

01682



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA Y EFECTO
DEL FOTOPERIODO SOBRE LA ACTIVIDAD
OVULATORIA DE LAS HEMBRAS CAPRINAS
CRIOLLAS DE LA COMARCA LAGUNERA

TESIS

para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS

presentada por:

GERARDO DUARTE MORENO

Directores de Tesis: DR. JOSE ALBERTO DELGADILLO SANCHEZ
DR. BONOIT MALPAUX



México, D. F.

2000

279507



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por su apoyo para la realización del doctorado.

Al laboratorio de fisiología de los mamíferos domésticos del Instituto Nacional de Investigación Agronómica (PRMD) INRA de Nouzilly, Francia.

Al proyecto del programa de cooperación entre México (SEP-CONACYT-ANUIES) y Francia (ECOS M95-B05).

A mis padres, por todo lo que representan, María del Carmen y Roberto.

A mi esposa e hijos por su amor y apoyo, Silvia, Ana Gabriela y Gerardo Alberto.

A mis hermanos, Roberto, Braulio, Luisa, Fernando, Anavelina, Francisco, Judith, Diana y Guillermo.

A mis asesores y consejeros por su apoyo, paciencia y conocimientos, José Alberto, Benoît y Philippe.

Al comité tutorial:

Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Dr. Benoît Malpaux

Dr. Luis Zarco Quintero

Dr. Javier Valencia Méndez

Dra. Rosa Páramo Ramírez

Dr. Pedro Ochoa Galván

Dr. Roque Gonzalo Ramírez Lozano

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que la presente tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

A handwritten signature in black ink, reading "Gerardo Duarte Moreno". The signature is written in a cursive style with a large initial "G".

Gerardo Duarte Moreno

Lista de contenido

<i>Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera</i>	VIII
Resumen	VIII
Summary	X
<i>Capítulo 1. Introducción general</i>	1
1.1. Justificación	3
1.2. Bibliografía	5
<i>Capítulo 2. Revisión bibliográfica</i>	7
2.1. Actividad reproductiva de los pequeños rumiantes originarios de zonas templadas ...	7
2.2. Control fotoperiódico de la actividad reproductiva	7
2.3. Vías fotoneuroendócrinas.....	8
2.4. Mecanismos de acción del fotoperiodo.....	9
2.5. Actividad reproductiva de los ovinos y caprinos originarios de zonas tropicales.....	11
2.6. Actividad reproductiva de los ovinos y caprinos originarios o adaptados a las zonas subtropicales	14
2.7. Bibliografía	17
<i>Capítulo 3. Variaciones estacionales en la actividad sexual y neuroendócrina de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera.</i>	23
3.1. Resumen.....	23
3.2. Introducción	24
3.3. Materiales y métodos.....	26
3.4. Resultados.....	32
3.5. Discusión.....	44
3.6. Bibliografía	47
<i>Capítulo 4. Efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera</i>	51
4.1. Resumen.....	51
4.2. Introducción	52
4.3. Materiales y métodos.....	52
4.4. Resultados.....	56
4.5. Discusión.....	67
4.6. Bibliografía	70

Capítulo 5. Discusión general.....	73
5.1. Bibliografía.....	77

Lista de cuadros

3.4.1. Fechas promedio (\pm eem) del inicio y final de las actividades estral y ovulatoria de las cabras Criollas de la Comarca Lagunera mantenidas en estabulación bajo las variaciones estacionales del fotoperiodo y la temperatura de esta Comarca de enero de 1995 a abril 1997.....	40
3.4.2. Frecuencia en número y porcentaje de ovulaciones y estros, ovulaciones asociadas con estro, ovulaciones sin estro y ciclos estrales cortos (<17 días), normales (17-25 días) y largos (>25 días) en cabras Criollas de la Comarca Lagunera mantenidas en estabulación.....	41
3.4.3. Fechas promedio (\pm eem) del inicio y final de la actividad ovárica de las cabras intactas y actividad neuroendócrina (secreción de LH) de las cabras OVX+E mantenidas en estabulación y en condiciones extensivas de enero de 1995 a abril de1997.....	42
3.4.4. Duración promedio (\pm eem días) de la actividad e inactividad ovárica de las cabras intactas y neuroendócrina (LH) de las cabras OVX+E en estabulación y en sistema extensivo de enero de 1995 a abril de1997.	43
4.4.1. Intervalo promedio \pm eem (días) entre la transferencia de días largos a días cortos y el inicio de la actividad ovulatoria.....	64
4.4.2. Intervalo promedio \pm eem (días) entre la transferencia de días cortos a días largos y la terminación de la actividad ovulatoria.....	65
4.4.3. Duración promedio \pm eem (días) de la actividad ovulatoria en cabras con tratamientos fotoperiódicos alternos de 90 días cortos (10 h luz-14 h oscuridad) y 90 días largos (14 h luz-10 h oscuridad).....	66

Lista de figuras

3.3.1.	Temperaturas máxima y mínima registradas semanalmente en la Comarca Lagunera (26° N) de enero de 1995 a abril de 1997.....	36
3.4.1.	Evolución del peso corporal de cabras intactas y OVX+E en estabulación y de cabras OVX+E en sistema extensivo.....	37
3.4.2.	Actividad luteal individual de las cabras testigo bajo el fotoperiodo y la temperatura de la Comarca Lagunera.....	38
3.4.3.	Actividad sexual (estral y ovulatoria) de cabras intactas en sistema intensivo (a); Actividad neuroendócrina de cabras OVX+E en sistema intensivo y extensivo, Hormona Luteinizante (b) y Prolactina (c), bajo la temperatura y el fotoperiodo naturales de la Comarca Lagunera (26° N).....	39
4.3.1.	Diseño experimental, fotoperiodo natural que perciben las cabras testigo (a), protocolo de tratamientos fotoperiódicos alternos cada 90 días, un grupo de cabras inicia con días largos de 14 horas luz-10 horas de oscuridad (b), y otro grupo inicia con días cortos de 10 horas luz-14 horas de oscuridad (c) de marzo de 1996 a febrero de 1998.....	59
4.4.1.	Evolución del peso corporal promedio (\pm eem) de las cabras intactas mantenidas en fotoperiodo y temperatura naturales de la Comarca Lagunera a 26° latitud norte (a); y de las cabras en fotoperiodos alternos cada 90 días de días largos y cortos. Un grupo inició con días largos (b) y otro grupo inició con días cortos (c).....	60
4.4.2	Actividad luteal individual de las cabras testigo con fotoperiodo y temperatura natural (a), y de las cabras con tratamientos fotoperiódicos que iniciaron con días largos (b) y con días cortos (c).....	61
4.4.3.	Actividad ovulatoria de cabras en fotoperiodo natural (a), y en cámaras de fotoperiodo artificial (b y c) con cambios abruptos de 90 días cortos (10 h luz-14 h oscuridad, área oscura) y 90 días largos (14 h luz-10 h oscuridad, área clara).....	62
4.4.4.	Temperatura ambiente promedio y actividad ovulatoria de las cabras en fotoperiodo natural (a), y en cámaras de fotoperiodo artificial (b y c) con cambios abruptos de días cortos (10 h luz-14 h oscuridad) y días largos (14 h luz-10 h oscuridad) cada 90 días.....	63

Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera

Resumen

Se efectuaron dos estudios para determinar la estacionalidad reproductiva y la influencia del fotoperiodo en las cabras Criollas de la Comarca Lagunera (26° Norte). El primer estudio se realizó del primero de enero de 1995 al primero de mayo de 1997. El objetivo fue determinar la actividad sexual (estro y ovulación) y neuroendócrina (secreción de LH y prolactina) anual de las hembras caprinas Criollas y el efecto del sistema de explotación (intensivo y extensivo) sobre estas actividades. Las cabras fueron distribuidas en 3 grupos que fueron sometidos a las variaciones naturales de la temperatura y del fotoperiodo. El grupo 1 (n=7) constó de cabras intactas en estabulación; el grupo 2 (n=12) de cabras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E) en estabulación, ambos grupos fueron mantenidos constantemente en un plano nutricional adecuado; y el grupo 3 (n= 10) fue integrado con cabras OVX+E en condiciones extensivas expuestas a fluctuaciones naturales en la disponibilidad de alimento. Las cabras intactas manifestaron cada año alternancias de periodos de actividad e inactividad estral y ovulatoria. El final e inicio de la actividad sexual (estro y ovulación) se produjeron en promedio el 18 de enero (± 8 días) y el 11 de septiembre (± 5 días), respectivamente. La concentración plasmática de la LH de las cabras OVX+E en estabulación y en condiciones extensivas presentó variaciones estacionales, existiendo un efecto del tiempo sobre la secreción de LH ($P<0.0001$) y una interacción grupo*tiempo del experimento ($P<0.0001$). En el grupo de cabras en condiciones extensivas, el final de los 3 periodos de actividad neuroendócrina se produjo, en promedio, un mes antes que en el grupo de cabras mantenidas en estabulación ($P<0.05$). Se concluye que la estacionalidad reproductiva de las cabras de la Región Lagunera no es provocada por los cambios en el nivel y calidad de la alimentación. Las variaciones estacionales de la reproducción posiblemente estén controladas por el fotoperiodo.

El segundo experimento se realizó del primero de marzo de 1996 al 28 de febrero de 1998. El objetivo fue determinar el efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las cabras. Se utilizaron 28 cabras Criollas intactas distribuidas en 3 grupos. El grupo testigo (n=12) se mantuvo en estabulación, y fue sometido a las variaciones naturales de la temperatura y fotoperiodo de la región. Dos grupos experimentales (n=8, c/u) fueron alojados en habitaciones fotoperiódicas y expuestos a las variaciones naturales de temperatura, y sometidos a cambios abruptos de 3 meses de días largos (14 h de luz/día) seguidos de 3 meses de días cortos (10 h de luz/día). Un grupo inició con días largos (GDL) y otro con días cortos (GDC). La actividad ovulatoria de las cabras testigo presentó variaciones estacionales. Esta actividad inició y terminó el 10 de septiembre (± 5 días) y el 16 de febrero (± 4 días), respectivamente. La duración promedio anual de la actividad ovulatoria fue de 150 ± 7 días. El anestro entre las 2 estaciones duró 181 ± 6 días. En los grupos tratados, la actividad ovárica fue modificada por los tratamientos fotoperiódicos. En el GDL el intervalo al inicio de la actividad ovulatoria después de pasar de días largos a cortos, fue en promedio 67 ± 2 días, mientras que el final de la

actividad ovulatoria se produjo 19 ± 3 días después de pasar de días cortos a largos. La duración promedio de esta actividad fue de 44 ± 6 días. No se observó ninguna diferencia en la duración de la actividad ovulatoria entre los ciclos registrados en este grupo. En el GDC el intervalo al inicio de la actividad ovulatoria después de pasar de días largos a cortos, fue similar al del grupo anterior, pues duró 66 ± 2 días. El intervalo al final de la actividad ovulatoria después de pasar de días cortos a largos, fue de 29 ± 3 días. La duración del segundo período de actividad ovulatoria fue más corta (62 ± 4 días) que el primero (89 ± 4 días) y tercer (84 ± 9 días) período ($p < 0.05$). El resultado de la correlación indicó que no existe relación alguna entre la temperatura y el inicio de la actividad ovulatoria de las cabras en tratamientos fotoperiódicos ($P > 0.05$). En la correlación entre la temperatura y el final de la actividad ovulatoria el análisis indicó que existe relación entre estos dos parámetros ($P < 0.001$). Se concluye que el fotoperiodo es el principal factor del medio ambiente que sincroniza la reproducción estacional en las cabras Criollas de la Comarca Lagunera.

Palabras clave: estacionalidad, actividad reproductiva, fotoperiodo, hormona luteinizante, progesterona, prolactina.

Summary

Photoperiod effect in reproductive activity of Criollo goats from Comarca Lagunera (26° N)

Two studies were carried out in order to determine the seasonality of ovarian activity and the effects of photoperiod on this activity in Creole goats of the Comarca Lagunera (26° North). The objective of the first study was to characterize and compare the seasonal variations in estrus expression, ovulation, LH secretion and prolactin secretion in Creole goats kept under intensive or extensive production systems. The goats were divided in 3 groups and subjected to the natural variations of temperature and photoperiod. The first group was conformed by 7 intact goats that were kept under intensive management conditions, and they were feed the same quantity and quality of food throughout the study. The second group was formed by 12 ovariectomized goats implanted whit estradiol (OVX + E) that were kept under intensive management. The third group was integrated whit 10 OVX + E goats kept on extensive management conditions. The intact goats displayed seasonal variations of estrous and ovulatory activity. The end and onset of the sexual activity occurred on average on January 18 (± 8 days) and September 11 (± 5 days), respectively. The LH plasma concentrations of OVX+ E goats in intensive and extensive conditions showed seasonal variations, expressed as an effect of time ($P < 0.0001$) and of an the interaction group*time ($P < 0.0001$). In goats in extensive conditions, the end of the 3 periods of neuroendocrine activity occurred on the average one month before those of goats maintained in intensive conditions ($P < 0.05$). These results show that the seasonal breeding activity of the goats of the Comarca Lagunera is not caused by changes in the level and quality of nutrition. Thus, the seasonal variations of the reproduction may be controlled by photoperiod.

The objective of the second experiment was to determine the effect of photoperiodo on reproductive activity of the goats. Twenty eight intact Creole goats were distributed in to 3 groups. The control group ($n = 12$) was kept in intensive conditions, and subjected to the natural variations of temperature and photoperiod of the region. Two experimental groups were housed in photoperiodic rooms and exposed to the natural variations of temperature and subjected to alternate exposure to 3 months of long days (14 h of light/ day) and 3 months of short days (10 h of light/ day). One of these groups started with long days (LDG; $n = 8$) and the other one with short days (SDG; $n = 8$). The three groups were maintained on constant nutritional levels throughout the year. The ovulatory activity of the control goats showed seasonal variations. This activity began and finished on September 10 (± 5 days) and February 16 (± 4 days), respectively. The duration of the ovulatory activity was 150 ± 7 days. The anovulatory period between the 2 ovulatory periods lasted 181 ± 6 days. In the experimental groups, the ovarian activity was modified by the light treatments. In the LDG the interval between the change from long to short photoperiod and the beginning of ovulatory activity, was on average 67 ± 2 days, while the interval between the first exposure to long days and the end of the ovulatory activity, was on average 19 ± 3 days. The duration of ovulatory activity was 44 ± 6 days. No difference in the duration of the ovulatory activity was registered between the 3 periods of ovulatory activity registered in

this group. In the SDG, the interval from exposure to short days to the beginning of the ovulatory activity was similar to that in the previous group, and lasted 66 ± 2 days. The interval from exposure to long days to the end of ovulatory activity, was 29 ± 3 days. The duration of the second period of ovulatory activity was shorter (62 ± 4 days) than the first (89 ± 4 days) and third (84 ± 9 days) periods ($p < 0.05$). No correlation was found between temperature and the beginning of ovulatory activity of the goats kept on light treatments ($P > 0.05$), but there is a relation between temperature and the end of ovulatory activity ($P < 0.001$). These results show that the goats are sensitive to photoperiod and this is the principal factor of the environment timing the seasonal reproduction in Creole goats of the north of México.

Key Words: seasonality, ovulatory activity, photoperiod, Luteinizing hormone, progesterone, prolactin.

1. Introducción general

La estacionalidad reproductiva es un fenómeno fisiológico adaptativo utilizado por muchos animales silvestres para enfrentar los cambios estacionales de las condiciones climáticas, para que los partos ocurran durante el período del año más favorable para la sobrevivencia de las crías. La domesticación ha conducido a una pérdida casi completa de esta adaptación en bovinos y porcinos, pero ha sido retenida en muchas razas de ovinos, caprinos y equinos originarios de climas templados (Malpaux *et al.*, 1996). Esta estacionalidad reproductiva se debe principalmente a las variaciones del fotoperiodo, el cual sincroniza un ritmo endógeno de reproducción (Karsch *et al.*, 1984, 1989). En efecto, las razas de ovinos y caprinos originarias de zonas templadas, en donde las variaciones anuales en la longitud del fotoperiodo son grandes, muestran marcadas variaciones estacionales en la actividad reproductiva (Ortavant *et al.*, 1985). Generalmente en este tipo de ovejas y cabras, la estación reproductiva se inicia a finales del verano o principios de otoño, cuando el fotoperiodo se está acortando, y termina durante el invierno, cuando el fotoperiodo se está alargando (Hafez, 1952; Ortavant *et al.*, 1985).

En las zonas tropicales, en donde las variaciones fotoperiódicas son menos marcadas que las observadas en las zonas templadas, se ha reportado que la gran mayoría de las razas locales tienen el potencial de reproducirse durante todo el año, aunque algunas presentan una disminución de la actividad reproductiva en diferentes períodos del año (Chemineau *et al.*, 1995; Delgadillo y Malpaux, 1996). Sin embargo, generalmente se ha considerado que en las regiones tropicales la alimentación es el principal factor responsable de los períodos de anestro y anovulación de las cabras locales de estas latitudes, ya que en las hembras subalimentadas existen estos períodos de anestro y anovulación. Sin embargo, Valencia *et al.* (1990) demostraron que en la cabra Criolla en el trópico de México existe un anestro estacional de 2 o 3 meses durante la primavera, a pesar de que los animales fueron mantenidos en un plano nutricional adecuado durante el período de estudio. Estos autores sugieren que la estacionalidad reproductiva en la cabra Criolla de México se debe a otros factores del medio ambiente, posiblemente el fotoperiodo.

En los caprinos originarios o adaptados a las zonas subtropicales, la actividad reproductiva no ha sido ampliamente estudiada como en las razas originarias de las zonas templadas. Sin embargo, se ha demostrado que en algunas razas existen variaciones estacionales de la actividad reproductiva, semejantes en ocasiones a las reportadas en las razas originarias de zonas templadas (Santa María *et al.*, 1990; Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo y Malpoux, 1996; Delgadillo *et al.*, 1999).

En Australia (29° latitud sur), el peso testicular de los machos cabríos de la raza Cashmere presenta variaciones estacionales de gran amplitud. El peso menor es observado durante la primavera y el máximo durante el otoño (Walkden-Brown *et al.*, 1994). En el norte de México (26° latitud norte), los machos cabríos locales presentan también variaciones estacionales de la libido, del peso testicular y de la producción espermática (Delgadillo *et al.*, 1999). En estos machos el período de actividad reproductiva se desarrolla de mayo a diciembre.

En las hembras originarias de estas latitudes subtropicales, también se ha reportado la existencia de períodos de actividad e inactividad sexual. En Chile (33° latitud sur), el período de actividad sexual de las cabras de esta localidad se presenta de febrero a octubre (otoño-invierno), mientras que el período de anestro o reposo sexual, ocurre de noviembre a enero (primavera-verano; Santa María *et al.*, 1990). En las hembras caprinas de la raza Cashmere en Australia, se han observado también modificaciones de la actividad sexual. Al respecto, las investigaciones realizadas por Restall (1992) reportan que en dichas hembras la época de actividad estral se presenta de febrero a agosto (otoño-invierno), y el período de reposo o anestro, de septiembre a enero (primavera-verano). Las hembras ovariectomizadas de esta misma raza y portadoras de un implante subcutáneo de estradiol manifiestan marcadas variaciones estacionales en los niveles plasmáticos de LH (Restall, 1992; Henniawati *et al.*, 1995). En estas hembras el incremento de la concentración plasmática de LH coincide con el período de actividad reproductiva de las hembras intactas.

En las cabras del norte de México la época de reposo sexual ocurre en los meses de la primavera, y la actividad sexual comienza a normalizarse a partir del mes de agosto (verano) (Carrera y Butterworth, 1968). Las cabras criollas muestran una interrupción de los estros durante los meses de abril a junio (Gutiérrez, 1979). En otro estudio efectuado en Chihuahua por Benavides (1984) con cabras criollas, la actividad estral inició en el mes de julio, con un 47 % de hembras en actividad. Entre agosto y enero el 100% de las cabras presentaron actividad estral, disminuyendo en enero. En febrero fue de un 58% y marzo 11.8 %. De abril a junio, la actividad estral cesó por completo.

1.1. Justificación

En el subtrópico Mexicano, y en particular en la Comarca Lagunera (26° latitud norte) las cabras explotadas de manera extensiva manifiestan un anestro de marzo a mayo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Este anestro coincide con la época de sequía, y por tanto, con una baja disponibilidad alimenticia para los animales. Por ello, Sáenz-Escárcega *et al.* (1991) sugirieron que la subalimentación era el factor responsable del anestro antes mencionado. Sin embargo, el inicio del anestro coincide también con el período de lactancia y con una intensa relación madre-cría, pues el 80 % de los partos ocurre de noviembre a febrero, por lo que podría estar relacionado con un anestro lactacional. Asimismo, este anestro coincide con el incremento de la duración del día. Estos factores podrían, por sí solos, ser los responsables del anestro antes mencionado (McNeilly *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 1998; Malpaux *et al.*, 1999). Delgadillo *et al.* (1999) encontraron que las variaciones estacionales en la capacidad reproductiva de los machos Criollos son independientes de la disponibilidad de alimento. Sin embargo, a la fecha no han sido publicados estudios en los que se evalúe directamente la influencia del fotoperiodo sobre la actividad reproductiva de las cabras Criollas, ni se ha caracterizado la secreción de hormonas hipofisarias en diferentes épocas del año.

Por lo tanto, los objetivos del presente trabajo son:

- 1).-Determinar la actividad sexual (estro y ovulación) y neuroendócrina (secreción de LH y prolactina) anual de las cabras criollas de la Comarca Lagunera, así como el efecto del sistema de explotación (intensivo y extensivo) sobre estas actividades.**

- 2).-Determinar el efecto del fotoperiodo sobre la actividad reproductiva de las cabras criollas de la Comarca Lagunera.**

1.2. Bibliografía

Benavides J., Espinoza F., Valencia J., Vega JR. y Levario MA. Comportamiento reproductivo de un hato caprino en la parte central del Estado de Chihuahua. *Prod. Anim. en Zonas Aridas*. 1984; 5: 1-7.

