largos constantes desde el solsticio de verano iniciaron su actividad en septiembre. El hecho que las hembras de este último grupo hayan iniciado al mismo tiempo que los 2 anteriores indican que la disminución del día no es la responsable del inicio de la estación sexual. En estas cabras, este inicio se debe a la aparición de un estado refractario (insensibilidad)

a la acción inhibitoria en los días largos (Worthy y Haresing, 1983; Robinson y Karsch, 1984; Malpaux *et al.*, 1988). Un fenómeno similar fue reportado en las ovejas de la raza Suffolk y las cabras Saanen (Malpaux *et al.*, 1989; Gebbie *et al.*, 1999). En efecto, en las hembras de estas razas mantenidas en días largos constantes desde el solsticio de verano, iniciaron su actividad endocrina u ovulatoria al mismo tiempo que las hembras en fotoperiodo natural.

En las cabras locales de la Comarca Lagunera, así como en otras de zonas templadas (Malpaux., 1989; Gebbie *et al.*, 1999), un fenómeno similar ocurre en el final de la actividad sexual. Las hembras mantenidas en días cortos constantes desde el solsticio de invierno inician su actividad endocrina u ovulatoria al mismo tiempo que las mantenidas en fotoperiodo natural. El final se debe entonces a la aparición del estado refractario a los días cortos y no al incremento de la duración del día (Malpaux, 1988; Gebbie *et al.*, 1999).

Se ha considerado que en los ovinos y caprinos originarios o adaptados a las latitudes subtropicales, el patrón de la actividad sexual depende principalmente de la alimentación. En nuestro estudio, las hembras de los 3 grupos fueron alimentadas a libre acceso y no existió diferencia en la evolución del peso corporal de los 3 grupos. Esto sugiere que el inicio de la actividad neuroendocrina no depende de la disponibilidad del alimento, como fue reportado en los caprinos Cashmere (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Los resultados de este estudio y los de De la Torre (2001), demuestran que el inicio y el final de la

actividad neuroendocrina de las cabras de la Comarca Lagunera son procesos obligatorios que no dependen de la disminución o incremento de la duración del día. En estas hembras adaptadas a una latitud subtropical, la estacionalidad reproductiva se debe a la existencia de un ritmo endógeno de reproducción. En efecto, las hembras sometidas a días cortos durante 2 años, mostraron variaciones similares a las observadas en las hembras mantenidas en fotoperiodo natural (Aguilar *et al.*, 2001). Sería interesante determinar cuáles son las señales luminosas que permiten el inicio de la estación reproductiva, así como la duración de esta.

V. CONCLUSIÓN

El incremento en la secreción de la LH al inicio de la estación reproductiva en las cabras Criollas de la Comarca Lagunera no se debe a la disminución en la duración del día, sino a la instalación de un estado refractario a los días largos.

VI. RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar si el incremento en la secreción de LH al inicio de la estación reproductiva de las hembras caprinas Criollas OVX+E en la Comarca Lagunera (26°N) se debe a la disminución del fotoperiodo o al establecimiento de un estado refractario a los días largos. Se utilizaron 24 hembras OVX+E. A partir del 21 de junio del año 2000, un grupo de hembras permaneció alojado en un corral abierto percibiendo las variaciones naturales del fotoperiodo (FN; n=8); un segundo grupo (FNS; n=8) fue alojado en una habitación fotoperiódica y sometido al fotoperiodo natural simulado, y un tercer grupo (FDL; n=8) de igual manera que el segundo grupo fue alojado en una habitación fotoperiódica y sometido a días largos constantes. Se determinó el peso corporal cada 15 días en los tres grupos. Las concentraciones plasmáticas de LH fueron determinadas dos veces por semana.

El peso corporal de los tres grupos varió durante el estudio. No se encontró interacción ($P > 0.05$) entre los grupos y el tiempo varió del experimento. El ANOVA indicó un efecto del tiempo ($P < 0.01$) sobre la secreción de la LH en los tres grupos, y una interacción grupos-tiempo ($P < 0.01$). Sin embargo, no hubo diferencia en el inicio de la actividad neuroendocrina ($P > 0.05$). En el grupo Fotoperiodo Natural, esta actividad inició el 7 de septiembre (± 8 días),