Carrera C. and Butterworth MH. Preliminary studies on the oestrus cycle in goats. *Proc. 2nd. Wld. Conf. Anim. Prod. College Park, Md.* 1968; 368-369.

Chemineau P., Malpoux B., Thiéry JC., Vigué C., Morello H., Zarazaga L. and Pelletier J. 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, 1995.*

Delgadillo JA. and Malpoux B. Reproduction in goats in the tropics and subtropics. In VI International Conference on Goats. Beijing, China. 1996, Vol 2, pp: 785-793.

Delgadillo JA., Flores JA., Villarreal O., Flores MJ., Hoyos G., Chemineau P. and Malpoux B. Length of postpartum anestrus in goats in subtropical México: Effect of season of parturition and duration of nursing. *Theriogenology*. 1998; 49: 1209-1218.

Delgadillo JA., Canedo GA., Chemineau P. and Malpoux B. Evidence for an annual rhythm of reproduction independent of food availability in Creole male goats of subtropical Northern México. *Theriogenology*. 1999, 52 (4): 727-737.

Gutiérrez J. Comportamiento y eficiencia reproductiva en cabras de la región central del estado de Chihuahua. *Centro de Investigación y Fomento Pecuario. Univ. Autónoma de Chihuahua, México, (17) 1979.*

Hafez ESE. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *J. Agric. Sci. Cambridge*. 1952; 42: 189-265.

Henniawati, Restall BJ. and Scaramuzzi RJ. Effect of season on LH secretion in ovariectomized Australian Cashmere does. *J. Reprod. Fertil.* 1995; 103: 349-356.

Karsch FJ., Bittman EL., Foster DL., Goodman RL., Legan SJ. and Robinson JE. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Rec. Prog. Horm. Res.* 1984; 40: 185-232.

Karsch FJ., Robinson JE., Woodfill CJI. and Brown MB. 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.* 1989; 41: 1034-1046.

Malpaux B., Vigué C., Skinner DC., Thiéry JC., Pelletier J. and Chemineau P. Seasonal breeding in sheep: Mechanism of action of melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 1996; 42: 109-117.

Malpaux B., Thiéry JC. and Chemineau P. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 1999; 39 (3): 355-366.

McNeilly AS., Tay CC. and Glasier A. Physiological mechanisms underlying lactational amenorrhea. *Ann. NY Acad. Sci.* 1994; 18; 709: 145-155.

Ortavant R., Pelletier J., Ravault JP., Thimonier J. and Volland-Nail P. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm animals. *Oxford Rev. Reprod. Biol.* 1985; 7: 305-345.

Restall BJ. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 1992; 27: 305-318.

Sáenz-Escárcega P., Hoyos FG., Salinas GH., Espinoza AJ., Guerrero BA y Contreras GE. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. INIFAP-CIID. Matamoros, Coahuila, México. 1991; pp. 24-34.

Santa María A., Cox J., Muñoz E., Rodríguez R. y Caldera L. 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. 1990; 363-385.

Valencia J., Zarco L. Ducoing A., Murcia C. and Navarro H. Breeding season of criollo and Granadina goats under constant nutritional level in the Mexican highlands. In: *Livestock Reproduction. in: Latin America*. International Atomic Energy Agency, Vienna. 1990; 321-333.

Walkden-Brown., Restall BJ., Norton BW., Scaramuzzi BW. and Martin GB. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odor in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fert.* 1994; 102: 351-360.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Actividad reproductiva de los pequeños rumiantes originarios de zonas templadas

Los pequeños rumiantes originarios de las zonas templadas, como los ovinos y los caprinos, han desarrollado una estrategia reproductiva con la finalidad de que los partos ocurran durante la primavera, cuando las condiciones climáticas son favorables para la sobrevivencia de las crías (Ortavant *et al.*, 1985). En los machos de estas 2 especies, la actividad reproductiva varía profundamente a lo largo del año. Así, en los machos ovinos de la raza Ile-de-France y en los machos cabríos de las razas Alpina y Saanen, la libido, la talla testicular y la producción espermática, son más elevadas durante el período de actividad (otoño-invierno) que durante el período de reposo sexual (primavera-verano) (Pelletier, 1971; Delgadillo *et al.*, 1991; Delgadillo y Chemineau, 1992). En las hembras la estacionalidad reproductiva se traduce en períodos de actividad reproductiva y de anestro. En las cabras de la raza Alpina, por ejemplo, la estación reproductiva se caracteriza, en ausencia de gestación, por la presentación de estros acompañados 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). En los pequeños rumiantes originarios de regiones templadas, la actividad reproductiva se desarrolla durante los días cortos del otoño y el invierno, mientras que el 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). Esta estacionalidad reproductiva es controlada principalmente por las variaciones del fotoperiodo (Malpoux *et al.*, 1999).

2.2. Control fotoperiódico de la actividad reproductiva

En los pequeños rumiantes originarios de zonas templadas, el ciclo anual de reproducción observado en condiciones naturales puede ser alterado al modificar solamente el fotoperiodo. Así, la inversión del ciclo fotoperiódico anual, sin ningún cambio en otros factores ambientales, provoca la inversión del ciclo anual de reproducción en ambos sexos (hembras: Yeates, 1949; Thwaites, 1965; machos: Alberio y Colas, 1976). Asimismo, la

utilización de ritmos fotoperiódicos que reproducen en 6 meses las variaciones anuales en la longitud del día, permite obtener 2 estaciones reproductivas por año tanto en machos como en hembras (Mauléon y Rougeot, 1962; Lindsay *et al.*, 1984). Finalmente, la alternancia de días largos (16 h luz y 8 h oscuridad: 16 L:8 O) y días cortos (8 L:16 O) cada 90 días, induce una actividad reproductiva que inicia durante los días cortos y termina durante los días largos (Legan y Karsch, 1980; Lincoln *et al.*, 1989).

Estos experimentos demuestran que las variaciones fotoperiódicas modifican profundamente la actividad reproductiva tanto en los machos como en las hembras. Los otros factores del medio ambiente como la temperatura (Legan y Karsch, 1980), las relaciones sociales (Restall, 1992) y la nutrición (Walkden-Brown *et al.*, 1994) son solamente moduladores de la actividad reproductiva de estas especies (Chemineau, 1993 b).

2.3. Vías fotoneuroendócrinas

En los mamíferos, la información fotoperiódica es recibida por la retina y transmitida a la glándula pineal en varias etapas (Malpaux *et al.*, 1997). La importancia de los receptores de la retina en el control fotoperiódico de la reproducción ha sido demostrada en el hamster (Hoffman y Reiter, 1965), en el hurón (Herbert *et al.*, 1978), y en la oveja (Legan y Karsch, 1983). La enucleación ocular hace a las ovejas insensibles a la acción del fotoperiodo sobre la secreción de LH. Esto permite sugerir que los mamíferos necesitan de la visión para transmitir la información fotoperiódica del ambiente al sistema nervioso central, y que la vía de transmisión en la oveja, especie de reproducción de días cortos, es esencialmente similar a la del hamster, animal de reproducción en días largos.

De la retina, la información es transferida al núcleo supraquiasmático a través de la vía monosimpática 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. Esta glándula responde a los efectos del fotoperiodo secretando su

principal hormona, la melatonina mediante un ritmo día-noche bien definido. En ovinos y caprinos, los niveles plasmáticos diurnos son mínimos, generalmente indetectables (< 5pg/ml), mientras que los niveles nocturnos son elevados y varían de 100 a 500 pg/ml en los ovinos y de 50 a 150 pg/ml en los caprinos (Malpoux *et al.*, 1987; Delgadillo y Chemineau, 1992; Carrillo, 1997). Por ello, 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, a través de la secreción de la melatonina, regula la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas. Para efectuar esta regulación la melatonina actúa a nivel del hipotálamo medio-basal para controlar la secreción del GnRH, y en consecuencia, de la LH, que a su vez controla la actividad de las gónadas (Malpoux *et al.*, 1999).

2.4. Mecanismos de acción del fotoperiodo

El fotoperiodo modifica la secreción de la LH mediante 2 mecanismos complementarios: uno directo, independiente de los esteroides gonadales, y el otro indirecto, dependiente de los cambios de la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisiario a la retroacción negativa de los esteroides gonadales (Pelletier y Ortavant, 1975; Malpoux *et al.*, 1993).

Acción directa: En la oveja ovariectomizada, el intervalo entre los pulsos de LH varía de 70 min en julio (anestro) a 40 min en noviembre-diciembre (período de actividad reproductiva; Robinson *et al.*, 1985). Asimismo, el intervalo entre pulsos durante los primeros 2-3 meses siguientes a la castración es más corto si los ovarios son retirados en septiembre, al principio de la estación reproductiva, que si se retiran en marzo, al inicio del período de anestro (Montgomery *et al.*, 1985). Estas variaciones son controladas solamente por el fotoperiodo.

Acción indirecta a través de los cambios en la sensibilidad del eje hipotálamo-hipófisis a la retroacción negativa de los esteroides gonadales: El eje hipotálamo-hipofisiario controla el funcionamiento de las gónadas mediante la secreción de las gonadotropinas (FSH y LH). En cambio, los esteroides gonadales (testosterona en el macho y estradiol en la hembra), estimulan y/o inhiben la secreción de las gonadotropinas. En las hembras, por ejemplo, la acción estimulante del estradiol (retroacción positiva) se observa solamente al final de la fase folicular del ciclo estral, lo que permite la descarga pre-ovulatoria de la LH. El estradiol ejerce también una acción inhibitoria (retroacción negativa) sobre la secreción de la LH, lo que regula principalmente la pulsatilidad de esta hormona (Legan *et al.*, 1977; Mori *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1988).

Tanto en la hembra como en el macho la eliminación de los esteroides gonadales mediante la castración, provoca un aumento en la secreción de la LH (Schanbacher, 1980; Montgomery *et al.*, 1985). Este aumento en la secreción de LH en animales castrados se puede reducir mediante la administración del estradiol en la hembra o testosterona en el macho (Pelletier y Ortavant, 1975; Legan *et al.*, 1977; Goodman *et al.*, 1981; Martin *et al.*, 1983). En los machos castrados, la respuesta a la acción inhibitoria de los andrógenos varía con la duración del día (Pelletier y Ortavant, 1975). La disminución de la LH después de la aplicación intramuscular de una dosis de testosterona es más marcada si los animales se encuentran sometidos a días largos que si se encuentran sometidos a días cortos. Esto se debe a que durante los días largos, la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisiario a la retroacción negativa de la testosterona es fuerte, y por tanto, la secreción de LH disminuye. En cambio, durante los días cortos, esta sensibilidad disminuye, originando un incremento en la concentración plasmática de LH (Pelletier y Ortavant, 1975; Almeida y Pelletier, 1988).

En las hembras, el fotoperiodo modifica también la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisiario a la acción negativa de los esteroides (Legan y Karsch, 1980; Mori *et al.*, 1987). En las hembras ovinas castradas de la raza Suffolk, la inserción de un implante subcutáneo que libere niveles constantes de estradiol durante la estación reproductiva,

cuando hay una baja sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisiario a la retroacción negativa del estradiol, reduce la amplitud de los pulsos de LH, y aumenta ligeramente la frecuencia de los mismos (Legan *et al.*, 1977; Goodman *et al.*, 1982; Robinson *et al.*, 1985). En cambio, cuando el implante es insertado durante la estación de reposo sexual, disminuye considerablemente la frecuencia de los pulsos de LH y aumenta su amplitud, debido a que en ese momento existe una alta sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisiario a la retroacción negativa del estradiol (Goodman *et al.*, 1982; Robinson *et al.*, 1985).

En forma similar, en las hembras caprinas ovariectomizadas de la raza Saanen provistas de un implante de estradiol, la cantidad de pulsos de LH aumenta durante el período natural de reproducción de las hembras intactas, y disminuye cuando las hembras intactas dejan de ciclar (Chemineau *et al.*, 1988).

Una consecuencia importante de la diferencia en la frecuencia de pulsos de LH entre la estación reproductiva y el anestro, es la diferencia en los niveles plasmáticos promedio entre estas 2 estaciones (Legan *et al.*, 1977). En efecto, en las ovejas en las que los niveles plasmáticos del estradiol son mantenidos entre 3 y 5 pg/ml mediante un implante subcutáneo de este esteroide, los niveles de LH varían de 0.5 ng/ml (fuerte retroacción negativa del estradiol) durante el anestro a 10-20 ng/ml (débil retroacción negativa del estradiol) durante la estación reproductiva. Las transiciones entre los bajos y altos niveles de LH, coinciden perfectamente con los períodos de actividad ovulatoria y de anestro de las hembras intactas (Legan *et al.*, 1977).

2.5. Actividad reproductiva de los ovinos y caprinos originarios de zonas tropicales

En las zonas tropicales, en donde las variaciones fotoperiódicas son menos marcadas que las observadas en las zonas templadas, se ha reportado que la gran mayoría de las razas locales tienen la capacidad de reproducirse durante todo el año, aunque algunas presentan una disminución de la actividad reproductiva en diferentes períodos del año (Chemineau *et al.*, 1995; Delgadillo y Malpoux, 1996).

Los machos cabríos Criollos de la Isla de Guadalupe en el Caribe, no presentan variaciones estacionales en la libido, en el peso testicular ni en la producción espermática (Chemineau, 1993 a). De la misma manera, las hembras de esta región, en ausencia de gestación, presentan regularmente, y durante todo el año, una actividad estral y ovulatoria (Chemineau, 1993 a). En efecto, durante 9 meses del año, más del 90 % de las hembras manifiestan estro y ovulación al menos una vez al mes. Durante los otros 3 meses, la proporción de hembras que ovulan no es menor del 80 %. Observaciones similares han sido reportadas en las cabras locales de zonas tropicales en Malasia, Africa e India, en donde las hembras no gestantes manifiestan estros y ovulaciones durante todo el año (Devendra y Burns, 1970; Charray *et al.*, 1980; Gonzalez-Stagnaro, 1984; Sutherland, 1988).

En las regiones tropicales se ha considerado que la alimentación es el principal factor responsable de los períodos de anestro y anovulación de las hembras locales. En efecto, aunque estas razas tienen el potencial de reproducirse durante todo el año, éstas pueden exhibir importantes períodos de anestro y anovulación como consecuencia de una pobre alimentación. La pérdida de peso corporal, consecuencia de una mala alimentación, permite detectar períodos de anestro en las cabras locales de Malasia. Cuando el peso corporal empieza a mejorarse, las hembras presentan una irregular actividad reproductiva cada mes, con un alto porcentaje de ciclos cortos. Esta irregularidad desaparece completamente cuando las hembras alcanzan una buena condición corporal (Sutherland, 1988). Las cabras locales de Venezuela presentan 2 estaciones principales de actividad reproductiva bien definidas: una en mayo-junio y otra en agosto-septiembre (Gonzalez-Stagnaro y Madrid, 1982). Estos autores reportaron una alta variabilidad inter-año e intra-rebaño y una alta correlación entre el inicio de las lluvias y el de la actividad reproductiva. Estas observaciones sugieren también que la actividad reproductiva está ligada a la disponibilidad de alimento, y que puede existir un efecto de la lluvia sobre el inicio de la actividad reproductiva (García, 1981). En México se reportó que la reducción de la actividad reproductiva de enero a mayo en la oveja Pelibuey (Álvarez *et al.*, 1990; González *et al.*, 1992; Cruz *et al.*, 1994) se debía a situaciones de subalimentación. Sin embargo, esta disminución se ha observado también en hembras mantenidas en

alimentación constante durante 3 años (Valencia *et al.*, 1981; Heredia *et al.*, 1991). En estas condiciones, se produjo una disminución (15%) de la actividad estral desde fines de enero hasta fines de mayo, mientras que de agosto a diciembre, la actividad estral registrada fue del 90%. Las causas de la disminución de la actividad reproductiva en las hembras bien alimentadas son aún desconocidas.

En cabras criollas gestantes sacrificadas en México entre enero y diciembre, con base al desarrollo fetal se determinó el período de concepción, encontrándose que el mayor índice ocurrió entre los meses de mayo a octubre, con un máximo nivel en agosto y septiembre, siendo casi nulo en el resto de los meses. En las cabras no gestantes se determinó la presencia de cuerpos lúteos activos en los ovarios, encontrándose la mayor proporción de presencia de estos cuerpos en los meses de julio a diciembre, descendiendo de febrero a abril. Estos datos indican la existencia de una estacionalidad reproductiva en las cabras de México (Valencia *et al.*, 1986).

En el Estado de México, a 19° 15' latitud norte se estudió de noviembre a julio la actividad ovulatoria por medio de la determinación de progesterona plasmática en cabras criollas y de la raza Granadina, las cuales fueron alimentadas adecuadamente durante todo el año. Este estudio indicó que las cabras criollas presentaron un anestro estacional de 2 a 3 meses durante la primavera, difiriendo de lo observado en las cabras de la raza Granadina, las cuales mostraron una estacionalidad de la actividad ovulatoria más marcada. Algunas de estas cabras no mostraron ninguna actividad, y las que lo hicieron solo fue durante el principio y final del estudio. Estos autores sugieren que el anestro estacional en estas cabras es inducido por el fotoperiodo, pues fue observado durante los días crecientes de la primavera, y que la nutrición solo tiene un efecto modulador sobre la actividad ovulatoria (Valencia *et al.*, 1990). Sin embargo, no se han realizado estudios que demuestren directamente el efecto del fotoperiodo sobre la estacionalidad reproductiva de las cabras Criollas en México.

2.6. Actividad reproductiva de los ovinos y caprinos originarios o adaptados a las zonas subtropicales

En los caprinos originarios o adaptados a las zonas subtropicales, la actividad reproductiva no ha sido ampliamente estudiada como en las razas originarias de las zonas templadas. Sin embargo, se ha demostrado que en algunas razas existen variaciones estacionales de la actividad reproductiva semejantes, en ocasiones, a las reportadas en las razas originarias de zonas templadas (Santa María *et al.*, 1990; Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo y Malpoux, 1996; Delgadillo *et al.*, 1999).

En Australia (29° latitud sur), el peso testicular de los machos cabríos de la raza Cashmere presenta variaciones estacionales de gran amplitud. El peso menor es observado durante la primavera y el máximo durante el otoño (Walkden-Brown *et al.*, 1994). En el norte de México (26° latitud norte), los machos cabríos locales presentan también variaciones estacionales de la libido, del peso testicular y de la producción espermática (Delgadillo *et al.*, 1999). En estos machos el período de actividad reproductiva se desarrolla de mayo a diciembre.

En las hembras originarias de estas latitudes subtropicales, también se ha reportado la existencia de períodos de actividad e inactividad sexual. En Chile (33° latitud sur), el período de actividad sexual de las cabras de esta localidad se presenta de febrero a octubre (otoño-invierno), mientras que el período de anestro o reposo sexual, ocurre de noviembre a enero (primavera-verano; Santa María *et al.*, 1990). En las hembras caprinas de la raza Cashmere en Australia, se han observado también modificaciones de la actividad sexual. Al respecto, las investigaciones realizadas por Restall (1992) indican que en dichas hembras la época de actividad estral se presenta de febrero a agosto (otoño-invierno), y el período de reposo o anestro, de septiembre a enero (primavera-verano). Las hembras ovariectomizadas de esta misma raza y portadoras de un implante subcutáneo de estradiol, manifiestan marcadas variaciones estacionales en los niveles plasmáticos de LH (Restall, 1992; Henniawati *et al.*, 1995). En estas hembras el incremento de la concentración plasmática de LH coincide con el período de actividad reproductiva de las hembras intactas.

En las 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. Esta hipótesis fue probada en los machos cabríos de la raza Cashmere por el equipo de Walkden-Brown *et al.* (1994). Al respecto, ellos demostraron que el incremento del peso testicular y la secreción de la testosterona dependen principalmente de la cantidad y calidad de la alimentación que reciben los animales. En los animales subalimentados, la estación reproductiva inicia después que en los animales bien alimentados. En las hembras de esta misma raza mantenidas con una dieta adecuada y constante, mejora la manifestación de la actividad estral e incrementa la tasa ovulatoria (Restall, 1992; Martin y Walkden Brown, 1995).

Carrera y Buttherworth (1968) mencionan que en las cabras del norte de México, la época de reposo sexual ocurre en los meses de la primavera y que la actividad sexual comienza a normalizarse a partir del mes de agosto (verano). En Chihuahua a 28° latitud Norte, Gutiérrez (1979) y Benavides *et al.* (1984) encontraron en cabras criollas una interrupción en la presentación de estros durante los meses de abril a junio.

En Monterrey a 25° latitud norte, las cabras puras de la raza Nubia, con una alimentación adecuada, con lactancia de 2 a 2.5 meses y expuestas al macho posterior al destete, las concepciones son observadas durante todo el año, pero con distribuciones mensuales diferentes. Sin embargo, entre enero-abril se observa la más baja fertilidad, mientras que la mayor es observada de septiembre a noviembre que coincide con la estación de cabras lecheras de latitudes altas (Mellado *et al.*, 1991).

Sin embargo, los machos cabríos Criollos explotados en el subtrópico Mexicano (26° latitud norte) muestran también marcadas variaciones estacionales en su actividad sexual cuando son manejados tanto de manera intensiva y alimentados de manera adecuada, como extensiva y sometidos a variaciones importantes en la disponibilidad del alimento (Delgadillo *et al.*, 1997; Delgadillo *et al.*, 1999). Esto sugiere que otros factores diferentes a la disponibilidad alimenticia son responsables de la estacionalidad reproductiva. En efecto,

la manipulación del fotoperiodo modifica el ciclo anual de reproducción observado en condiciones naturales. Cuando los machos son sometidos a 3 meses de días largos (14 horas de luz por día) y 3 meses de días cortos (10 horas de luz por día), el peso testicular se incrementa a la mitad de los días largos y disminuye a la mitad de los días cortos (Cortez, 1997). De igual manera, los machos sometidos a 2.5 meses de días largos (16 h de luz por día) desde el 1 de noviembre, seguidos de la aplicación de 2 implantes subcutáneos de melatonina (hormona que da una señal de días cortos), manifiestan una intensa actividad reproductiva durante la primavera (Carrillo, 1997). Estos datos sugieren que los machos cabríos Criollos locales del subtrópico Mexicano son sensibles al fotoperiodo y que este factor puede estar involucrado en el control de la estacionalidad reproductiva.

En las hembras caprinas del subtrópico Mexicano manejadas extensivamente, y en particular las de la Comarca Lagunera (26° latitud norte), se ha reportado la existencia de un anestro estacional de marzo a mayo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Este anestro coincide con la época de sequía, y por tanto, con una baja disponibilidad alimenticia para los animales. Por ello, se sugirió que la subalimentación era el factor responsable del anestro antes mencionado. Sin embargo, el anestro coincide también con el período de lactancia y con una intensa relación madre-cría, pues el 80 % de los partos ocurre de noviembre a febrero. Asimismo, coincide con el incremento de la duración del día. Estos últimos factores podrían, por sí solos, provocar un anestro a principio del año (McNeilly *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 1998; Malpoux *et al.*, 1999).

2.7. Bibliografía

Álvarez JA., Rubio GI., Cruz LC. Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical: Boletín informativo 1989/90. Facultad de Medicina Veterinaria Y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 1990.

Alberio R. and Colas G. Influence of photoperiodism in the sexual development of the young Ile-de-France ram. Proc. XXIII th Int. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem. 12-16 July 1976. Krakow; Ill: 26-37.

Almeida G. and Pelletier J. Abolition of seasonal testis changes in the Ile-de-France ram by short light cycles: relationship to luteinizing hormone and testosterone release. Theriogenology. 1988; 29: 681-691.

Amoah EA., Gelaye S., Guthrie P., Rexroad C.E. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. J. Anim. Sci. 1996; 74: 723-728.

Arendt J. Melatonin and pineal gland: Influence on mammalian seasonal and circadian physiology. Reviews of Reproduction. 1998; 3: 13-22.

Benavides J., Espinoza F., Valencia J., Vega JR. y Levario MA. Comportamiento reproductivo de un hato caprino en la parte central del Estado de Chihuahua. Prod. Anim. en Zonas Áridas. 1984; 5: 1-7.

Carrera C. and Butterworth MH. Preliminary studies on the oestrus cycle in goats. Proc. 2nd. Wld. Conf. Anim. Prod. College Park, Md. 1968; 368-369.

Carrillo C. Mejoramiento de la actividad sexual de los machos cabríos criollos de la Comarca Lagunera a contra estación, mediante la utilización de luz artificial y la melatonina. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. 1997, pp 72.

Charray J., Columbo J., Haumesser JB., Planchenault D., Pugliese PL. et Provost A. Les petits ruminants d'Afrique Centrale et de l'Ouest. 1980. IEMVT/Ministère de la Coopération: Paris, France.

Chemineau P., Martin G.B., Saumande J. and Normant E. Seasonal and hormonal control of pulsatile LH secretion in the dairy goat (*Capra Hircus*). J. Reprod. Fert. 1988; 83: 91-98.

Chemineau P., Daveau A., Maurice F. and Delgadillo JA. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. Small Rumin. Res. 1992; 8: 299-312.

Chemineau P. Reproducción de las cabras originarias de las zonas tropicales. Rev. Latinoamericana. Peq. Ruminantes. 1993 a. 1 (1): 2-14.

Chemineau P. Medio ambiente y reproducción animal. Revista mundial de zootecnia.FAO. 1993/4 b; 77: 2-14.

Chemineau P., Malpaux B., Thiéry JC., Vigué C., Morello H., Zarazaga L. and Pelletier J. 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, 1995.*

Cortez, ME. Evidencia de que el fotoperíodo controla la actividad sexual de los machos cabríos criollos de la Comarca Lagunera. Teis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila. 1977.

Cruz LC., Fernández-Baca S., Álvarez LJA. y Péres RH. Variaciones estacionales en la presentación de ovulación, fertilización y sobrevivencia embrionaria de ovejas Tabasco en el trópico húmedo. *Vet. Méx.* 1994; 25: 23-27.

Delgadillo JA., Leboeuf B. and Chemineau P. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiod cycles. *Theriogenology* 1991; 36: 755-770.

Delgadillo JA. and Chemineau P. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats by short photoperiodics cycles. *J. Reprod. Fertil.* 1992; 94: 45-55.

Delgadillo JA., Leboeuf B. and Chemineau P. Maintenance of sperm production in bucks during a third year of short photoperiodic cycles. *Reprod. Nutr. Dev.* 1993; 33 (6): 609-617.

Delgadillo JA. and Malpaux B. Reproduction in goats in the tropics and subtropics. In VI International Conference on Goats. Beijing, China. 1996, Vol 2, pp: 785-793.

Delgadillo JA., Malpaux B. et Chemineau P. La reproduction des caprins dans les zones tropicales et subtropicales. *INRA Prod. Anim.* 1997; 10 (1): 33-41.

Delgadillo JA., Flores JA., Villarreal O., Flores MJ., Hoyos G., Chemineau P. and Malpaux B. Length of postpartum anestrus in goats in subtropical México: Effect of season of parturition and duration of nursing. *Theriogenology.* 1998; 49: 1209-1218.

Delgadillo JA., Canedo GA., Chemineau P. and Malpaux B. Evidence for an annual rhythm of reproduction independent of food availability in Creole male goats of subtropical Northern México. *Theriogenology.* 1999, 52 (4): 727-737.

Devendra C. and Burns M. Goat Production in the Tropics. Commonworlth. Bureau Animal Breed. Genet. (Eds) 1970. Techn. Comm. N° 19. R & R Clark Ltd. Einburgh.

García B.J.G. Genetic analysis of a crossbreeding experiment using improved dairy goat breeds and native goats in a dry tropical environment. Ph D. Thesis, 1981; University of California, Davis, USA.

González A., Murphy B.D., Foote W.C. and Ortega E. Circannual oestrus variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Rumin. Res.* 1992; 8: 225-232.

Gonzalez-Stagnaro C. Comportamiento reproductivo de las razas locales de rumiantes en el Trópico Americano. In: P. Chemineau, D. Gautier, J. Thimonier (eds). *Reproduction des ruminants en Zone tropicale*, June 8-10, Pointe a Pitre. Paris: Les Colloques de l'INRA, 1984: 1-83.

González-Stagnaro C. and Madrid N. Sexual season and oestrus cycle of native goats in a tropical zone of Venezuela. *Proceedings Third Int. Conf. on Goat Prod. and Disease*. 10-15 January, 1982. Tucson Arizona, USA, p: 311.

Goodman R.L., Legan S.J., Ryan K.D., Foster D.L. and Karsch F.J. Importance of variations in behavioral and feedback actions of oestradiol to the control of seasonal breeding in the ewe. *J. Endocr.* 1981; 89: 229-240.

Goodman R.L., Bittman E.L., Foster D.L. and Karsch F. Alteration in the control of luteinizing hormone pulse frequency underlie the seasonal variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biol. Reprod.* 1982; 27: 580-589.

Gutiérrez J. Comportamiento y eficiencia reproductiva en cabras de la región central del estado de Chihuahua. *Centro de Investigación y Fomento Pecuario. Univ. Autónoma de Chihuahua, México*, (17) 1979.

Henniawati, Restall B.J. and Scaramuzzi R. Effect of season on LH secretion in ovariectomized Australian cashmere does. *J. Reprod. Fert.* 1995; 103: 349-356

Herbert J., Stacy P.M., Thorpe P.H. Recurrent breeding seasons in pinealectomized or optic-nerve-sectioned ferrets. *J. Endocrinol.* 1978; 78: 389-397.

Heredia A., Velázquez M.A., Quintal F.J., Mex R.J. y Aragón G.A. Efecto de dos fuentes de alimentación sobre la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey. *Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaría*. 1991. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. Universidad Autónoma de Tamaulipas. pp 96.

Hoffman R.A. and Reiter R.J. Pineal gland: influence on gonads of male hamster. *Science*, 1965; 148: 1609-1611.

Karsch F.J., Bittman E.L., Foster D.L., Goodman R.L., Legan S.J., Robinson J.E. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Prog. Horm. Res.* 1984; 40: 185-232.

- Legan SJ., Karsch FJ. and Foster DL. The endocrine control of seasonal reproductive function in the ewe: a marked change in response to the negative feedback action of estradiol on luteinising hormone secretion. *Endocrinology*. 1977; 101: 818-824.
- Legan SJ. and Karsch FJ. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: Modulation of the negative feedback action of estradiol. *Biol. Reprod.* 1980; 23: 1061-1068.
- Legan SJ. and Karsch FJ. Importance of retinal photoreceptors to the photoperiodic control of seasonal breeding in the ewe. *Biol. Reprod.* 1983; 29: 316-325.
- Lincoln GA. Photoperiodic control of seasonal breeding in the ram: participation of the cranial sympathetic nervous system. *J. Endoc.* 1979; 82: 135-147.
- Lincoln GA. and Short RV. Seasonal breeding: Nature's contraceptive. *Recent Prog. Horm. Res.* 1980; 36: 1-52.
- Lincoln GA., Libre EA. and Merriam GR. Long-term reproductive cycles in rams after pinealectomy or superior cervical ganglionectomy. *J. Reprod. Fertil.* 1989; 85: 687-704.
- Lindsay DR., Pelletier J., Pisselet C. and Courot M. Changes in photoperiod and nutrition and their effect on testicular growth of rams. *J. Reprod. Fertil.* 1984; 71: 351-356.
- Malpoux B., Robinson JE., Brown MB. and Karsch FJ. Reproductive refractoriness of the ewe to inductive photoperiod is not caused by inappropriate secretion of melatonin. *Biol. Reprod.* 1987; 36: 1333-1341.
- Malpoux B., Chemineau P. and Pelletier J. Melatonin and reproduction in sheep and goats. In: Yu HS, Reiter RJ (eds), *Melatonin: Biosynthesis, physiological effects and clinical applications*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press; 1993: 253-287.
- Malpoux B., Vigue C., Skinner D., Thierry JC. and Chemineau P. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Res. Bull.* 1997; 44 (4): 431-438.
- Malpoux B., Thiery JC. and Chemineau P. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 1999; 39 (3): 355-366.
- Martin GB., Scaramuzzi RJ. and Henstridge JD. Effects of oestradiol, progesterone and androstenedione on the pulsatile secretion of luteinizing hormone in ovariectomized ewes during Spring and Autumn. *J. Endocr.* 1983; 181-193.
- Martin GB. and Walkden-Brown SW. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 1995; 49: 437-439.

Mauléon P. et Rougeot J. Régulation des saisons sexuelles chez de brebis de races différents au moyen de divers rythmes lumineux. *Ann. Biol. Anim., Biochim., Biophys.* 1962; 2: 209-222.

McNeilly AS., Tay CC. and Glasier A. Physiological mechanisms underlying lactational amenorrhea. *Ann. NY Acad. Sci.* 1994; 18; 709: 145-155.

Mellado M., Foote RH. and Gomez A. Reproductive efficiency of Nubian goats throughout the year in northern México. *Small Rumin. Res.* 1991; 6: 151-157.

Montgomery GW., Martin GB. and Pelletier J. Changes in pulsatile LH secretion after ovariectomy in Il-de-France ewes in two seasons. *J. Reprod. Fertil.* 1985; 73: 173-183.

Mori T., Maeda K., Hoshino K. and Kano Y. Photoperiodic modification of negative and positive feedback effects of oestradiol on LH secretion in ovariectomized goats. *J. Reprod. Fert.* 1987; 80: 523-529.

Ortavant R., Pelletier J., Ravault JP., Thimonier J. and Volland-Nail P. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm animals. *Oxford Rev. Reprod. Biol.* 1985; 7: 305-345.

Pelletier J. Influence du photopériodisme et des androgènes sur la synthèse et la libération de LH chez le bélier. Thèse Doct., es Sci. Nat., Univ. Paris, C.N.R.S. 1971; n° A05441, pp 243.

Pelletier J. and Ortavant R. Photoperiodic control of LH release in the ram. I light-androgens interaction. *Acta. Endocr. Copenh.* 1975; 78: 442-450.

Restall BJ. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 1992; 27: 305-318.

Robinson JE., Radford HM. and Karsch FJ. Seasonal changes in pulsatile luteinizing hormone (LH) secretion in the ewe, relationship of frequency of LH pulses to day length and response to estradiol negative feedback. *Biol. Reprod.* 1985; 33: 324-334.

Sáenz-Escárcega P., Hoyos FG., Salinas GH., Espinoza AJ., Guerrero BA y Contreras GE. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. INIFAP-CIID. Matamoros, Coahuila, México. 1991; pp. 24-34.

Santa María A., Cox J., Muñoz E., Rodríguez R y Caldera L. 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. 1990; 363-385.

Schanbacher BD. Testosterone regulation of luteinizing hormone and follicle stimulating hormone secretion in young male Lamb. *J. Anim. Sci.* 1980; 51: 679-684.

Sutherland, SRD. Seasonal breeding and oestrus in the female goats. 1988 Ph. D. Thesis, University of Western Australia, pp116.

Thwaites CJ. Photoperiod control of breeding activity in the Southdown ewe with particular reference to the effects of an equatorial light regime. *J. Agric. Sci. Cambridge* 1965; 65: 57-64.

Valencia M., Heredia M. y González E. Estacionalidad reproductiva en la oveja pelibuey. ALPA Santo Domingo, República Dominicana 1981; 16: 137.

Valencia J., González JL. y Díaz J. Actividad reproductiva de la cabra criolla en México en el examen postmortem del aparato genital. *Vet. Méx.* 1986; 17: 177-180.

Valencia J., Zarco L. Ducoing A., Murcia C. and Navarro H. Breeding season of criollo and Granadina goats under constant nutritional level in the Mexican highlands. In: *Livestock Reproduction. in Latin America. International. Atomic Energy Agency, Vienna.* 1990; 321-333.

Walkden-Brown., Restall BJ., Norton BW., Scaramuzzi BW. and Martin GB. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fert.* 1994; 102: 351-360.

Yeates NTM. The breeding season of the sheep whit particular reference to its modification by artificial light. *J. Agric. Sci. Camb.* 1949; 39: 1-43.

3. Variaciones estacionales en la actividad sexual y neuroendócrina de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera.

3.1. Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar durante 27 meses la actividad sexual (estro y ovulación) y neuroendócrina (secreción de LH y prolactina) anual de las hembras caprinas Criollas y el efecto del sistema de explotación (intensivo y extensivo) sobre estas actividades. Las cabras fueron distribuidas en 3 grupos que fueron sometidos a las variaciones naturales de la temperatura y del fotoperiodo de la Comarca Lagunera. El grupo 1 (n=7) constó de cabras intactas en estabulación; el grupo 2 (n=12) de cabras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E) mantenidas en estabulación, y el grupo 3 (n= 10) fue integrado con cabras OVX+E mantenidas en condiciones extensivas. En los dos primeros grupos se mantuvo durante todo el estudio un nivel de alimentación adecuado, mientras que el grupo mantenido en condiciones extensivas estuvo expuesto a las variaciones naturales en la disponibilidad de alimento. Las cabras intactas manifestaron alternancias de períodos de actividad e inactividad estral y ovulatoria. El final e inicio de la actividad sexual (estro y ovulación) se produjeron en promedio el 18 de enero (± 8 días) y el 11 de septiembre (± 5 días), respectivamente. La concentración plasmática de la LH de las cabras OVX+E en estabulación y en condiciones extensivas presentó variaciones estacionales, existiendo un efecto del tiempo sobre la secreción de LH ($P<0.0001$) y una interacción grupo*tiempo del experimento ($P<0.0001$). En el grupo de cabras en condiciones extensivas, el final de los 3 períodos de actividad neuroendócrina se produjo, en promedio, un mes antes (enero-febrero) que en el grupo de cabras mantenidas en estabulación (febrero-marzo; $P<0.05$). Se concluye que la estacionalidad reproductiva de las cabras de la Región Lagunera no es provocada por los cambios en el nivel y calidad de la alimentación. Las variaciones estacionales de la reproducción posiblemente estén controladas por el fotoperiodo.

Palabras clave: estacionalidad, actividad reproductiva, hormona luteinizante, progesterona, prolactina.

3.2. Introducción

Las razas de ovinos y caprinos originarias de regiones templadas presentan amplias variaciones estacionales de su actividad reproductiva (ovinos: Lincoln y Short, 1980; Karsch *et al.*, 1984; Ortavant *et al.*, 1985; caprinos: Delgadillo *et al.*, 1991; Delgadillo y Chemineau, 1992; Amoah *et al.*, 1996). El período de actividad sexual inicia durante los días decrecientes del final del verano y el otoño y finaliza durante los días crecientes del final 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). En las hembras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol, las variaciones plasmáticas de LH coinciden perfectamente con la actividad ovulatoria de las hembras intactas. Los niveles de esta hormona son elevados durante la estación reproductiva y bajos durante el período de anovulación (Legan y Karsch, 1980). Los cambios en la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisiario a la retroacción negativa del estradiol provocados por las variaciones fotoperiódicas, constituyen un factor determinante en la estacionalidad reproductiva descrita previamente (Karsch *et al.*, 1984). La prolactina, hormona que indica cómo los animales perciben la duración del día, presenta también variaciones estacionales. Los altos niveles son registrados durante la primavera y el verano, mientras que los bajos niveles se observan durante el otoño y el invierno (Prandi *et al.*, 1988; Curlewis, 1992; Delgadillo y Chemineau, 1992).

Algunas razas de ovinos y caprinos originarios o adaptados a las regiones subtropicales, muestran también importantes variaciones estacionales de su actividad reproductiva, mientras que otras solamente tienen un anestro de 2-3 meses durante la primavera (Restall, 1992; Aboul-Naga *et al.*, 1992; Avdi *et al.*, 1993). En las hembras caprinas de la raza Cashmere en Australia, por ejemplo, la época de actividad estral se presenta de febrero a agosto (otoño-invierno), y el período de reposo o inactividad reproductiva, de septiembre a enero (primavera-verano). Las hembras ovariectomizadas de esta misma raza y portadoras de un implante subcutáneo de estradiol, manifiestan marcadas variaciones estacionales en los niveles plasmáticos de LH (Restall, 1992; Henniawati *et al.*,

1995). En estas hembras, el incremento de la concentración plasmática de LH coincide con el período de actividad reproductiva de las hembras intactas. En las latitudes subtropicales, ha sido 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 (Restall, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1994; Martín y Walkden-Brown, 1995; Delgadillo y Malpaux, 1996). En las cabras del norte de México la época de reposo sexual ocurre en los meses de la primavera y la actividad sexual se regulariza durante el verano a partir del mes de agosto (Carrera y Butterworth, 1968). Las cabras criollas muestran una interrupción de los estros durante los meses de abril a junio (Gutiérrez, 1979; Benavides *et al.*, 1984). En las hembras caprinas explotadas extensivamente, y en particular las de la Comarca Lagunera (26° latitud norte), se ha reportado la existencia de un anestro estacional de marzo a mayo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Este anestro coincide con la época de sequía, y por tanto, con una baja disponibilidad alimenticia para los animales. Por ello se sugirió que la subalimentación es también, como en los caprinos de la raza Cashmere, el factor responsable del anestro antes mencionado. Sin embargo, el inicio del anestro coincide también con el período de lactancia y con una intensa relación madre-cría, pues el 80 % de los partos ocurre de noviembre a febrero. Asimismo, coincide con el incremento de la duración del día. Cualquiera de estos factores puede por sí solo, provocar un anestro a principio del año (McNeilly *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 1998; Malpaux *et al.*, 1999). Sin embargo, Valencia *et al.* (1990) demostraron que las cabras Criollas a 19° 15' latitud Norte, conservaban su estacionalidad reproductiva aún cuando fueron mantenidas sin gestación ni lactación, y con una alimentación adecuada durante todo el año. Estos autores sugieren que el fotoperíodo podría ser el principal factor que regula la actividad ovárica de las cabras Criollas. Estos autores determinaron la actividad ovárica mediante la determinación de las concentraciones de progesterona. Sin embargo, no fue detectada la actividad estral en cabras intactas ni la actividad neuroendócrina (secreción de LH y prolactina) en cabras ovariectomizadas portando un implante de estradiol, que constituye un modelo clásico para este tipo de estudios (Goodman y Karsch, 1980; Goodman *et al.*, 1982; Henniawati *et al.*, 1995)

El objetivo del presente estudio fue determinar la actividad sexual (estro y ovulación) y neuroendócrina (secreción de LH y prolactina) anual de las hembras caprinas y el efecto del sistema de explotación (intensivo y extensivo) sobre estas actividades. Se utilizó el modelo de hembras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX + E) para comparar las variaciones de la LH en las hembras OVX + E con las de la progesterona de las hembras intactas alojadas en estabulación (Legan y Karsch, 1979; Goodman y Karsch, 1980; Goodman *et al.*, 1982).

3.3. Materiales y métodos

Este estudio fue realizado del 1 enero de 1995 al 1 de mayo de 1997 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en la Comarca Lagunera de Coahuila (26° Latitud Norte, 103° longitud O) a una altitud de 1100-1400 msnm (Schmidt, 1989). El clima es muy seco y extremo, semicálido con lluvias en verano (BS (k); Köppen, modificada por García, 1973). La precipitación pluvial promedio es de 235 mm anuales, concentrándose en los meses de julio a octubre, y la temperatura media mensual es de 12.7 °C en enero y 28.5 °C en junio, con extremas de -5 °C y 44 °C. El día más largo (21 de junio) es de 13h 41 minutos y el día más corto (21 de diciembre) es de 10h 19 minutos (CENID-RASPA-INIFAP, 1997; CONAGUA, 1997).