en el Fotoperiodo Natural Simulado el 26 septiembre (± 9 días) y en el de Fotoperiodo Días Largos el 12 de septiembre (± 12 días). Los resultados de este estudio permiten concluir que el incremento de la LH al inicio de la actividad reproductiva en las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera no se debe a la disminución del fotoperiodo, sino al establecimiento del estado refractario a los días largos.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, J., De la Torre, S., Duarte, G., Malpoux, B., y Delgadillo, J. A. 2001. Las hembras caprinas del subtrópico mexicano manifiestan un ritmo endógeno de reproducción. En: Memorias del XLIV Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas. Monterrey, Nuevo León. México. 26-30 de agosto. O27.
- Alexander, H. A. 1989. Técnica quirúrgica en animales y temas de terapéutica quirúrgica. 6ª ed. Edit. Inter. México XXIII: pp. 205-208.
- Amoah, E. A., Gelaye, S., Guthrie, P., and 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. *J. Reprod. Fertil.* 3: 13-22.
- Bornet, H., et Charrie, A. 1998. Conditions expérimentales d' un immunodosage, les immunodosages de la théorie á la pratique, Editions de l' acomen. Lyon, France. 59-82.
- Broadway, J., Arendt, J. and Folkard, S. 1987. Bright light phase shifts the human melatonin rhythm during the antarctic winter. *Neurosci. Lett.* 79: 185-188.
- Chemineau, P., Normant, E., Ravault, J. P. and Thimonier, J. 1986. Induction and persistence of pituitary and ovarian activity in the out- of-season lactating dairy goat after a treatment combining a skeleton photoperiod, melatonin and the male effect. *J. Reprod. Fertil.* 78: 497-501.
- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., and Delgadillo, J. A. 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, J. C., Vigué, C., Morello, H., Zarazaga, L., and 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.*
- CENID – RASPA – INIFAP. 1997. Registros de esta institución.

- CONAGUA. 1997. Registros oficiales de esta dependencia.
- Delgadillo, J. A., and Chemineau, P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine goats by short photoperiodic cycles. *J. Reprod. Fertil.* 94: 45-55.
- Delgadillo, J. A., Leboeuf, B., and Chemineau, P. 1993. Maintenance of sperm production in bucks during a third year of short photoperiodic cycles. *Reprod. Nutr. Dev.* 33 (6): 609-617.
- Delgadillo, J. A., and Malpoux, B. 1996. Reproduction in goats in the tropics and subtropics. In VI International Conference on Goats. Beijing, China. 2: 785-793.
- Delgadillo, J. A., Malpoux, B., et Chemineau, P. 1997. La reproduction des caprins dans les zones tropicales et subtropicales. *INRA. Prod. Anim.* 10 (1): 33-41.
- Delgadillo, J. A., Canedo, G. A., Chemineau, P., Guillaume, D., and Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern México. *Theriogenology.* 52:727-737.
- Delgadillo, J. A., Carrillo, E., Morán, J., Duarte, G., Chemineau, P., and Malpoux B. 2001. Induction of sexual activity of male Creole goats in subtropical northern México using long days and melatonin. *J. Anim. Sci.* 79: 2245-2252.
- De la Torre, S. 2001. La disminución en la secreción de la 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 de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. México. 38 p.
- Duarte, G., Flores J. A., Delgadillo, J. A., and Malpoux, B. 1999. Influencia de factores no fotoperiódicos sobre la regulación estacional de la secreción de LH en las cabras Criollas. En: memorias del XLII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas. Zacatecas, México. Del 20 a 24 de Octubre. 023.
- Duarte, G. 2000. Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. 77 p.

- Ducker, M. J., Bowman, J. C., and Temple, A. 1973. The effect of constant photoperiod on the expression of estrus in the ewe. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 19: 143-150.
- Ebling, F. J. P., Lincoln, G. A., Wollnik, F., and Anderson, N. 1988. Effects of constant darkness and constant light in circadian organization and reproductive response in the ram. *J. Biol. Rhythm.* 3. (4): 365-384.
- Gebbie, F. E., Forsyth, I. A., and 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, R. L., Bittman, E. I., Foster, D. I., and Karsch, F. J. 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, B. J., and Scaramuzzi, R. J. 1995. Effect of season on LH secretion in ovariectomized Australian Cashmere does. *J. Reprod. Fertil.* 103: 349-356.
- Herbert, J., Stacy, P. M., and Thorpe, P. H. 1978. Recurrent breeding season in pinealectomized or optic nerve-sectioned ferrets. *J. Endocrinology.* 78: 389-397.
- Hirata, F., Hayaishi, O., Tokuyama, T. and Senoh, S. 1974. In vitro and in vivo formation of two new metabolites of melatonin. *J. Biol. Chemist.* 249: 1311-1313.
- Howles, C. M., Craigon, J., and Haynes, N. B. 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, F. J., Dierschke, D. J., Weick, R. F., Yamaji, T., Hotchkiss, J., and Knobil, E. 1973. Positive and negative feedback control by estrogen of luteizing hormone secretion in the Rhesus Monkey. *Endocrinology.* 92: 799-804.
- Karsch, F. J., Bittman, E. L., Foster, D. L., Goodman, R. L., Legan, S. J., and Robinson, J. E. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent. Prog. Horm. Res.* 40: 185-232.
- Karsch, F. J., Robinson, J. E., Woodfill, C. J. I., and Brown, M. B. 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.