Se utilizaron 29 cabras multíparas que tenían entre 2 y 5 años de edad al inicio del experimento. Las hembras provenían de diferentes hatos de la Comarca Lagunera y presentaban diferente grado de encaste de las razas Alpina, Nubia y Saanen. A este biotipo se le denomina raza Criolla. Una descripción completa de estos animales fue reportada previamente por Delgadillo *et al.* (1999).

Las cabras fueron distribuidas en 3 grupos balanceados de acuerdo a su peso corporal, y estuvieron bajo las variaciones naturales de temperatura y del fotoperiodo de la Comarca Lagunera. El grupo 1 (n=7) fue conformado con hembras intactas alojadas en dos corrales (6 x 4 m c/u) con sombra. El peso corporal inicial de este grupo fue de 39 ± 2 kg.

El grupo 2 (n=12) fue integrado con hembras ovariectomizadas provistas de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E), y alojadas en los mismos corrales con las hembras intactas. El peso corporal inicial de este grupo fue de 39 ± 3 kg. El tercer grupo (n=10) fue constituido por hembras OVX+E que fueron incorporadas en un hato de 150 caprinos (hembras y machos) intactos, explotados extensivamente. La presencia del macho en este hato fue constante durante el período experimental. Las cabras salían diariamente al campo entre las 10:00 y 11:00 h hasta las 18:00-19:00 h, y durante la noche eran alojadas en un corral de 10 x 10 m que no contaba con sombra. El peso corporal inicial de este grupo fue de 39 ± 2 kg.

La alimentación de los grupos mantenidos en estabulación consistió en heno de alfalfa a libre acceso y 200 g diarios de concentrado con 14% de proteína cruda para cada animal. Se proporcionó libre acceso a sales minerales en bloque y al agua. La alimentación del grupo en sistema extensivo consistió en la disponibilidad de pastos y arbustivas naturales, y esporádicamente esquilmos de cultivos irrigados, como el algodón, sorgo, tomate, cártamo y otros, sin suplemento en el corral. Además, los animales tenían acceso libre a sales minerales en bloque y agua cuando permanecían en el corral.

3.3.1. Ovariectomías y determinación del tamaño de los implantes

Antes de efectuar las ovariectomías, las hembras fueron sometidas a ayuno de alimento y agua durante 36 h. Posteriormente las cabras fueron tranquilizadas con Xilazina con una dosis de 0.4 mg/kg vía intramuscular (Rompum 2%, Bayer de México). Además se les aplicó sulfato de atropina al 2 % (Brovel, Azcapozalco, México) a una dosis intramuscular de 0.044 mg/kg con la finalidad de evitar taquicardias y broncoaspiraciones por saliva. La anestesia general fue efectuada con pentobarbital sódico por vía intravenosa a una dosis de 3.5 mg/kg (Anestosal, Norden, México). Las ovariectomías se realizaron por laparotomía ventral media posterior. Durante la cirugía y el período de recuperación, los animales permanecieron con una sonda endotraqueal tipo Murphy (Kendall, Curity, Mansfield MA. USA) para evitar broncoaspiraciones. Al final de la ovariectomía, los

implantes de estradiol fueron colocados subcutáneamente en la región axilar. Estos implantes fueron fabricados con tubo de Silastic y tenían una longitud de 40 mm, 3.35 mm diámetro interno y 4.65 mm diámetro externo, sellados en sus extremos con silicón tipo A (Dow Corning, Midland Michigan, USA) (Karsch *et al.*, 1973). Los implantes contenían estradiol 17- β cristalino (Sigma Chemical, St Louis MO, USA) y antes de su inserción subcutánea, los implantes fueron mantenidos 24 h en solución salina fisiológica para evitar un pico del estradiol circulante postinserción (Goodman *et al.*, 1982).

3.3.2. Variables determinadas

3.3.2.1. Temperatura ambiental

La temperatura del medio ambiente en las instalaciones de las cabras intactas y OVX+E en estabulación fue determinada semanalmente con un termómetro que registró las temperaturas máxima y mínima (Figura 3.3.1).

3.3.2.2. Peso corporal

El peso corporal de las hembras de los 3 grupos fue determinado una vez al mes con una báscula con capacidad de 300 kg y con una precisión de 200 g. En las hembras mantenidas en estabulación, el peso corporal fue determinado en las mañanas antes de la distribución del alimento. En el grupo de cabras en condiciones extensivas, la determinación del peso corporal se efectuó en las mañanas antes de salir al campo. La determinación fue siempre realizada por la misma persona y a la misma hora.

3.3.2.3. Actividad estral y ovulatoria de las hembras intactas

Actividad estral. En las hembras intactas, la actividad estral fue determinada 2 veces al día (8:00 y 16:00 h) durante media hora con un macho cabrío vasectomizado provisto de un mandil en la región ventral para evitar la cópula. La hembra que permaneciera inmóvil a la monta del macho fue considerada en estro y retirada del corral para facilitar la detección del celo en otras hembras (Chemineau *et al.*, 1992).

Actividad ovulatoria. La actividad ovulatoria de las hembras fue determinada mediante 2 sangrados por semana para determinar los niveles plasmáticos de la progesterona. Para ello se obtuvieron 5 ml de sangre de la vena yugular en tubos al vacío, que contenían EDTA como anticoagulante. Inmediatamente después, las muestras fueron centrifugadas a 3000 rpm por 30 min. El plasma obtenido fue congelado a -15° C hasta la determinación de los niveles plasmáticos de progesterona.

3.3.2.4. Actividad neuroendócrina de cabras ovariectomizadas

Secreción de LH y prolactina. Para determinar las concentraciones plasmáticas de la LH y prolactina de las hembras OVX+E alojadas en condiciones intensivas y extensivas, se efectuaron 2 muestreos sanguíneos por semana por punción de la vena yugular. La sangre fue obtenida en tubos al vacío que contenían EDTA como anticoagulante. Las muestras obtenidas fueron centrifugadas inmediatamente a 3000 rpm durante 30 min. El plasma obtenido fue congelado a -15° C hasta la determinación de los niveles plasmáticos de la LH y prolactina.

3.3.2.5. Determinaciones hormonales

Progesterona. La concentración plasmática de progesterona fue determinada mediante la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) descrita por Terqui y Thimonier (1974). Se consideró que la hembra que presentaba niveles >1 ng de progesterona por ml de plasma, tenía un cuerpo lúteo funcional.

Hormona luteinizante. La concentración plasmática de la LH fue determinada en duplicado mediante RIA, según la técnica descrita por Pelletier *et al.* (1982) aplicable a los ovinos, modificada por Montgomery *et al.* (1985) y validada para caprinos por Chemineau *et al.* (1982). La sensibilidad de la determinación fue de 0.2 ng/ml. Los coeficientes de variación intra e interensayos fueron de 12.8 % y 10.7 % respectivamente.

Prolactina. La concentración plasmática de prolactina fue determinada en duplicado mediante RIA según la técnica descrita por Kann (1971). El límite de detección fue de 8.5 ng/ml. El coeficiente de variación intra e interensayo fue de 9 % y 23.9 %, respectivamente.

3.3.2.6. Análisis de datos

Peso corporal de los 3 grupos en estudio. Los datos individuales mensuales del peso corporal de las hembras intactas y ovariectomizadas fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas a dos factores (grupo-tiempo del experimento). Como los resultados de este análisis indicaron una interacción significativa grupo*tiempo, los grupos fueron comparados 2 a 2 utilizando el mismo análisis estadístico. Además, los pesos mensuales de cada grupo fueron comparados 2 a 2 utilizando un ANOVA a un factor con medidas repetidas (Super ANOVA, 1989).

Actividad ovárica de las hembras intactas y secreción de LH en las hembras ovariectomizadas. Las fechas individuales del inicio y final de la actividad ovulatoria de las hembras intactas, y los datos del inicio y final de la actividad neuroendócrina (secreción de LH) de las hembras OVX+E alojadas en condiciones intensivas y extensivas, fueron analizados mediante un ANOVA a un factor (grupo). Cuando los resultados de este análisis indicaron una probabilidad de $P < 0.05$, los promedios fueron comparados mediante la prueba de rango múltiple de Student-Newman-Keuls. Los datos de las fechas individuales de la duración de la actividad e inactividad ovárica de las hembras intactas, y los datos de la duración de la actividad e inactividad neuroendócrina de las hembras OVX+E alojadas en condiciones intensivas y extensivas fueron analizados con un ANOVA a un factor (grupo).

Secreción de prolactina de las hembras OVX+E mantenidas en estabulación y condiciones extensivas. Los datos individuales de los niveles de prolactina de los 2 grupos de hembras ovariectomizadas fueron transformados logarítmicamente y sometidos a un ANOVA con medidas repetidas a dos factores (grupo-tiempo del experimento). Además,

los niveles de prolactina fueron sometidos a un análisis de correlación simple con la duración del fotoperiodo y con la temperatura (máxima, mínima y promedio).

3.3.2.7. Definición de los análisis de resultados

La duración de la actividad estral son los días que transcurrieron entre el inicio del primer estro y el final del último estro de la misma estación reproductiva. La duración del ciclo estral es definida como el número de días entre el inicio de dos períodos estrales consecutivos.

El criterio para determinar la fecha de la primera ovulación de la estación reproductiva fue considerar el primer valor >1 ng/ml de progesterona con ciclos consecutivos, mientras que para determinar la fecha de la última ovulación de la estación reproductiva, se consideró el primer valor >1 ng/ml de progesterona de la última ovulación. Para determinar la duración de la actividad ovárica, se consideró la fecha correspondiente a dos muestras anteriores al primer valor >1 ng/ml de progesterona, y a la fecha correspondiente al primer valor <1 ng/ml de progesterona del último ciclo detectado (Chemineau *et al.*, 1992). Para determinar la duración de la inactividad ovárica se consideró el período correspondiente al número de días entre la fecha del primer valor <1 ng/ml de progesterona después de la última ovulación de la estación reproductiva y al primer valor <1 ng/ml anterior a la primera ovulación de la estación siguiente. Para determinar el inicio de la actividad neuroendócrina de secreción de LH, se consideró el primer valor de 3 consecutivos, igual o superior a 0.8 ng/ml de LH plasmática. Para determinar el final de la actividad neuroendócrina, se consideró el primer valor de 3 consecutivos inferiores a 0.8 ng/ml de LH plasmática.

Los resultados son expresados en promedio \pm error estándar de la media (eem).

3.4. Resultados

3.4.1. Peso corporal

La evolución del peso corporal de las hembras intactas y ovariectomizadas es mostrada en la Figura 3.4.1. El ANOVA reveló un efecto del tiempo sobre el peso corporal de las hembras de los tres grupos ($P < 0.0001$). Además existió una interacción grupo-tiempo, lo que indica que la evolución del peso corporal fue diferente entre los grupos. Al comparar los grupos manejados intensivamente, el ANOVA demostró un efecto del tiempo ($P < 0.0001$), pero no hubo interacción grupo-tiempo ($P > 0.05$), indicando que el peso corporal evolucionó de manera similar en ambos grupos (Figura 3.4.1. a). Al comparar las hembras intactas y ovariectomizadas mantenidas en estabulación con el grupo en extensivo, el ANOVA reveló un efecto del tiempo ($P < 0.0001$ para las 2 comparaciones) y una interacción grupo-tiempo ($P < 0.01$: intactas vs OVX+E; $P < 0.001$ OVX+E en intensivo vs OVX+E en extensivo, Figura 3.4.1. b y c). Esta interacción se explica por las diferencias mensuales de peso encontradas entre los grupos durante el estudio. En junio de 1995, el peso corporal de las hembras intactas (51 ± 2 kg) fue superior al de las hembras OVX + E en condiciones extensivas (45 ± 2 kg), mientras que en agosto (60 ± 2 kg) y noviembre (57 ± 2 kg) de 1996, los pesos corporales fueron superiores en las hembras OVX + E en condiciones extensivas que los registrados en las hembras intactas en estabulación (53 ± 4 y 50 ± 3 kg, respectivamente; $P < 0.05$ en todas las comparaciones). Asimismo, el peso corporal de las hembras OVX + E alojadas en estabulación registrado en junio de 1995 (49 ± 2 kg), fue superior al de las hembras OVX + E mantenidas en pastoreo (45 ± 2 kg; $P < 0.05$). En cambio, en agosto (60 ± 2 kg) y noviembre (57 ± 2 Kg) de 1996, los pesos de las hembras OVX + E mantenidas en extensivo, fueron superiores a los de las hembras OVX + E mantenidas en estabulación (52 ± 2 y 49 ± 2 Kg, respectivamente; $P < 0.05$).

3.4.2. Actividad sexual (estral y ovulatoria) de las hembras intactas

Las cabras intactas manifestaron un comportamiento de actividad estral y ovulatoria estacional bien definido (Figuras 3.4.2 y 3.4.3 a). Las actividades estral y ovulatoria de la

segunda estación reproductiva, por ejemplo, iniciaron el 23 de agosto y 1 de septiembre de 1995, respectivamente. El final de estas actividades ocurrió el 22 de enero y el 10 de febrero de 1996, respectivamente. Las fechas de inicio y final de los períodos de actividad estral y ovulatoria, son mostradas en el Cuadro 3.4.1, mientras que la duración de la actividad ovárica es mostrada en el Cuadro 3.4.4.

3.4.3. Actividad estral y ovulatoria fuera de la estación natural

Durante el primer año de estudio, 5 de las 7 hembras manifestaron actividad reproductiva en mayo y junio. En el segundo año, 3 de las 7 hembras manifestaron esta misma actividad en julio. Solamente 2 hembras manifestaron actividad reproductiva en los 2 años consecutivos en los meses anteriormente mencionados (Figura 3.4.3 a).

3.4.4. Parámetros de las actividades estral y ovulatoria

Durante el primero y segundo período de actividad sexual se detectaron 60 ovulaciones con 42 estros y 52 ovulaciones con 36 estros, respectivamente. Durante el primer período, en uno de los estros no se detectó ovulación (2.2%); mientras que durante el segundo período el número de estros sin ovulación fue mayor, con 7 de ellos (19.5 %). El primer período inició con un 28 % de ovulaciones sin estro, mientras que el segundo lo hizo con un 43 %. En cambio, el final de ambos períodos se caracterizó por presentar un 43 % y un 57 % de ovulaciones sin estro, respectivamente. La frecuencia y número de estros asociados con ovulación, ovulaciones sin estro, así como los ciclos estrales cortos (<17 días) normales (17-25 días) y largos (>25 días), son mostrados en el Cuadro 3.4.2.

3.4.5. Actividad neuroendócrina de las hembras OVX+E mantenidas en estabulación y condiciones extensivas

La concentración plasmática de la LH de las hembras OVX+E mantenidas en estabulación y en condiciones extensivas presentó variaciones estacionales (Figura 3.4.2 b). El ANOVA indicó la existencia de un efecto del tiempo sobre la secreción de LH

($P < 0.0001$) y una interacción grupo*tiempo del experimento ($P < 0.0001$), indicando una diferencia en el perfil de secreción de esta hormona. En el grupo de hembras en condiciones extensivas, el final de los 3 períodos de actividad neuroendócrina se produjo antes que en el grupo de hembras mantenidas en estabulación ($P < 0.05$). En cambio, ninguna diferencia fue detectada en el inicio de esta actividad. Las fechas promedio del inicio y el final de la actividad neuroendócrina de los 2 grupos de cabras OVX+E, se muestran en el Cuadro 3.4.3. La duración de la actividad e inactividad neuroendócrina no fue diferente entre los 2 grupos, estas duraciones son mostradas en el Cuadro 3.4.4.

3.4.6. Comparación de la actividad ovárica de las hembras intactas y la secreción de LH en las hembras OVX+E2

El ANOVA reveló un efecto del grupo sobre el final de la actividad ovárica y neuroendócrina en los 3 períodos estudiados ($P < 0.05$). La actividad neuroendócrina terminó más tarde en el grupo de las cabras OVX+E mantenidas en estabulación, que en las cabras mantenidas en condiciones extensivas ($P < 0.05$), las cuales cesaron su actividad neuroendócrina al mismo tiempo que las cabras intactas mantenidas en estabulación dejaron de ciclar (Cuadro 3.4.3).

3.4.7. Inicio y final de la actividad ovárica de las cabras intactas y neuroendócrina de las cabras OVX+E

Los resultados mostraron que existe una alternancia de períodos de actividad ovárica en las cabras intactas y períodos de actividad neuroendócrina en las cabras OVX+E, seguidas de un período de inactividad. El ANOVA para el inicio y final de la actividad ovárica de las cabras intactas y de la actividad neuroendócrina de las cabras OVX+E, indicaron que existió un efecto grupo ($P < 0.05$) durante el período de estudio, y se muestran en el Cuadro 3.4.3.

El ANOVA reveló un efecto del grupo sobre el inicio de la actividad sexual de 1995 ($P < 0.05$). La actividad neuroendócrina inició primero en el grupo de hembras OVX+E

mantenidas en sistema extensivo, que en los 2 grupos mantenidos en estabulación. Ninguna diferencia fue encontrada entre los 2 últimos grupos. En cambio, no existió ninguna diferencia entre los 3 grupos en el inicio de la actividad sexual y neuroendócrina de 1996.

Ninguna diferencia fue encontrada entre los 3 grupos referente a la duración de la actividad e inactividad ovulatoria de las hembras intactas y neuroendócrina de las hembras OVX+E (Cuadro 3.4.4).

3.4.8. Secreción de prolactina

Los niveles plasmáticos de la PRL de las cabras OVX+E2 mantenidas en estabulación y condiciones extensivas, presentaron variaciones estacionales bien definidas (Figura 3.4.3 c). El ANOVA indicó la existencia de un efecto del tiempo ($P < 0.0001$) y de una interacción grupo*tiempo del experimento ($P < 0.0001$), indicando que el perfil de secreción de esta hormona fue diferente entre los 2 grupos. Estas variaciones estacionales de la prolactina estuvieron correlacionadas con las variaciones del fotoperiodo $r = 0.728$, $P < 0.001$ para el grupo de cabras OVX+E manejadas en sistema intensivo y $r = 0.669$, $P < 0.001$ para el grupo de cabras OVX+E manejadas en sistema extensivo. Las variaciones estacionales de prolactina también estuvieron correlacionadas con las temperaturas. En el grupo de cabras OVX+E manejadas en sistema intensivo la correlación para la temperatura máxima fue $r = 0.432$, para la temperatura mínima $r = 0.532$ y $r = 0.522$ para la temperatura promedio ($P < 0.001$). En el grupo de cabras OVX+E manejadas en sistema extensivo las correlaciones fueron $r = 0.480$, $r = 0.591$ y $r = 0.579$ para las temperaturas máxima, mínima y promedio, respectivamente ($P < 0.001$).

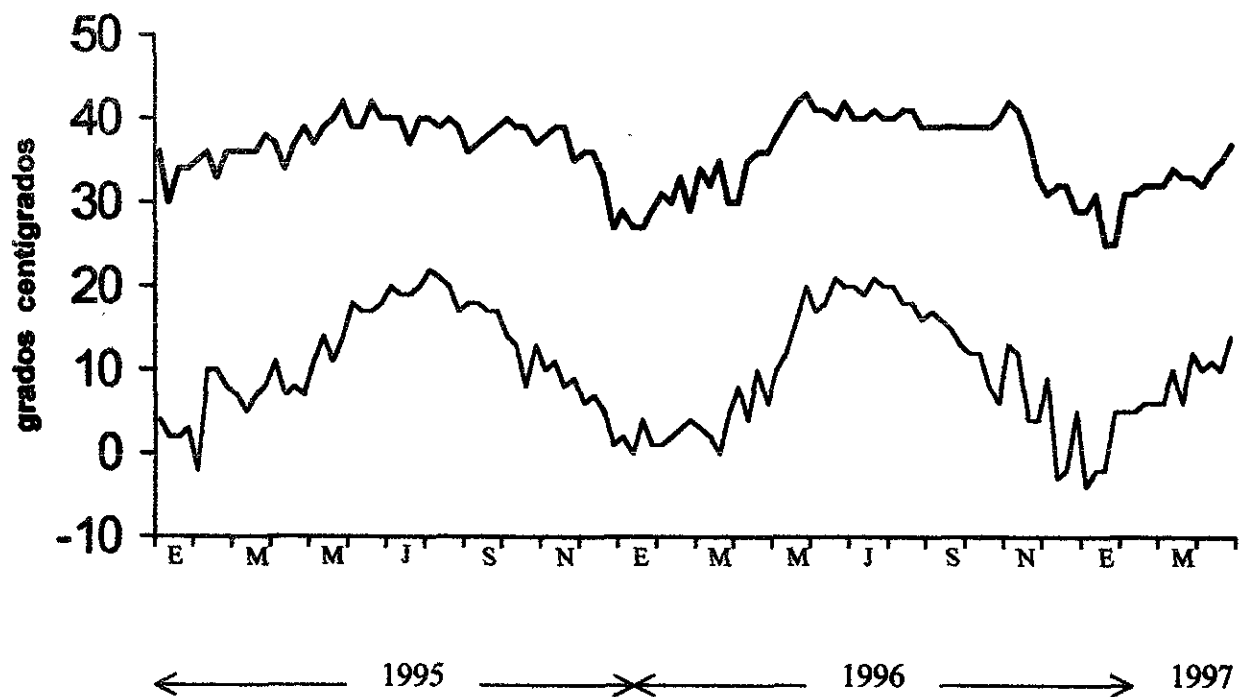


Figura 3.3.1. Temperaturas máxima y mínima registradas semanalmente en la Comarca Lagunera (26° N) de enero de 1995 a abril de 1997.

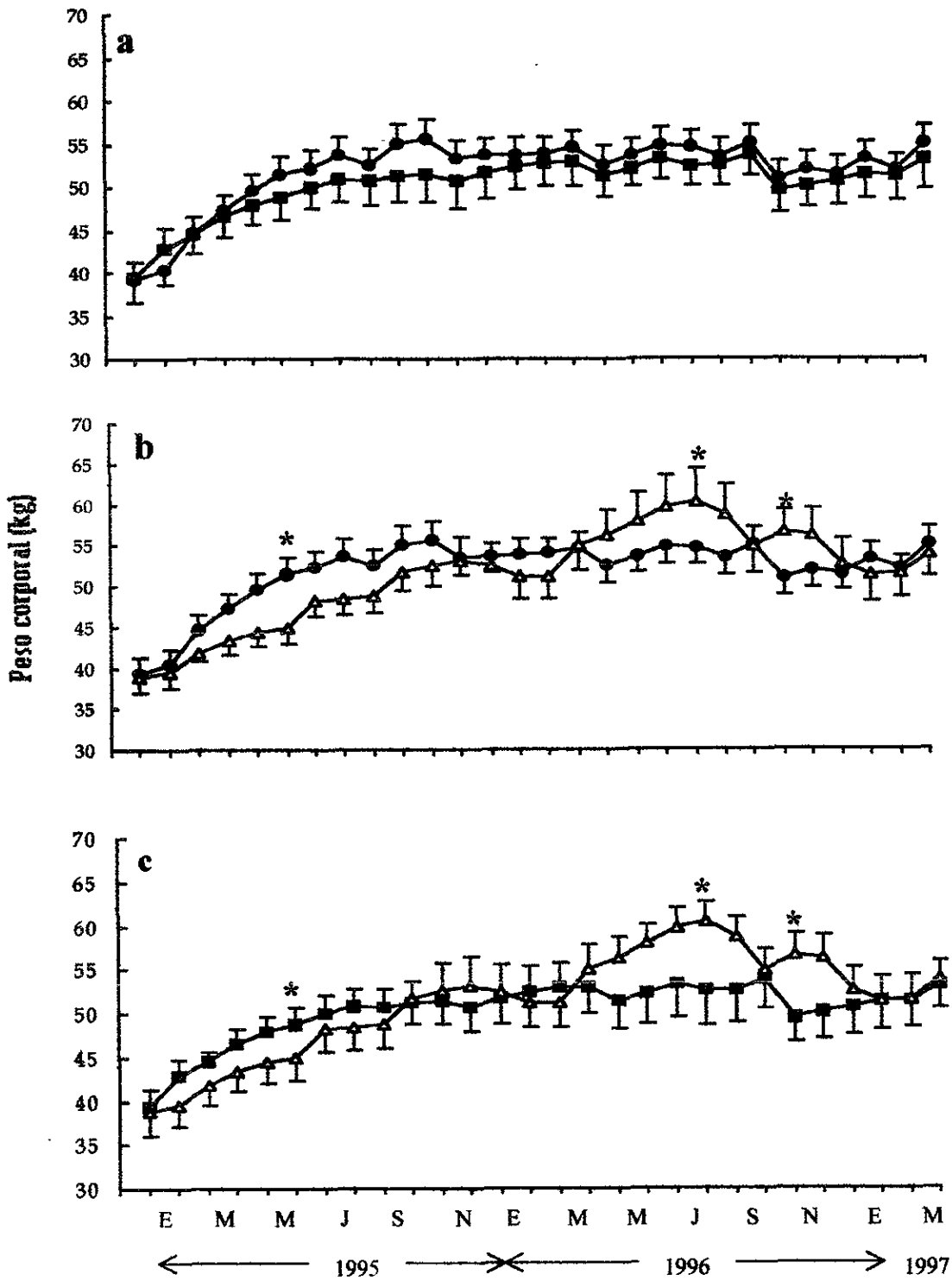


Figura 3.4.1. Evolución del peso corporal promedio (\pm eem) de las cabras intactas (\bullet) y ovariectomizadas mantenidas en estabulación (\blacksquare), y de las cabras ovariectomizadas mantenidas en condiciones extensivas (Δ). * $P < 0.05$.

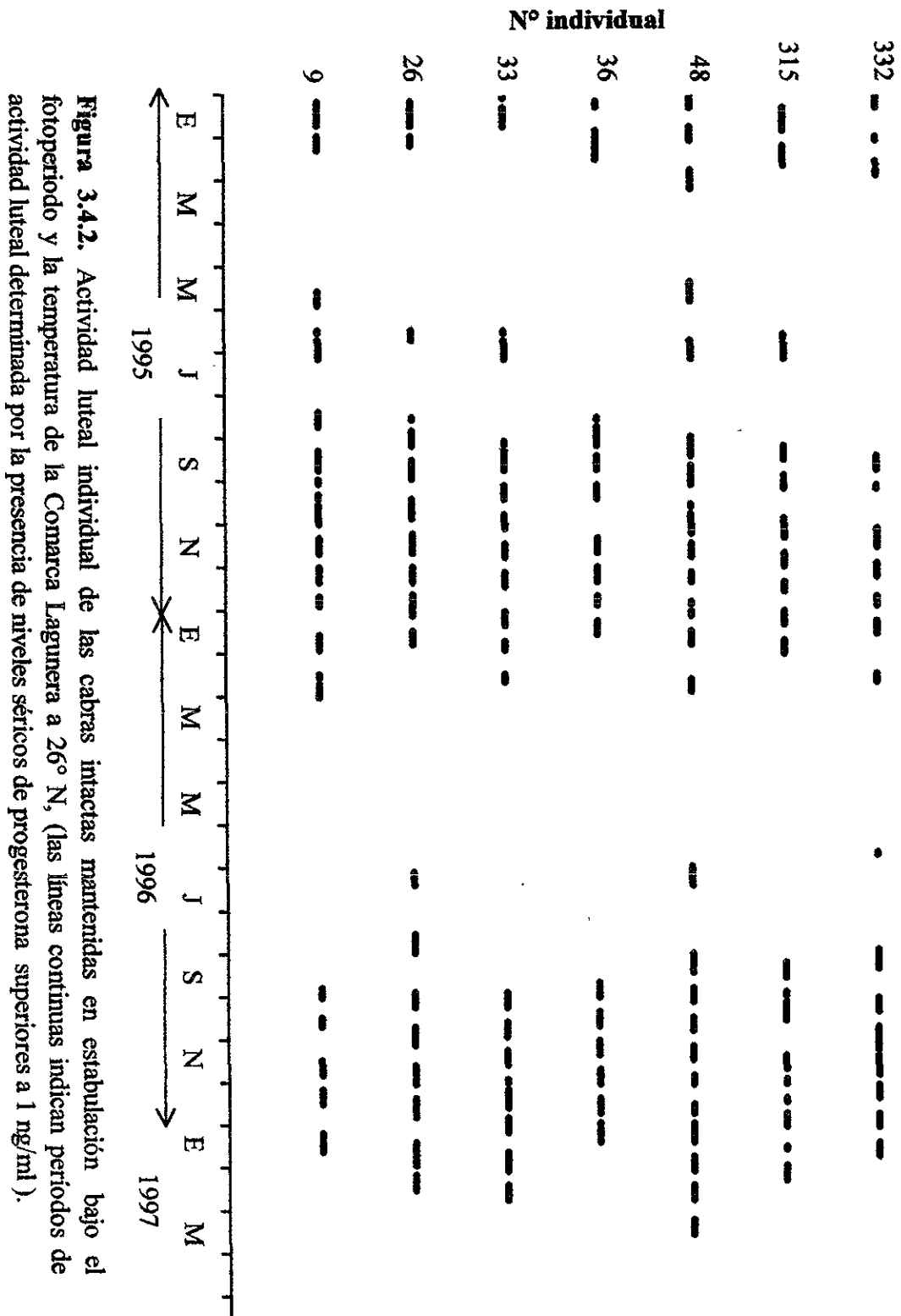


Figura 3.4.2. Actividad luteal individual de las cabras intactas mantenidas en estabulación bajo el fotoperiodo y la temperatura de la Comarca Lagunera a 26° N, (las líneas continuas indican periodos de actividad luteal determinada por la presencia de niveles séricos de progesterona superiores a 1 ng/ml).

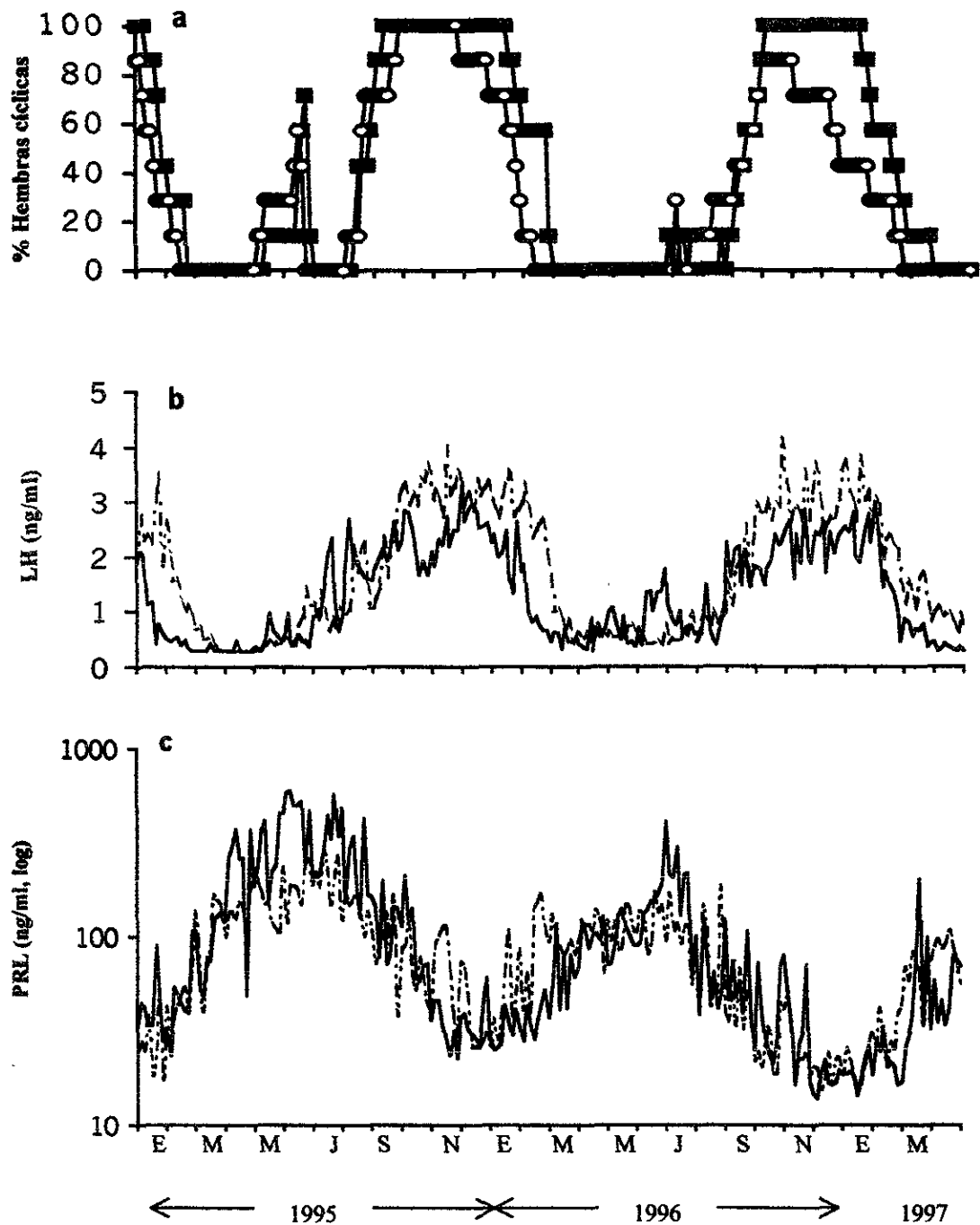


Figura 3.4.3. Actividad sexual (estral ○ y ovulatoria ■) de las cabras intactas en sistema intensivo (a); actividad neuroendócrina de las cabras OVX+E en sistema intensivo (- - -) y extensivo (—), hormona luteinizante (b) y prolactina (c), bajo la temperatura y el fotoperiodo naturales de la Comarca Lagunera (26° N).

Cuadro N° 3.4.1.

Fechas promedio (\pm eem) del inicio y final de las actividades estral y ovulatoria de las cabras Criollas de la Comarca Lagunera mantenidas en estabulación bajo las variaciones estacionales del fotoperiodo y la temperatura de esta Comarca de enero de 1995 a abril 1997.

	Primera estación sexual (1994-1995)		Segunda estación sexual (1995-1996)		Tercera estación sexual (1996-1997)	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Actividad estral	NR	30/Ene ± 5	23/Ago ± 3	22/Ene ± 4	5/Sep ± 11	4/Ene ± 14
Actividad ovulatoria	NR	3/Feb ± 6	1/Sep ± 15	10/Feb ± 14	21/Sep ± 15	11/Feb ± 9

NR= No registrada.

Cuadro N° 3.4.2.

Frecuencia en número y porcentaje de ovulaciones y estros, ovulaciones asociadas con estro, ovulaciones sin estro y ciclos estrales cortos (<17 días), normales (17-25 días) y largos (>25 días) en cabras Criollas de la Comarca Lagunera mantenidas en estabulación.

Segunda estación reproductiva (1995-1996)							
	Ovulaciones.	Estros	Ovul. con estro	Ovul. sin estro	Ciclos cortos	Ciclos normales	Ciclos largos
N°	60	42	41	19	2	33	7
%	100	100	68.4	31.6	4.7	78.6	16.7
Tercera estación reproductiva (1996-1997)							
N°	52	36	29	23	6	15	9
%	100	100	55.8	44.2	20	50	30

Cuadro N° 3.4.3.

Fechas promedio (\pm eem) del inicio y final de la actividad ovárica de las hembras intactas y la actividad neuroendócrina (secreción de LH) de las hembras OVX+E mantenidas en estabulación y en condiciones extensivas de enero de 1995 a abril 1997.

	Primera estación sexual (1994-1995)		Segunda estación sexual (1995-1996)		Tercera estación sexual (1996-1997)	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Cabras intactas en estabulación	NR	3/02 \pm 6 a	1/09 \pm 15 a	10/02 \pm 14 a	21/09 \pm 15 a	11/02 \pm 9 a
Cabras OVX+E en estabulación	NR	21/02 \pm 7 b	11/08 \pm 17 ab	16/03 \pm 17 b	31/08 \pm 18 a	26/03 \pm 17 b
Cabras OVX+E en extensivo	NR	24/01 \pm 5 a	22/07 \pm 6 b	14/02 \pm 6 a	14/08 \pm 17 a	6/02 \pm 18 a

Literales diferentes en columnas, indican que existe diferencia significativa ($P < 0.05$).

NR= No registrada

Cuadro N° 3.4.4.

Duración promedio (\pm eem días) de la actividad e inactividad ovárica de las cabras intactas y neuroendócrina (secreción de LH) de las cabras OVX+E mantenidas en estabulación y en condiciones extensivas de enero de 1995 a abril 1997.

	Primer período de inactividad (1995)	Primer período de actividad (1995-1996)	Segundo período de inactividad (1996)	Segundo período de actividad (1996-1997)
Cabras intactas en estabulación	187.1 \pm 5.6	185.1 \pm 6.7	203.7 \pm 8.0	165.0 \pm 11.3
Cabras OVX+E en estabulación	171.3 \pm 7.8	217.1 \pm 16.6	167.8 \pm 16.2	213.2 \pm 16.8
Cabras OVX+E en extensivo	189.0 \pm 5.9	206.7 \pm 11.3	180.3 \pm 17.1	195.5 \pm 19.2

No existió diferencia significativa ($P > 0.05$).

3.5. Discusión

Los resultados del presente estudio demuestran que en las cabras intactas y en las OVX + E existieron variaciones estacionales de la actividad sexual y de la secreción de la LH, respectivamente. La secreción de la LH en las cabras OVX + E mantenidas en estabulación siguió el mismo patrón anual que la actividad sexual de las cabras intactas. En cambio, en las cabras OVX + E mantenidas en condiciones extensivas la secreción de LH disminuyó a niveles basales durante los 3 periodos registrados, un mes antes que en el grupo mantenido en condiciones intensivas. Las variaciones de la actividad sexual y neuroendócrina se manifestaron independientemente del sistema de explotación al que fueron sometidos los animales, lo que sugiere que la disponibilidad de alimento no es el factor responsable de la estacionalidad reproductiva de las cabras locales del norte de México.

En las cabras intactas la actividad sexual inició en agosto-septiembre y finalizó en enero-febrero en los 2 periodos registrados. Esta estacionalidad ocurrió a pesar de que las cabras estuvieron estabuladas y alimentadas con una ración que cubría satisfactoriamente sus necesidades nutricionales, lo que sugiere que otros factores del medio ambiente podrían ser los responsables de la estacionalidad reproductiva. Dado la repetibilidad del inicio y final de la actividad sexual durante el estudio, es posible que el fotoperiodo sea, como en las razas originarias de zonas templadas, el responsable de las variaciones estacionales de la actividad sexual de las cabras Criollas de la Comarca Lagunera. En efecto, la estacionalidad sexual observada en el presente estudio es semejante a la reportada en las cabras de las razas Alpina y Saanen, así como en las ovejas de la raza Suffolk, en las cuales el fotoperiodo controla el ciclo anual de reproducción (Karsch *et al.* 1984; Chemineau *et al.*, 1992; Amoah *et al.*, 1996; Malpoux *et al.*, 1999). Sin embargo, contrastan con los resultados reportados por Valencia *et al.* (1990) quienes indicaron que el anestro de las cabras Criollas alimentadas adecuadamente en el altiplano Mexicano está limitado a sólo 2 o 3 meses durante la primavera.

Los resultados del presente estudio difieren de lo reportado por otros autores en el sentido de que en las regiones subtropicales la disponibilidad de alimento es el principal factor que determina los períodos de actividad e inactividad sexual de las especies que habitan estas latitudes (Bronson, 1989; Kawas *et al.*, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1994, Pérez-Clairet *et al.*, 1998).

La evolución de la secreción de la LH en las cabras OVX + E fue similar a la actividad sexual de las cabras intactas. Los niveles altos coincidieron con los períodos ovulatorios, mientras que los niveles bajos, con los períodos anovulatorios. Estos datos sugieren que la estación del año, posiblemente a través del fotoperiodo, modificó la sensibilidad del eje hipotálamo hipofisario a la retroacción negativa del estradiol, lo que provocó los cambios en la secreción de la LH. En efecto, los niveles se incrementaron durante los días decrecientes, cuando la retroacción negativa del estradiol sobre la secreción de la LH es débil, y disminuyeron durante los días crecientes, cuando existe una fuerte retroacción negativa del estradiol sobre esta hormona (Pelletier y Ortavant, 1975). La coincidencia entre la secreción de la LH de las cabras OVX + E y la actividad sexual de las cabras intactas valida el uso del modelo de cabras OVX + E, y coincide con lo reportado en las ovejas Suffolk por Legan y Karsch (1980).

Aunque es probable que el fotoperiodo sea el factor responsable de la estacionalidad reproductiva previamente señalada, existen otros factores del medio ambiente que actúan como moduladores de esta estacionalidad. Efectivamente, la secreción de la LH disminuyó a niveles basales un mes antes (enero-febrero) en las cabras OVX + E mantenidas en condiciones extensivas que en las mantenidas en condiciones intensivas (febrero-marzo). Esta diferencia pudo deberse a una disminución de la disponibilidad de alimento durante este período. En efecto, el final de la actividad neuroendócrina se produjo durante la época de sequía, y por consiguiente, durante la época del año en que la disponibilidad del alimento para los animales en condiciones extensivas se reduce considerablemente. Esto contrastó con lo observado para el inicio de la actividad neuroendócrina, la cual no fue diferente entre los grupos y ocurrió en julio y agosto, cuando se mejora considerablemente

la disponibilidad del alimento de los animales en sistema extensivo debido al inicio de las lluvias y disponibilidad de algunos esquilmos agrícolas. La influencia de la alimentación como moduladora de la actividad sexual ha sido descrita en ovejas (González Stagnaro, 1984).

Las cabras OVX + E mantenidas en condiciones intensivas y extensivas mostraron un ritmo anual de secreción de prolactina (PRL), con niveles bajos durante el otoño y el invierno (días cortos), cuando la temperatura es baja, y altos valores en la primavera y el verano (días largos), cuando la temperatura es mayor. Este perfil de secreción estuvo inversamente relacionado con los patrones de actividad sexual y neuroendócrina de los grupos utilizados. Las variaciones de la secreción de la PRL coinciden con las reportadas por otros autores tanto en cabras como en ovejas (Prandi *et al.*, 1988; Curlewis, 1992; von Brackel-Bodenhausen *et al.*, 1994; Kaplan y Katz, 1994).

Los niveles de PRL fueron diferentes entre los 2 grupos, y las concentraciones plasmáticas en las cabras OVX+E manejadas en extensivo fueron superiores durante el primer año de estudio con respecto al grupo de cabras OVX+E en sistema intensivo. Esto se debió, posiblemente, a que las primeras estuvieron sometidas a muchas horas de radiación solar durante el pastoreo, mientras que las OVX+E en intensivo permanecieron bajo la sombra. En efecto, en el presente estudio la secreción de PRL estuvo correlacionada, además de con el fotoperiodo, con la temperatura.

Los resultados de este estudio permiten concluir que la estacionalidad reproductiva de las cabras de la Región Lagunera no es provocada por los cambios en el nivel y calidad de la alimentación. Estas variaciones estacionales de la reproducción están, posiblemente, moduladas por otros factores del medio ambiente. El fotoperiodo parece ser el principal candidato sincronizador de la actividad reproductiva.