- Klein, D. C. 1985. Photoneural regulation of the mammalian pineal gland. CIBA Foundation Symposia. 117: 38-56.
- Legan, S. J., and Karsch, F. J. 1980. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: Modulation of the negative feedback action of estradiol. Biol. Reprod. 23: 1061-1068.
- Lincoln, G. A. 1979. Photoperiodic control of seasonal breeding in the ram: participation of the cranial sympathetic nervous system. J. Endocrinology. 82: 135-147.
- Lincoln, G. A., and Short, R. V. 1980. Seasonal Breeding: Nature's contraceptive. Recent. Prog. Horm. Res. 36: 1-52.
- Malpoux, B., Robinson, J. E., Brown, M. B., and 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.
- Malpoux, B., Chemineau, P., Moenter, S. M., Wayne, N. L., Woodfill, C. J. I. and Karsch, F. J. 1988. Reproductive and refractoriness of the ewe to inhibitory photoperiod is not caused by alteration of the circadian secretion of melatonin. Neuroendocrinology. 48: 264-270.
- Malpoux, B., Robinson, J. E., Wayne, N. L. & Karsch, F. J. 1989. Regulation of the onset of the breeding season of the ewe: importance of long days and of an endogenous reproductive rhythm. J. Endocrinology. 122: 269-278.
- Malpoux, B., Agnès Daveau, Françoise Maurice, Veronique Gayard, and Jean-Claude Thiéry. 1993. Short-day effects of melatonin on luteinizing hormone secretion in the ewe: Evidence for central sites of action in the mediobasal hypothalamus. Biol. Reprod. 48: 752-760.
- Malpoux, B., Chemineau, P., and Pelletier, J. 1993. Melatonin and reproduction in sheep and goats. In "Melatonin: Biosynthesis, physiological effect, and clinical applications" Yu., H. S., Reiter, R. J. (Eds), CRC Press, Boca Raton, Florida. Pp. 253-287.
- Malpoux, B., Vigué, C., Skinner, D. C., Thiéry, J. C., Pelletier, J., Chemineau, P. 1996. Seasonal breeding in sheep. Mechanism of action of melatonin. Anim. Reprod. Sci. 42: 109-117.
- Malpoux, B., Vigué, C., Skinner, D., Thiéry, J. C., and Chemineau, P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. Brain. Res. Bull. 44 (4): 431-438.

- Malpaux, B., Thiéry, J. C., and Chemineau, P. 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 39: 355-366.
- Mauléon, P., et Rougeot, J. 1962. Régulation des saisons sexuelles chez de brebis de races différents au moyen de divers rythmes chez de brebis de races différents au moyen de divers rythmes lumineux. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 2:209-222.
- Morgan, P. J., and Mercer, J. G. 1994. Control of seasonality by melatonin. *Proc. Nut. Soc.* 53: 483-493.
- Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J. P., Thimonier, J., and 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.
- Witt-Enderby, P. A., and Li, Pui-Kai. 2000. Melatonin receptors and ligands. *Vitamins and hormones.* 58: 321-329.
- Paterson, A. M. and Foldes, A. 1994. Melatonin and farm animals; endogenous rhythms and exogenous applications. *J. Pineal. Res.* 16: 167-177.
- Ravault, J. P., and Chesneau, D. 1999. The onset of increased melatonin secretion after of darkness in sheep depends on the photoperiod. *J. Pineal. Res.* 27: 1-8.
- Reiter, R. J. 1981. The mammalian pineal gland: structure and function. *Am. J. Anatomie.* 162: 287-313.
- Restall, B. J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27: 305-318.
- Robinson, J. E., and Karsch, F. J. 1984. Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.* 31: 656-663.
- Robinson, J. E., Wayne, N. L., and Karsch, F. J. 1985. Refractoriness to inhibitory daylength initiates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.* 32: 1024-1030.
- Rollag, M. D., and Niswender, G. D. 1976. Radioimmunoassay of serum concentrations of melatonin in sheep exposed to different lighting regimens. *Endocrinology.* 98: 482-489.
- Santa María, A., Cox, J., Muñoz, E., Rodríguez, R., y Caldera, L. 1990. Estudio del ciclo sexual, estacionalidad reproductiva y control del

- estrogen en la cabra Criolla en Chile. In: *Livestock Reproduction in Latin America*. International Atomic Energy Agency, Vienna. 363-385.
- Schmidt, R. L. 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, Francia. 112 p.
- Thimonier, J., Ravault, J. P., and Ortavant, R. 1978. Plasma prolactin variations and cyclic ovarian activity in ewes submitted to different light regimens. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 18: 1229-1235.
- Van Camp, G., Ravault, J. P., Falcon, J., Collin, J. P. and Voisin, P. 1991. Regulation of melatonin release and N-acetyl transferase activity in ovine pineal cells. *J. Neuroendocrinology.* 3: 477-481.
- Viguié, C., Caraty, A., Locatelli, A., and Malpoux, B. 1995. Regulation of LHRH secretion by melatonin in the ewe. Simultaneous delayed increase in LHRH and LH pulsatile secretion. *Biol. Reprod.* 52: 1114-1120.
- Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J., Norton, B. W., Scaramuzzi, B. W., and Martin, G. B. 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., and 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., Haresing, W., Dodson, S., McLeod, B. J., Foxcroft, G. R., and 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.
- Yu, H. S., Tsin, A. T. C., and Reiter, R. J. 1993. Melatonin: History, Biosynthesis, and Assay Methodology. In: *Melatonin: Biosynthesis, physiological effects, and clinical applications*. Yu., H. S., Reiter, R. J. (Eds), CRC Press, Boca Raton, Florida. Pp. 21-16.