3.6. Bibliografía

- Aboul-Naga AM., Aboul-Ela MB. and Ferial Hassan. Manipulation of reproductive activity in subtropical sheep. *Small Rumin. Res.* 1992; 7: 151-160.
- Amoah EA., Gelaye S., Guthrie P., Rexroad C.E. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *J. Anim. Sci.* 1996; 74: 723-728.
- Avdi M., Driancourt MA. et Chemineau P. Variations saisonnières du comportement d'oestrus et l'activité ovulatoire chez les brebis Chios et Serres en Grèce. *Reprod. Nutr. Dev.* 1993; 33: 15-24.
- Bronson FH. Food as approximate factor: Neuroendocrine Pathways. In: *Mammalian Reproductive Biology*. The University of Chicago Press. Chicago, 1989; 61-89.
- Carrera C. and Butterworth MH. Preliminary studies on the oestrus cycle in goats. *Proc. 2nd. Wld. Conf. Anim. Prod.* College Park, Md. 1968; 368-369.
- Chemineau P., Gauthier D. Poirier JC. and Saumande J. Plasma levels of LH, FSH, prolactin, oestradiol-17 beta and progesterone during natural and induced oestrus in the dairy goat. *Theriogenology*. 1982; 17: 313-323.
- Chemineau P., Daveau A., Maurice F. and Delgadillo JA. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.* 1992; 8: 299-312.
- CENID-RASPA-INIFAP. Registros de esta institución, 1997.
- CONAGUA. Registros oficiales de esta dependencia, 1997.
- Curlewis JD. Seasonal prolactin secretion and its role in seasonal reproduction : A review. *J. Reprod. Fertil. Dev.* 1992; 4: 1-23.
- Delgadillo JA., Leboeuf B. and Chemineau P. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiod cycles. *Theriogenology* 1991; 36: 755-770.
- Delgadillo JA. and Chemineau P. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats by short photoperiodic cycles. *J. Reprod. Fertil.* 1992; 94: 45-55.
- Delgadillo JA. and Malpaux B. Reproduction in goats in the tropics and subtropics. In VI International Conference on Goats. Beijing, China. 1996, Vol 2, pp: 785-793.

Delgadillo JA., Flores JA., Villarreal O., Flores MJ., Hoyos G., Chemineau P. and Malpoux B. Length of postpartum anestrus in goats in subtropical México: Effect of season of parturition and duration of nursing. *Theriogenology*. 1998; 49: 1209-1218.

Delgadillo JA., Canedo GA., Chemineau P. Gullaume D. and Malpoux B. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern México. *Theriogenology*. 1999; 52 (4): 727-737.

García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (Modifications of the climate classification system of Köppen) Instituto de geografía. UNAM, México, D.F. 1973., pp 145.

Gonzalez-Stagnaro C. Comportamiento reproductivo de las razas locales de rumiantes en el Trópico Americano. In: P. Chemineau, D. Gautier, J. Thimonier (eds). *Reproduction des ruminants en Zone tropicale*, June 8-10, Pointe a Pitre. Paris: Les Colloques de l'INRA, 1984: 1-83.

Goodman RL., Bittman EL., Foster DL. and Karsch FJ. Alterations in the control of luteinizing hormone pulse frequency underlie the seasonal variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biol. Reprod.* 1982; 27: 580-589.

Goodman RL., and Karsch FJ. Pulsatile secretion of luteinizing hormone: Differential suppression by ovarian steroids. *Endocrinology*. 1980; 107 (5): 1286-1290.

Goodman RL., Bittman EL., Foster DL. and Karsch FJ. Alteration in the control of luteinizing hormone pulse frequency underlie the seasonal variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biol. Reprod.* 1982; 27: 580-589.

Gutiérrez J. Comportamiento y eficiencia reproductiva en cabras de la región central del estado de Chihuahua. Centro de Investigación y Fomento Pecuario. Univ. Autónoma de Chihuahua, México, (17) 1979.

Henniawati, Restall BJ. BJ and Scaramuzzi RJ. Effect of season on LH secretion in ovariectomized Australian Cashmere does. *J. Reprod. Fert.* 1995; 103: 349-356.

Kann, G. Dosage radioimmunologique de la prolactine plasmatique chez les ovines. *C-R-Acad-Sci. Paris. Serie D.* 1971; 272 (22): 2808-2811.

Kaplan DH. and Katz LS. Exposure to constant photoperiod alters serum prolactin concentrations and behavioral response to estradiol in the ovariectomized goat. *J. Anim. Sci.* 1994; 72: 3088-3097.

Karsch FJ., Dierschke DJ., Weick RF., Yamaji T., Hotchkis J. and Knobil E. Positive and negative feedback control by estrogen of luteinizing hormone secretion in the rhesus monkey. *Endocrinology*. 1973; 92: 799-804.

Karsch FJ., Bittman EL., Foster DL., Goodman RL., Legan SJ., Robinson JE. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Prog. Horm. Res.* 1984; 40: 185-232.

Kawas JR., Foote WC. and Simplicio A. Nutritional aspects of female reproduction. In: V International Conference on goats. New Delhi, vol II, part II. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi, India. 1992; pp 342-354.

Legan SJ. and Karsch FJ. Neuroendocrine regulation of the estrus cycle and seasonal breeding in the ewe. *Biol. Reprod.* 1979; 20: 74-85.

Legan SJ. and Karsch FJ. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: Modulation of the negative feedback action of estradiol. *Biol. Reprod.* 1980; 23: 1061-1068.

Lincoln GA. and Short RV. Seasonal breeding: Nature's contraceptive. *Recent Prog. Horm. Res.* 1980; 36: 1-52.

Malpaux B., Thiery JC. and Chemineau P. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 1999; 39 (3): 355-366.

Martin GB. and Walkden-Brown SW. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 1995; 49: 437-439.

McNeilly AS., Tay CC. and Glasier A. Physiological mechanisms underlying lactational amenorrhea. *Ann. NY Acad. Sci.* 1994; 18; 709: 145-155.

Montgomery GW., Martin GB. and Pelletier J. Changes in pulsatile LH secretion after ovariectomy in Il-de-France ewes in two seasons. *J. Reprod. Fertil.* 1985; 73: 73-173.

Ortavant R., Pelletier J., Ravault JP., Thimonier J. and Volland-Nail P. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm animals. *Oxford Rev. Reprod. Biol.* 1985; 7: 305-345.

Pelletier J., Garnier DH. De Reviere MM., Terqui M. and Ortavant R. Seasonal variation in LH and testosterone release in rams of two breeds. *J. Reprod. Fert.* 1982; 64: 341-346.

Pelletier J. and Ortavant R. Photoperiodic control of LH release in the ram: I Light-androgens interaction. *Acta. Endocr. Copenh.* 1975; 78: 442-450.

Pérez-Clariget C., Bermúdez J., Andersson H. and Burgueño J. Influence of nutrition on testicular growth in Corriedale rams during spring. *Reprod. Nutr. Dev.* 1998; 38: 529-538.

Prandi A., Motta M., Chiesa F. and Tamanini. Circannual rhythm of plasma prolactin concentration in the goat. *Anim. Reprod. Sci.* 1988; 17: 85-94

Restall BJ. Seasonal variation in reproductive activity in Australian Goats. *Anim. Reprod. Sci.* 1992; 27: 305-318.

Sáenz-Escárcega P., Hoyos FG., Salinas GH., Espinoza AJ., Guerrero BA. y Contreras GE. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. INIFAP-CIID. Matamoros, Coahuila, México. 1991; pp. 24-34.

Schmidt RH. The arid zones of México: climatic extremes and conceptualization of the Sonora desert. *J. Arid. Env.* 1989; 16: 241-256.

Super ANOVA, Vers. 1.11. 1989-1991. Abacus Concepts, Inc. 1984 Bonita Av. Berkeley, California, 94704-1038.

Therqui M. et Thimonier J. Nouvelle méthode radioimmunologique rapide pour l'estimation du niveau de progestérone plasmatique. Application pour le diagnostic précoce de la gestation chez la brebis et chez la chèvre. *Cr. Herb. Séanc. Acad. Sci. Paris.* 1974; 61-78.

Valencia J., Zarco L., Ducoing A., Murcia C. and Navarro H. Breeding season of criollo and Granadina goats under constant nutritional level in the Mexican highlands. In: *Livestock Reproduction. in Latin America. International. Atomic Energy Agency, Vienna.* 1990; 321-333.

von Brackel-Bodenhausen A., Wuttke W. and Holtz W. Effects of photoperiod and slow-release preparations of bromocryptine and melatonin on reproductive activity and prolactin secretion in female goats. *J. Anim.Sci.* 1994; 72: 955-962.

Walkden-Brown., Restall BJ., Norton BW., Scaramuzzi BW. and Martin GB. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odor in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fert.* 1994; 102: 351-360.

4. Efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera

4.1. Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar del 1 de marzo de 1996 al 28 de febrero de 1998, el efecto del fotoperiodo sobre la actividad reproductiva de las cabras Criollas. Se utilizaron 28 cabras intactas distribuidas en 3 grupos. El grupo testigo ($n=12$), en estabulación, fue sometido a las variaciones naturales de la temperatura y fotoperiodo de la región. Dos grupos experimentales ($n=8$, c/u) fueron alojados en habitaciones fotoperiódicas y expuestos a las variaciones naturales de temperatura y sometidos a cambios abruptos de 3 meses de días largos (14 h de luz/día) seguidos de 3 meses de días cortos (10 h de luz/día): Un grupo inició con días largos (GDL) y otro con días cortos (GDC). Los tres grupos fueron mantenidos constantemente en un plano nutricional adecuado. La actividad ovulatoria de las cabras testigo presentó variaciones estacionales. Esta actividad inició y terminó el 10 de septiembre (± 5 días) y el 16 de febrero (± 4 días) respectivamente. La duración promedio de la actividad ovulatoria fue de 150 ± 7 días. El anestro entre las 2 estaciones duró 181 ± 6 días. En los grupos tratados, la actividad ovárica fue modificada por los tratamientos fotoperiódicos. En el GDL el intervalo del inicio de la actividad ovulatoria después de pasar de días largos a cortos, fue en promedio 67 ± 2 días, mientras que el final de la actividad ovulatoria después de pasar de días cortos a largos fue en promedio 19 ± 3 días. La duración promedio de esta actividad fue de 44 ± 6 días. No se encontró ninguna diferencia en la duración de la actividad ovulatoria entre los ciclos registrados en este grupo. En el GDC el intervalo del inicio de la actividad ovulatoria después de pasar de días largos a cortos, fue similar al del grupo anterior pues duró 66 ± 2 días. El intervalo del final de la actividad ovulatoria después de pasar de días cortos a largos, fue de 29 ± 3 días. La duración del segundo período de actividad ovulatoria fue más corta (62 ± 4 días) que el primero (89 ± 4 días) y tercer (84 ± 9 días) períodos ($p<0.05$). El resultado de la correlación indicó que no existe relación alguna entre la temperatura y el inicio de la actividad ovulatoria de las cabras en tratamientos fotoperiódicos ($P>0.05$). En la correlación entre la temperatura y el final de la actividad ovulatoria el análisis indicó que existe relación entre estos dos parámetros ($P<0.001$). Se concluye que el fotoperiodo es el principal factor del medio ambiente que sincroniza la reproducción estacional en las cabras Criollas de la Comarca Lagunera.

Palabras clave: Fotoperiodo artificial, estacionalidad reproductiva, actividad ovulatoria, cabra Criolla

4.2. Introducción

Las hembras de algunas razas caprinas adaptadas u originarias de las zonas subtropicales presentan variaciones estacionales de su actividad reproductiva (Benavides, 1984; Santa María *et al.*, 1990; Restall, 1992; Delgadillo y Malpoux, 1996). En las hembras caprinas de la raza Cashmere en Australia, por ejemplo, la época de actividad reproductiva se presenta de febrero a agosto (otoño-invierno), y el período de reposo o inactividad reproductiva, de septiembre a enero (primavera-verano).

En las 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 (Bronson y Heideman, 1994; Delgadillo y Malpoux, 1996). Sin embargo, en el subtrópico Mexicano (26° N), las cabras Criollas intactas y las ovariectomizadas tratadas con un implante subcutáneo de estradiol, mantenidas en estabulación y alimentadas adecuadamente, presentan también amplias variaciones estacionales de su actividad reproductiva. En las cabras intactas, el período de actividad reproductiva inicia en septiembre y termina en febrero (Duarte *et al.*, 1999). Estos datos sugieren que otros factores diferentes a la nutrición podrían estar involucrados en la estacionalidad reproductiva. El presente estudio se efectuó para determinar si el fotoperiodo es el factor responsable de la estacionalidad reproductiva observada en las cabras Criollas en el subtrópico seco Mexicano.

4.3. Materiales y métodos

Este estudio fue realizado del 1 de marzo de 1996 al 28 de febrero 1998 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en la Comarca Lagunera de Coahuila (26° Latitud Norte, 103° longitud O), situada a una altitud de 1100-1400 msnm (Schmidt, 1989). El clima es muy seco y extremo, semicálido con lluvias en verano BS (k); (Köppen, modificada por García, 1973). La precipitación pluvial promedio es de 235 mm anuales, concentrándose en los meses de julio a octubre, y una temperatura media mensual de 12.7° C en enero y 28.5° C en junio, con extremas de -5° C y 44° C. El día más largo (21 de

junio) es de 13h 41 minutos y el día más corto (21 de diciembre) es de 10h 19 minutos (CENID-RASPA-INIFAP, 1997; CONAGUA, 1997).

Se utilizaron 28 cabras intactas que tenían entre 1.5 y 5 años de edad al inicio del experimento. Las cabras provenían de diferentes hatos de la Comarca Lagunera y presentaban diferente grado de encaste de las razas Alpina, Nubia y Saanen. A este biotipo se le denomina raza Criolla. Una descripción completa de estos animales fue reportada previamente por Delgadillo *et al.* (1999).

4.3.1. Tratamientos fotoperiódicos

Al iniciar el experimento el 1 de marzo (fin del invierno), las cabras tenían una historia fotoperiódica natural de días crecientes posteriores al solsticio de invierno. En ese momento las hembras fueron distribuidas en 3 grupos. El grupo testigo (n=12), fue conformado por cabras adultas que fueron alojadas en un corral (6 x 4 m) con sombra y sometido a las variaciones naturales de la temperatura y fotoperiodo de la Comarca Lagunera (Figura 4.3.1 a). Los 2 grupos experimentales fueron conformados con cabras jóvenes que fueron alojados en habitaciones que permitían controlar artificialmente la duración del día, y estuvieron expuestos a las variaciones naturales de la temperatura. Estas habitaciones estaban equipadas con 8 lámparas de luz de día de 75 watts cada una, las cuales proporcionaban al menos 300 lux al nivel de los ojos de los animales. El encendido y apagado de las lámparas se efectuaba automáticamente con relojes programables. Además, la habitación contaba con un extractor de aire. Los 2 grupos experimentales (n=8, cada uno), fueron sometidos a cambios abruptos de 3 meses de día largos (14 h de luz/día) y 3 meses de días cortos (10 h de luz/día). Con la finalidad de disociar el fotoperiodo de otros factores climáticos, como la temperatura, un grupo inició con días cortos, y otro con días largos (Figura 4.3.1 b y c). El alba (encendido de la luz) fue fija y ocurrió siempre a las 7:00 h, mientras que el crepúsculo (apagado de la luz) ocurrió a las 17:00 h durante los días cortos y a las 21:00 h durante los días largos.

Todos los animales fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 200 g diarios de concentrado con 14 % proteína cruda para cada animal. Las sales minerales en bloque y el agua fueron proporcionadas también a libre acceso.

4.3.2. Variables determinadas

4.3.2.1. Temperatura ambiental

La temperatura del medio ambiente en las instalaciones de las cabras del grupo testigo, así como la temperatura de las habitaciones fotoperiódicas de los grupos experimentales, fue determinada semanalmente con un termómetro que registró las temperaturas máxima y mínima.

4.3.2.2. Peso corporal

El peso corporal de las cabras de los 3 grupos fue determinado cada 15 días utilizando una báscula con capacidad de 300 kg y con una precisión de 200 g. La determinación fue siempre realizada por la misma persona y a la misma hora antes de la distribución del alimento.

4.3.2.3. Actividad ovulatoria

La actividad ovulatoria de las cabras fue determinada mediante 2 sangrados por semana para conocer los niveles plasmáticos de la progesterona. Para ello se obtuvieron 5 ml de sangre de la vena yugular en tubos al vacío, que contenían EDTA como anticoagulante. Inmediatamente después de su obtención, las muestras fueron centrifugadas a 3000 rpm por 30 min. El plasma obtenido fue congelado a -15°C hasta la determinación de los niveles plasmáticos de progesterona. La concentración plasmática de progesterona fue determinada mediante la técnica de radioinmunoanálisis descrita por Terqui y Thimonier (1974). Se consideró que la hembra que presentaba niveles >1 ng de progesterona por ml de plasma, tenía un cuerpo lúteo funcional.

4.3.3. Análisis de datos

4.3.3.1. Peso corporal de los 3 grupos en estudio

Los datos individuales del grupo testigo fueron sometidos a un ANOVA con medidas repetidas a un factor (tiempo). Los datos individuales de las cabras de los 2 grupos experimentales fueron sometidos también a un ANOVA con medidas repetidas a 2 factores (grupo*tiempo del experimento).

4.3.3.2. Actividad ovárica

En el grupo testigo se calcularon la fecha promedio del inicio y del final de los períodos de actividad ovárica. En los 2 grupos experimentales se calcularon la fecha promedio del inicio y final de cada período de actividad ovulatoria, así como la duración de los períodos de inactividad ovárica. La duración de la actividad ovulatoria de cada uno de los 2 grupos experimentales fue sometida a un ANOVA a un factor (período; Super ANOVA, 1989). Asimismo, se calculó el intervalo entre el inicio de los días cortos y el inicio de la actividad ovulatoria, así como el intervalo entre el inicio de los días largos y el final de ésta actividad.

4.3.3.3. Temperatura y actividad ovárica

En los grupos experimentales se correlacionó la temperatura con el inicio y el final de la actividad ovulatoria. Las temperaturas máximas, mínimas y promedio que recibieron las cabras 15 y 30 días antes de iniciada la actividad ovulatoria así como las temperaturas que recibieron 15 días antes y después de cambiar de días largos a días cortos. Se utilizó la misma correlación para el final de la actividad ovulatoria utilizando las temperaturas máximas, mínimas y promedio que recibieron las cabras 15 y 30 días antes de finalizada esta actividad, así como las temperaturas que recibieron 15 y 30 días antes de cambiar de días cortos a días largos.

4.4. Resultados

4.4.1. Peso corporal

El peso corporal de las cabras de los 3 grupos se muestra en la Figura 4.4.1. El ANOVA indicó un efecto del tiempo ($p < 0.05$) sobre la evolución del peso corporal de las cabras testigo durante el período de estudio. En este grupo, el peso corporal se incrementó de 49 ± 3 kg al inicio del estudio a 55 ± 3 kg al final del mismo. El ANOVA sobre el peso corporal de los 2 grupos de cabras experimentales indicó la existencia de un efecto del tiempo ($P < 0.0001$). Sin embargo, no existió ninguna interacción grupo*tiempo del experimento, lo que indica que la evolución de esta variable fue similar en ambos grupos. En el grupo que inició con días largos, el peso corporal se incrementó de 39 ± 3 kg al inicio del estudio a 61 ± 4 kg al final del mismo. En el grupo que inició con días cortos, estos valores fueron de 41 ± 1 kg y 61 ± 4 kg, respectivamente.

4.4.2. Pseudogestaciones

Durante el período de estudio, 4 cabras del grupo que inició con días largos y una cabra del grupo que inició con días cortos presentaron cuerpos lúteos persistentes, detectados por los prolongados niveles de progesterona > 1 ng/ml plasmática. El inicio de la pseudogestación ocurrió cuando las cabras pasaron de días cortos a largos, lo que sugiere que el último cuerpo lúteo del período de actividad ovulatoria no fue destruido y continuó secretando progesterona. La duración promedio de estas pseudogestaciones fue de 103 ± 8 días con rangos de 67 a 126 días.

4.4.3. Actividad ovárica

La actividad ovárica de las cabras testigo presentó variaciones estacionales bien definidas (Figura 4.4.2 a y 4.4.3 a). La primera estación de actividad ovulatoria inició el 1 de octubre (± 5 días) de 1996 y terminó el 22 de febrero (± 6 días) de 1997. La duración de esta actividad ovulatoria en este período fue de 146 ± 9 días. Posteriormente, la segunda estación inició el 19 de agosto (± 2 días) de 1997 y terminó el 8 de febrero (± 6 días) de

1998. La duración de esta actividad ovulatoria fue de 171 ± 8 días, mientras que la duración del anestro entre las 2 estaciones de actividad ovulatoria fue de 181 ± 6 días.

Contrariamente a lo observado en el grupo testigo, la estacionalidad de la actividad ovulatoria de las hembras experimentales, fue modificada. En los 2 grupos, la actividad ovárica fue modificada por los cambios fotoperiódicos, y ésta inició durante los días cortos y terminó durante los días largos (Figura 4.4.2 y 4.4.3 b y c). En efecto, durante el estudio se registraron tres períodos completos de actividad e inactividad ovulatoria en las cabras experimentales. En los 2 grupos, el intervalo promedio de los 3 períodos registrados desde el inicio de días cortos hasta el inicio de la actividad ovulatoria fue similar (67 ± 2 días para el grupo DL y 66 ± 2 días para el grupo DC, Cuadro 4.4.1). El intervalo promedio desde la transferencia de días cortos a largos hasta el final de la actividad ovulatoria fue de 19 ± 3 días en el grupo que inició con días largos y de 29 ± 3 días en el grupo que inició con días cortos (Cuadro 4.4.2). La duración de la actividad ovulatoria en las cabras que iniciaron con días largos fue similar en cada uno de los períodos registrados durante el estudio (período 1: 64 ± 7 ; período 2: 63 ± 4 ; período 3: 68 ± 6 días). En cambio, en el grupo que inició con días cortos, el segundo período de actividad ovulatoria fue más corto (62 ± 4 días) que el primero (89 ± 4 días) y tercer (84 ± 9 días) períodos ($p < 0.05$; Cuadro 4.4.3).

4.4.4. Relación inicio y final de la actividad ovulatoria con la temperatura

El resultado de las correlaciones indicó que no existe relación entre la temperatura máxima, mínima y promedio recibida por las cabras experimentales 15 y 30 días antes de pasar de días largos a días cortos con el inicio de la actividad ovulatoria ($P > 0.05$). En la correlación entre la temperatura y el final de la actividad ovulatoria, el análisis indicó que existe relación entre estos dos parámetros. Las correlaciones entre la temperatura máxima, mínima y promedio recibida por las cabras de ambos grupos 15 y 30 días antes de pasar de días cortos a días largos fueron: $r = -0.660$, $r = -0.642$, $r = -0.654$ ($P < 0.001$) y $r = -0.359$, $r = -0.353$ y $r = -0.559$ ($P < 0.05$), respectivamente. Igualmente, existió relación entre la temperatura máxima, mínima y promedio que recibieron las cabras 15 y 30 días antes de la

última ovulación, estas correlaciones fueron: $r = -0.632$, $r = -0.561$, $r = -0.596$ y $r = -0.587$, $r = -0.586$ y $r = -0.588$ ($P < 0.001$), respectivamente (Figura 4.4.4.).

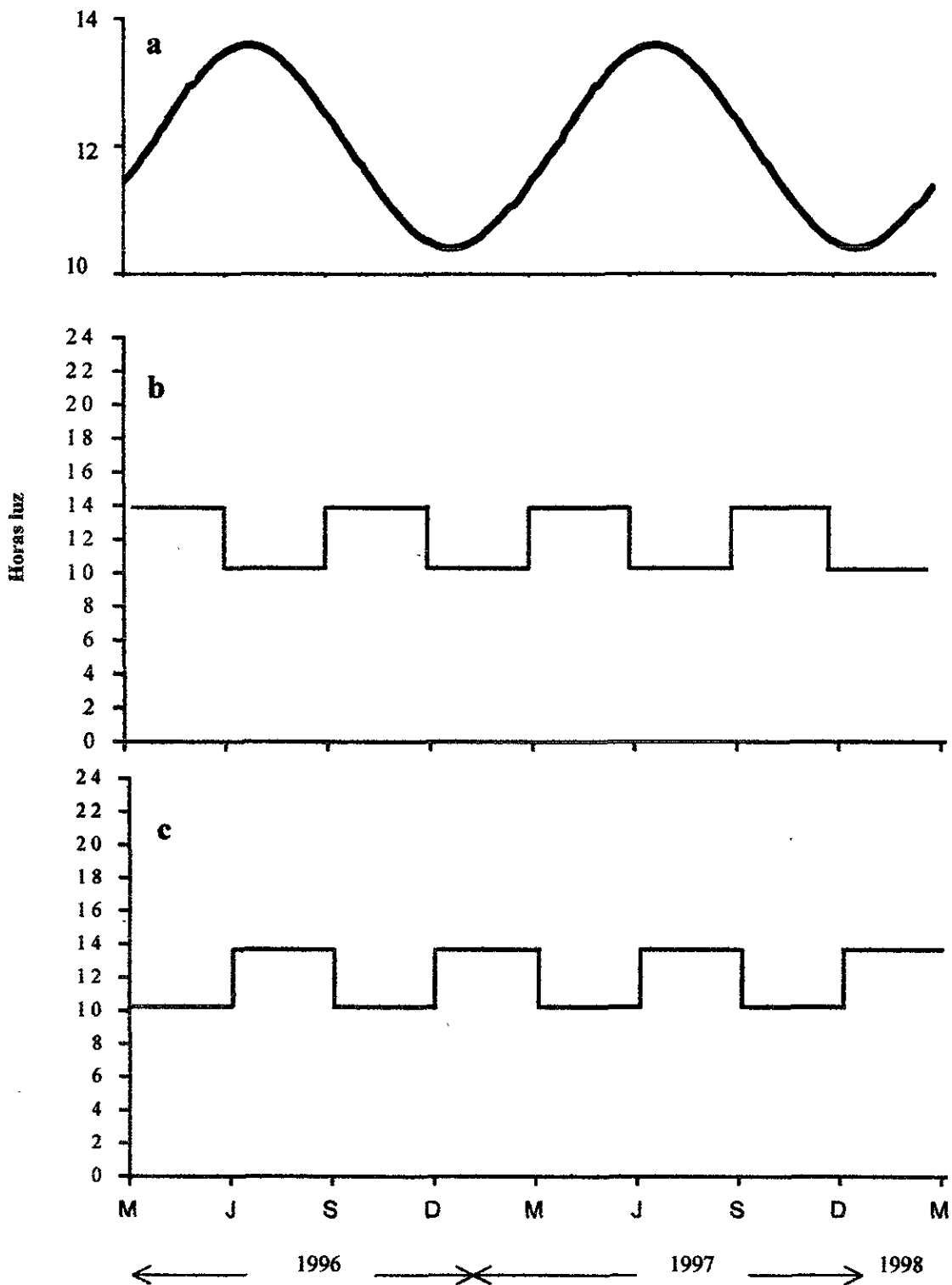


Figura 4.3.1. Diseño experimental, fotoperiodo natural que perciben las cabras testigo (a), protocolo de tratamientos fotoperiódicos alternos cada 90 días, un grupo de cabras inicia con días largos de 14 horas luz-10 horas de oscuridad (b), y otro grupo inicia con días cortos de 10 horas luz-14 horas de oscuridad (c) de marzo de 1996 a febrero de 1998.

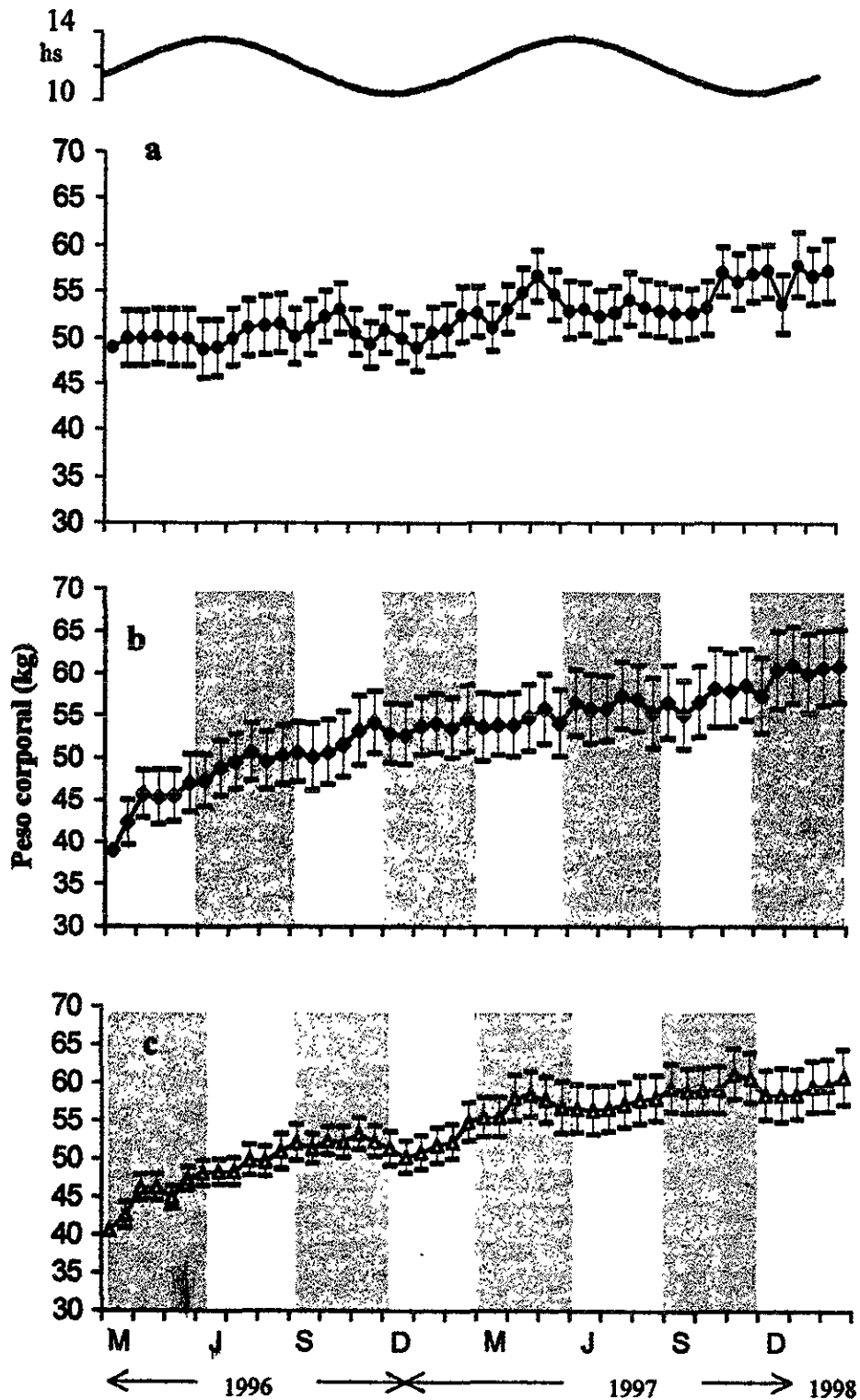


Figura 4.4.1. Evolución del peso corporal promedio (\pm eem) de las cabras intactas mantenidas en fotoperiodo y temperatura naturales de la Comarca Lagunera a 26° latitud norte (● a); y de las cabras en fotoperiodos alternos cada 90 días de días largos y cortos. Un grupo inició con días largos (◆ b) y otro grupo inició con días cortos (Δ c). Las áreas grises indican días cortos.

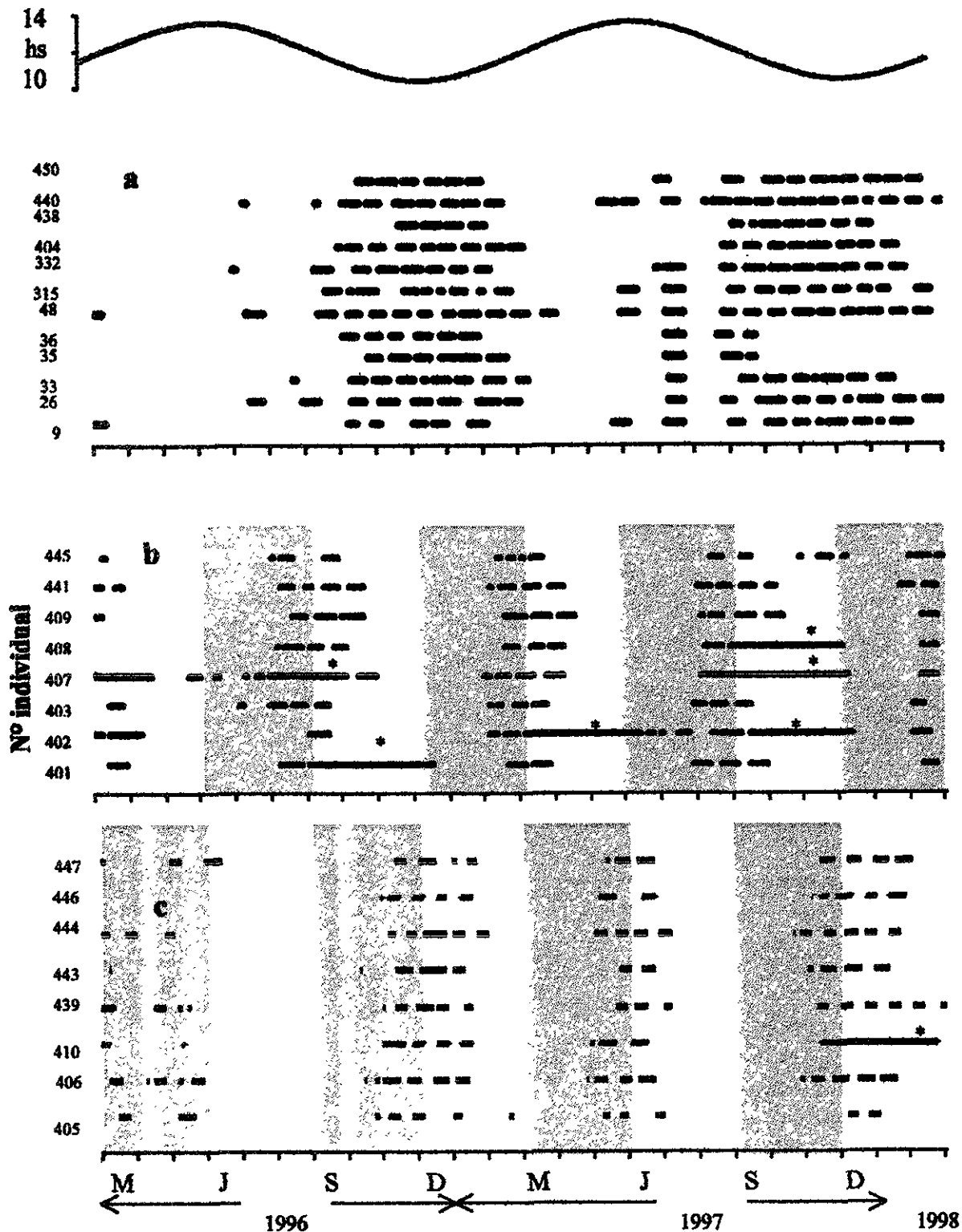


Figura 4.4.2. Actividad luteal individual de las cabras testigo con fotoperiodo y temperatura natural (a), y de las cabras con tratamientos fotoperiódicos que iniciaron con días largos (b) y con días cortos (c). Los asteriscos (*) indican cuerpos lúteos persistentes, las áreas grises indican días cortos.

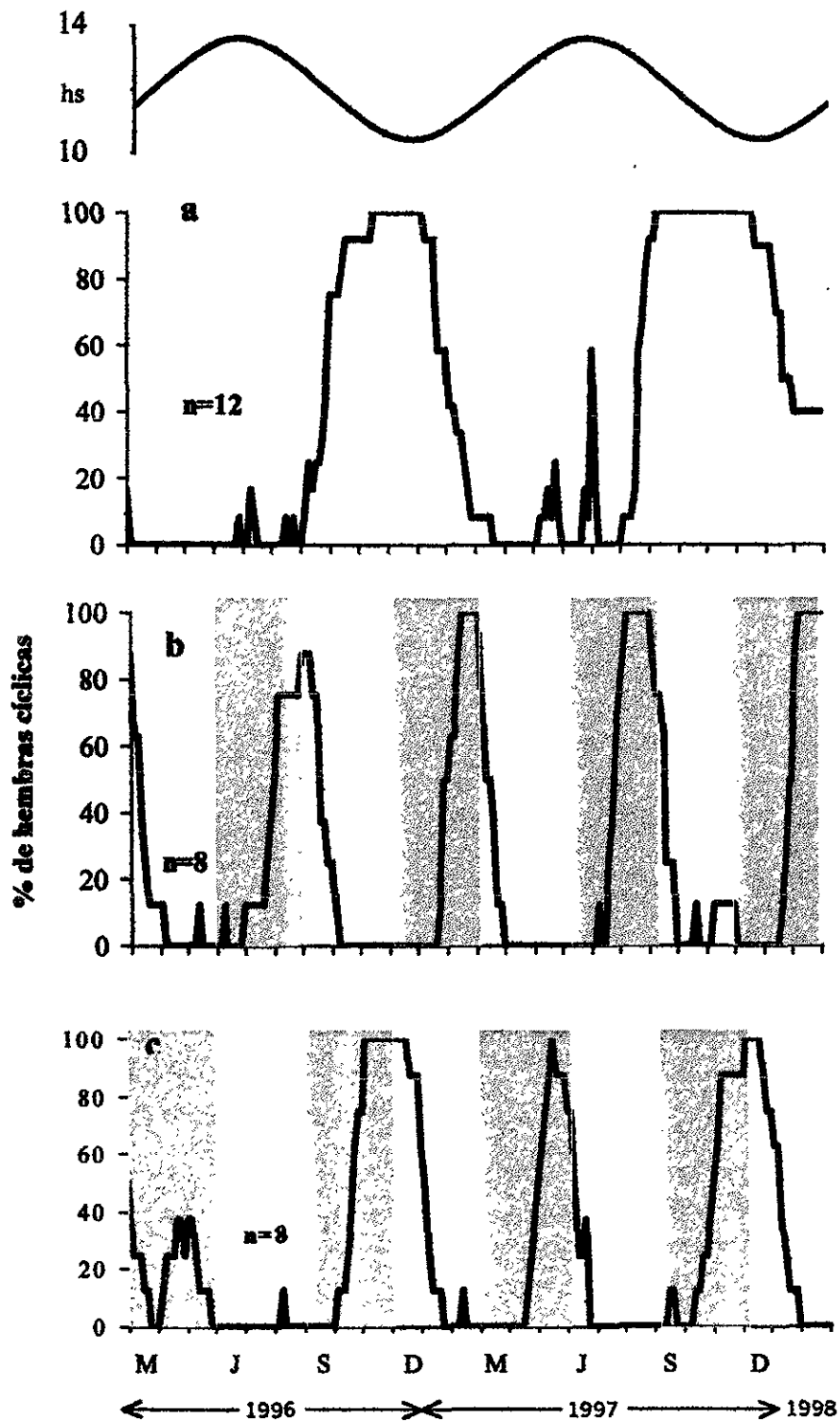


Figura 4.4.3. Actividad ovulatoria de cabras en fotoperiodo natural (a), y en cámaras de fotoperiodo artificial (b y c) con cambios abruptos de 90 días cortos (10 h luz-14 h oscuridad, área gris) y 90 días largos (14 h luz-10 h oscuridad, área clara).

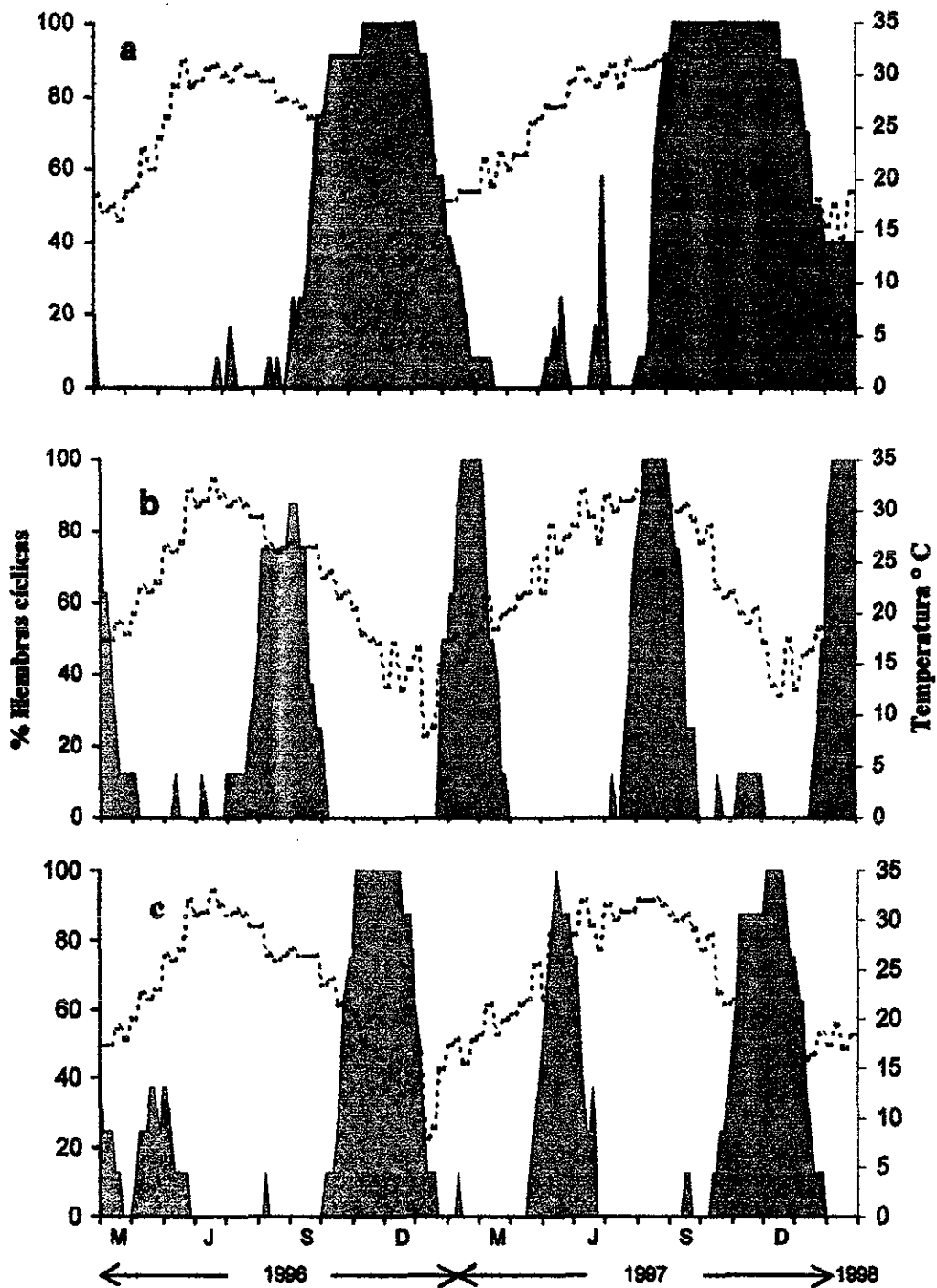


Figura 4.4.4. Temperatura ambiente promedio y actividad ovulatoria de las cabras en fotoperiodo natural (a), y en cámaras de fotoperiodo artificial (b y c) con cambios abruptos de días cortos (10 h luz-14 h oscuridad) y días largos (14 h luz-10 h oscuridad) cada 90 días.

Cuadro N° 4.4.1

Intervalo promedio \pm eem (días) entre la transferencia de días largos a días cortos y el inicio de la actividad ovulatoria

Grupo	Primer período	Segundo período	Tercer período	Cuarto período	Promedio
DL	71 \pm 4	71 \pm 3	61 \pm 3	66 \pm 3	67 días
DC	61 \pm 3	68 \pm 4	70 \pm 5	No registrado	66 días

Cuadro N° 4.4.2

Intervalo promedio \pm eem (días) entre la transferencia de días cortos a días largos y la terminación de la actividad ovulatoria

Grupo	Primer período	Segundo período	Tercer período	Promedio
DL	20 \pm 5	21 \pm 3	17 \pm 5	19
DC	35 \pm 3	15 \pm 3	41 \pm 5	29

Cuadro N° 4.4.3

Duración promedio \pm eem (días) de la actividad ovulatoria en cabras con tratamientos fotoperiódicos alternos de 90 días cortos (10 h luz-14 h oscuridad) y 90 días largos (14 h luz-10 h oscuridad)

Grupo	Primer período	Segundo período	Tercer período	Promedio
DL	64 \pm 7 a	63 \pm 4 a	68 \pm 6 a	65 días
DC	90 \pm 4 a	62 \pm 4 b	84 \pm 9 a	79 días

Letras diferentes en las filas indican diferencia (P<0.05).

4.5. Discusión

Los resultados del presente estudio indican que las cabras Criollas de la Comarca Lagunera son sensibles a las variaciones del fotoperiodo, y sugieren que este factor puede tener un papel importante en el desarrollo del ciclo anual de reproducción de los caprinos en el subtrópico Mexicano. En las cabras testigo, mantenidas bajo las variaciones naturales del fotoperiodo, la actividad ovulatoria fue estacional, iniciando en septiembre y terminando en febrero. En cambio, esta estacionalidad fue modificada por los tratamientos fotoperiódicos, y la actividad ovulatoria se presentó de acuerdo a las variaciones fotoperiódicas a las que fueron sometidos los 2 grupos experimentales. En efecto, en ambos grupos experimentales, la actividad ovulatoria inició durante los días cortos y terminó durante los días largos. En los dos grupos, el intervalo promedio desde la transferencia de días largos a cortos hasta el inicio de la actividad ovulatoria, fue de 66-67 días (grupos que iniciaron con DL y DC, respectivamente). En cambio, el final de la actividad ovulatoria ocurrió en promedio 19 y 29 días (grupos que iniciaron con DL y DC), después de pasar de días cortos a días largos. La repetibilidad del ciclo anual en las cabras testigo, y los resultados obtenidos en las cabras sometidas a alternancias de días largos y cortos, sugieren fuertemente que la estacionalidad reproductiva depende de un factor constante de un año a otro, el fotoperiodo. Es interesante señalar que 4 horas de diferencia entre los días largos y cortos fueron suficientes para sincronizar la actividad ovulatoria de las cabras experimentales, y sugiere que las variaciones del fotoperiodo presentes en condiciones naturales en la latitud de la Comarca Lagunera son suficientes para sincronizar el ciclo anual de reproducción de las hembras caprinas del norte de México. Esto difiere de lo que se ha postulado para los animales de zonas subtropicales, en donde se considera que la alimentación es el factor responsable de los períodos de actividad e inactividad sexual (Bronson, 1989; Kawas, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1994, Pérez-Clairget *et al.*, 1998).

Durante el presente estudio, cuatro cabras del grupo que inició con días largos y una del grupo que inició con días cortos presentaron niveles de progesterona continuos que indicaron la presencia de un cuerpo lúteo persistente, lo que condujo a pseudogestaciones. Las causas de la

pseudogestación en las cabras no son del todo conocidas, sin embargo se han asociado a un efecto luteotrófico de la prolactina, por lo que las pseudogestaciones se presentan durante los días largos o crecientes. Sin embargo, estudios realizados en cabras, indican que no existe correlación entre las concentraciones altas de la prolactina y la presencia de un cuerpo lúteo persistente, sugiriendo que la prolactina no tiene un papel importante en la etiología de la pseudogestación en cabras (Hesselink *et al.*, 1995, Kornalijnslijper *et al.*, 1997).

La hidrometra o pseudogestación está caracterizada por la acumulación de líquido aséptico en el útero y la persistencia de un cuerpo lúteo, y su incidencia varía entre el 3 y 20 % (Hesselink, 1993). Las evidencias sugieren que esta acumulación de líquido dentro del útero es el resultado de una persistencia del cuerpo lúteo, y no la causa de ello (Pieterse y Taverne, 1986). La prostaglandina F2 α producida de manera pulsátil por el útero, es responsable de la luteólisis (Battye *et al.*, 1996). Existe un mecanismo de retroalimentación mediante el cual la PGF2 α estimula la liberación de oxitocina luteal la cual a su vez, incrementa la secreción de la PGF2 α (Flint y Sheldrick, 1983, 1985). Una producción disminuida de oxitocina luteal, o la interrupción del desarrollo de receptores a oxitocina en el útero durante la luteólisis puede interferir en la liberación de PGF2 α persistiendo el cuerpo lúteo (Jenner *et al.*, 1991). En ovejas, Zarco *et al.* (1984) demostraron que la persistencia espontánea del cuerpo lúteo está asociada a una reducción en la frecuencia de liberación de pulsos de PGF2 α al momento en que debe producirse la luteólisis.

Aunque el fotoperiodo sea el principal factor que controla la actividad reproductiva de las cabras Criollas de la Comarca Lagunera, es posible que otros factores, como la temperatura y la alimentación, modulen el efecto del fotoperiodo. En este sentido, es posible que la temperatura haya jugado un papel importante en la duración de la actividad ovulatoria de las hembras del grupo experimental que inició con días cortos. En efecto, la duración de la actividad ovulatoria fue menor cuando los tratamientos de días cortos coincidieron con los meses de mayor temperatura (mayo y junio) sin embargo, no existió correlación entre la temperatura y el inicio de

la actividad ovulatoria. Por el contrario, la duración fue mayor cuando estos tratamientos coincidieron con los meses de menor temperatura (diciembre-enero), existiendo correlación significativa entre la temperatura y el final de la actividad ovulatoria. Estos datos sugieren que las temperaturas bajas están involucradas en la duración de la actividad ovulatoria, coincidiendo estos resultados con lo reportado por otros autores (Dutt *et al.*, 1955, Legan y Karsch, 1980).

Otro factor que se ha considerado como modulador de la actividad sexual anual es la disponibilidad del alimento. En efecto, cuando las cabras ovariectomizadas portando un implante subcutáneo de estradiol han sido mantenidas en condiciones extensivas y sometidas a variaciones importantes de alimentación, los niveles de la LH en estas cabras disminuyeron un mes antes que las alimentadas adecuadamente y mantenidas en estabulación (Duarte *et al.*, 1999). En cambio, el inicio de la actividad neuroendócrina (secreción de LH >0.8 ng/ml), que ocurrió en julio/agosto, no difirió entre los grupos. Esto se debió, muy posiblemente a que durante esta época del año, existe suficiente disponibilidad de alimento debido al inicio de la época de lluvias y al aprovechamiento de algunos esquilmos agrícola (Duarte *et al.*, 1999).

En conjunto, los datos del presente experimento y los de Duarte *et al.* (1999), sugieren que la estacionalidad de las cabras del norte de México es multifactorial. El factor principal sería el fotoperiodo, el cual determinaría la repetibilidad del ciclo anual de actividad sexual. Además, este ciclo sería modulado por la temperatura y la disponibilidad del alimento. Esta propuesta que es original en su concepción, toma en cuenta las características de las zonas subtropicales del norte de México, en donde existen variaciones importantes de la disponibilidad del alimento y altas temperaturas durante la primavera y el verano.

Los resultados de este estudio permiten concluir que las cabras del norte de México son sensibles al fotoperiodo, y que este factor es el principal que determina el ciclo anual de reproducción. Los otros factores del medio ambiente, como la temperatura, son solo moduladores de esta actividad.

4.6. Bibliografía

Battye KM., Evans G. and O'Neill C. Ovine endometrium synthesizes and releases platelet-activating factor, which can cause the release of prostaglandin F2 alpha by the uterus in situ. *Biol. Reprod.* 1996; 54 (2): 355-363.

Bronson FH. Food as approximate factor: Neuroendocrine Pathways. In: *Mammalian Reproductive Biology*. The University of Chicago Press. Chicago, 1989; 61-89.

Bronson FH. and Heideman PD. Seasonal Regulation of Reproduction in Mammals. Chapter 44. In: E. Knobil and J.D. Neill (Eds). *The Physiology of Reproduction*, second edition. Raven Press, Ltd., New York. 1994; 541-583.

CENID-RASPA-INIFAP. Registros de esta institución, 1997.

CONAGUA. Registros oficiales de esta dependencia, 1997.

Delgadillo JA. and Malpoux B. Reproduction in goats in the tropics and subtropics. In VI International Conference on Goats. Beijing, China. 1996; Vol 2, pp: 785-793.

Delgadillo JA., Canedo GA., Chemineau P. and Malpoux B. Evidence for an annual rhythm of reproduction independent of food availability in Creole male goats of subtropical Northern México. *Theriogenology*. 1999; 52 (4): 727-737.

Duarte, G., Flores, JA., Malpoux, B. y Delgadillo JA. 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 la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A.C.* 1999; Zacatecas, Zac. O-23.

Dutt RH. and Bush LF. The effect of low environmental temperature on initiation of the breeding season and fertility in sheep. *J. Anim. Sci.* 1955; 14: 885-896.

Flint AP. and Sheldrick EL. Evidence for systemic role for ovarian oxytocin in luteal regression in sheep. *J. Reprod. Fertil.* 1983; 67 (1): 215-225.

Flint AP. and Sheldrick EL. Continuous infusion of oxytocin prevents induction of uterine oxytocin receptor and blocks luteal regression in cyclic ewes. *J. Reprod. Fertil.* 1985; 75 (2): 623-631.

García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de geografía. UNAM, México, D.F. 1973., pp 145.

Hesselink JW. Incidence of hydrometra in dairy goats. *Vet. Rec.* 1993; 132 (5): 110-112.

Hesselink JW., Taverne MA., Bevers MM. and van Oord HA. Serum prolactin concentration in pseudopregnant and normally reproducing goats. *Vet Rec.* 1995; 137 (7) 166-168.

Jenner LJ., Parkinson TJ. and Lamming GE. Uterine oxytocin receptors in cyclic and pregnant cows. *J. Reprod. Fertil.* 1991; (1): 49-58.

Kawas JR., Foote WC. and Simplicio A. Nutritional aspects of female reproduction. In: V International Conference on goats. New Delhi, vol II, part II. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi, India. 1992; pp 342-354.

Kornalijslijper JE., Kemp B., Bevers MM., van Oord HA and Taverne MA. Plasma prolactin hormone and progesterone concentration in pseudopregnant, hysterectomized and pregnant goats. *Anim. Reprod. Sci.* 1997; 49 (2-3): 169-178.

Legan SJ. and Karsch FJ. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: Modulation of the negative feedback action of estradiol. *Biol. Reprod.* 1980; 23: 1061-1068.

Pérez-Clariget C., Bermúdez J., Andersson H. and Burgueño J. Influence of nutrition on testicular growth in Corriedale rams during spring. *Reprod. Nutr. Dev.* 1998; 38: 529-538.

Pieterse MC. and Taverne MAM. Hydrometra in goats: diagnosis with real-time ultrasound and treatment with prostaglandin or oxytocin. *Theriogenology.* 1986; 26: 813-821.

Restall BJ. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 1992; 27: 305-318.

Santa María A., Cox J., Muñoz E., Rodríguez R. y Caldera L. 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. 1990; 363-385.

Schmidt RH. The arid zones of México: climatic extremes and conceptualization of the Sonora desert. *J. Arid. Env.* 1989; 16: 241-256.

Super ANOVA, Vers. 1.11. 1989-1991. Abacus Concepts, Inc. 1984 Bonita Av. Berkeley, California, 94704-1038.

Therqui M. et Thimonier J. Nouvelle méthode radioimmunologique rapide pour l'estimation du niveau de progestérone plasmatique. Application pour le diagnostic précoce de la gestation chez la brebis et chez la chèvre. *Cr. Herb. Séanc. Acad. Sci. Paris.* 1974; 61-78.

Walkden-Brown., Restall BJ., Norton BW., Scaramuzzi BW. and Martin GB. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odor in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fert.* 1994; 102: 351-360.

Zarco L., Stabenfelt GH., KindhalH., Quirke JF. And Graström E. Persistence of luteal activity in the non-pregnant ewe. *Anim. Reprod. Sci.* 1984; 7: 245-267.

5. Discusión general

Tomados en su conjunto, los dos trabajos incluidos en esta tesis demuestran que las cabras Criollas de la Comarca Lagunera tienen una reproducción estacional, con un período de inactividad ovulatoria bien marcada de febrero a agosto. Estas variaciones estacionales no son la consecuencia de las variaciones de la disponibilidad de alimento a las que estos animales son sometidos dentro de las condiciones normales de producción extensiva. Además, quedó demostrado que las cabras criollas son sensibles a las variaciones fotoperiódicas de esta latitud, y que el fotoperiodo podría ser el factor del medio ambiente que controla reproducción.

La principal conclusión de este trabajo es que las cabras Criollas de la Comarca Lagunera son animales en los que la reproducción es estacional. En efecto, en condiciones adecuadas de alimentación y de salud, estos animales presentan un período de reposo sexual. En este sentido, estos animales son muy parecidos a los animales originarios de las regiones templadas, los cuales tienen una alternancia obligatoria de períodos de actividad e inactividad sexual durante el año. Sería interesante determinar si esta estacionalidad es la expresión de un ritmo endógeno de reproducción, como se ha demostrado en las razas de ovinos originarios de regiones templadas. Además, es importante subrayar que esta estacionalidad es igualmente observada en los machos de esta localidad.

La segunda conclusión de este trabajo concierne a los factores medio ambientales que controlan la expresión de la estacionalidad reproductiva. Los momentos de inicio y fin de la secreción de LH son similares entre animales mantenidos en condiciones extensivas e intensivas. Por lo tanto, el factor “disponibilidad de alimento” que constituyó la principal diferencia entre estos dos tratamientos parece no tener un papel importante en la manifestación de la estacionalidad reproductiva. El incremento en la disponibilidad alimenticia al inicio de la estación de las lluvias (mayo-junio) coincide con el inicio de la estación de sexual, no siendo un factor importante. Sin embargo, es importante remarcar que este estudio se efectuó en cabras que estuvieron sin gestación y también fuera de producción láctea. Las necesidades energéticas de

estas cabras estuvieron por consiguiente reducidas, y es posible que las variaciones de la disponibilidad de alimento fueron menores en los animales experimentales que en las cabras en condiciones normales de producción y reproducción. Es posible que dentro de las condiciones normales la disponibilidad incrementada del alimento juega un papel facilitador o modulador para el inicio de la estación de reproducción.

Los resultados del segundo experimento sugieren que la temperatura tiene igualmente un papel modulador en las condiciones de la Comarca Lagunera, en donde la amplitud de las variaciones térmicas anuales es muy grande. En efecto, el período de actividad sexual inducida por las variaciones de días cortos y días largos es más corto durante las temperaturas más altas de verano que durante las temperaturas bajas del invierno. Esta influencia de la temperatura es coherente con resultados anteriores, por ejemplo en las ovejas, durante la baja de temperatura en otoño provocan un inicio más precoz de la estación sexual (Dutt y Bush, 1995; Legan y Karsch, 1980). Sin embargo, los resultados de la influencia de la temperatura en este estudio contrasta con lo reportado por Mellado *et al.* (1991), quienes mencionan que la temperatura está relacionada positivamente con la fertilidad durante el mes que precede al empadre, implicando que las temperaturas altas influyen positivamente en la actividad ovárica de las cabras de la raza Nubia en esta misma latitud.

La particularidad de la Comarca Lagunera con relación a la mayor parte de las regiones donde la estacionalidad de la reproducción ha sido estudiada, es la existencia de altas temperaturas durante mayo-julio, que son los meses más calientes del año (40° C promedio en julio). Estas temperaturas elevadas inducen una secreción elevada de prolactina (219.8 ng/ml en julio, datos registrados durante el primer experimento). Aunque la secreción de prolactina está correlacionada negativamente con la actividad de reproducción de los animales en las zonas templadas, actualmente es admitido que no existe una relación causa-efecto, y que en particular, la disminución de prolactina observada después del solsticio de verano no es responsable del inicio de la actividad sexual. Esta conclusión es cierta sobre todo con concentraciones de prolactina que permanecen moderadas durante el verano. En las condiciones de la Comarca

Lagunera las concentraciones extremadamente elevadas de prolactina pueden tener un papel inhibitorio sobre la actividad ovulatoria de manera similar que la hiperprolactinemia patológica que inhibe la ovulación en la mujer o en la rata. Esta hiperprolactinemia podría ser, al menos en parte, la responsable de los efectos inhibitorios de las altas temperaturas sobre la actividad ovulatoria observada en el segundo experimento.

Los resultados de estos experimentos no coinciden con las fechas de partos observadas en los hatos caprinos de la Comarca Lagunera. En efecto, en las condiciones de esta Comarca, es observado un pico de partos en noviembre-diciembre, lo que corresponde a concepciones durante junio-julio. Sin embargo, este estudio demuestra que en este período la mayoría de las cabras no son cíclicas, ya que la estación sexual inicia en agosto. Hubiera sido interesante verificar esta incoherencia determinando las fechas de parto en el hato donde fueron colocadas las cabras en condiciones extensivas, para asegurar que este hato sea representativo de otros hatos de la Comarca Lagunera. Aún así, con la ausencia de esta verificación, es importante subrayar que esta diferencia no es significativa, la secreción de LH tiende a aumentar más pronto en las cabras OVX+E en condiciones extensivas que en intensivas. Esto sugiere que factores no fotoperiódicos presentes en las cabras en condiciones extensivas y no en las cabras en intensivo pueden explicar bien la incoherencia entre la actividad ovulatoria/secreción de LH y las fechas de parto. Varias hipótesis podrían explicar esta aparente incoherencia. Primeramente, pudo tratarse de un efecto macho. En los hatos donde los machos son mantenidos separados de las hembras la introducción de machos con las hembras puede inducir la actividad sexual en ellas. En los hatos donde los machos son mantenidos permanentemente con las hembras, la entrada de la actividad de los machos en mayo-junio (Delgadillo *et al.*, 1999) puede inducir el inicio de la actividad sexual de las cabras. Tal efecto es sugerido por los resultados de Flores *et al.* (2000) obtenidos con el mismo tipo de caprinos, los cuales demuestran que el nivel de actividad sexual de los machos es crítico para la inducción de la actividad sexual de las hembras. Sin embargo, esta hipótesis no explica del todo porqué un incremento precoz de la secreción de LH no es observado en las cabras OVX+E mantenidas en condiciones extensivas, considerando que los machos establecen poco contacto con las cabras castradas no induciendo estimulación y secreción de LH en estas. La

observación de distribución de partos en este tipo de hatos sería interesante estudiar para determinar si corresponde a lo que ha sido descrito anteriormente al utilizar un efecto macho (Chemineau, 1983). En segundo lugar, es posible que el incremento de la disponibilidad de alimento debido a la presencia de las lluvias en mayo cause una estimulación temporal de la actividad ovulatoria, que puede ser suficiente para inducir ovulaciones fecundables. Esta estimulación temporal (de solo algunos días) hubiera podido no haber sido percibida por las cabras OVX+E por que el incremento de la secreción de LH correspondiente, no podría estar presente en ninguna muestra obtenida de estas cabras. Globalmente, las fechas de concepción aparentemente más precoces que el inicio de la estación sexual en las cabras experimentales sugieren que los factores alimenticios, pero sobre todo, factores sociales (presencia de machos) tienen igualmente un papel modulador en las condiciones de la Comarca Lagunera.

En conclusión, estos resultados muestran claramente que el momento de nacimiento de los cabritos en este medio subtropical es la expresión de una estacionalidad de la reproducción de las cabras locales. Varios factores del medio ambiente interactúan para modular la expresión de la estacionalidad y el momento de la estación sexual: la disponibilidad alimenticia, la temperatura, los factores sociales y otros. Los resultados del segundo experimento muestran que las cabras de la Comarca Lagunera son sensibles a las variaciones del fotoperíodo registradas en estas latitudes y que este factor constituye un importante regulador potencial del período anual de la actividad sexual. Esta observación es coherente con las observaciones de primer experimento que muestra una gran repetibilidad de las fechas de inicio y fin de la actividad sexual entre 2-3 años consecutivos. Sin embargo, hay que ser prudentes antes de concluir que las variaciones del fotoperíodo son el principal factor de regulación de la actividad sexual en estas cabras, porque la importancia de otros moduladores podría variar según las condiciones de producción de estos animales.

A pesar de ello, estas cabras dentro de su medio natural constituyen un modelo muy interesante para estudiar cómo diferentes factores medioambientales modulan la respuesta al fotoperíodo en los caprinos y determinar los mecanismos subyacentes a estas interacciones.

5.1. Bibliografía

Chemineau P. Effect on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the year. *J. Reprod. Fert.* 1983; 67: 65-72.

Delgadillo JA., Canedo GA., Chemineau P. and Malpaux B. Evidence for an annual rhythm of reproduction independent of food availability in Creole male goats of subtropical Northern México. *Theriogenology.* 1999; 52 (4): 727-737.

Dutt RH. and Bush LF. The effect of low environmental temperature on initiation of the breeding season and fertility in sheep. *J. Anim. Sci.* 1955; 14: 885-896.

Flores JA., Véliz FG., Pérez-Villanueva JA., Martínez de la Escalera G., Chemineau P., Poindron P., Malpaux B. and Delgadillo JA. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 2000; 62: 1409-1414).

Legan SJ. and Karsch FJ. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: Modulation of the negative feedback action of estradiol. *Biol. Reprod.* 1980; 23: 1061-1068.

Mellado M., Foote RH. And Gomez A. Reproductive efficiency of Nubian goats throughout the year in northern Mexico. *Small Rumin. Res.* 1991; 6: 151-157.