

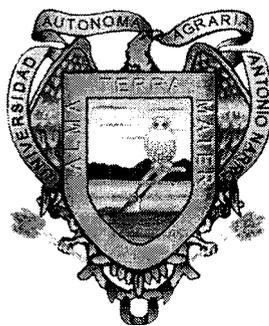
**Estimulación de la actividad reproductiva en cabras
Criollas mantenidas en condiciones extensivas
usando el efecto macho**

Gonzalo Fitz Rodríguez

Tesis

Presentada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"
Unidad Laguna
Subdirección de Postgrado

Torreón, Coahuila, México

Noviembre de 2004

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

Unidad Laguna

Subdirección de Postgrado

Estimulación de la actividad reproductiva en cabras Criollas mantenidas en condiciones extensivas usando el efecto macho

Tesis

Por:

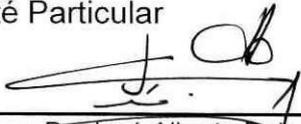
Gonzalo Fitz Rodríguez

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar el grado de:

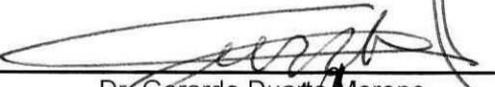
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Comité Particular

Asesor principal:


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

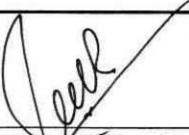
Asesor:

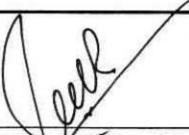

Dr. Gerardo Duarte Moreno

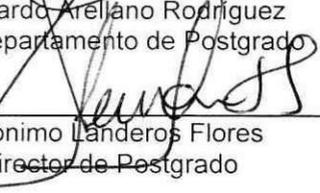
Asesor:


Dr. José Alfredo Flores Cabrera

Asesor:


Dr. Benoît Malpaux


M.C. Gerardo Arellano Rodríguez
Jefe del Departamento de Postgrado


Dr. Jerónimo Llánderos Flores
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila, Noviembre de 2004

Dedicatoria

A DIOS:

Por darme fuerza y paz en los momentos difíciles.

A mis padres: Efrén y Fidelina

Por sus consejos para ver culminada una etapa mas de mi formación profesional.

A mi esposa:

Rosy, gracias por tu amor, apoyo y comprensión.

A mis nenes:

Gonzalo y Airy Michelle, mi enorme motivación...

A mi hermano:

Efrén, por sus consejos apoyo y su ejemplo a seguir.

A mis hermanas:

Lluvia, Sol, Lucero y Griselda.

A mi gran familia:

Que de una manera u otra estuvieron siempre pendientes de mi.

GRACIAS

CONTENIDO

RESUMEN	1
SUMMARY	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA DE HEMBRAS Y MACHOS ORIGINARIOS O ADAPTADOS A ZONAS SUBTROPICALES.....	5
2.2 TRATAMIENTOS FOTOPERIÓDICOS	7
2.3 EFECTO MACHO.....	8
2.4 RESPUESTA DE LAS HEMBRAS AL EFECTO MACHO.....	9
2.5 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA RESPUESTA DE LAS HEMBRAS.....	10
2.5.1 <i>Profundidad del anestro</i>	10
2.5.2 <i>Nutrición</i>	10
2.5.3 <i>Comportamiento sexual de los machos</i>	12
2.5.4 <i>Sistema de explotación</i>	13
III. OBJETIVO	14
HIPÓTESIS	14
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	15
4.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	15
4.2 ANIMALES	16
4.2.1 <i>Machos</i>	16

4.2.1.1 Formación y alojamiento de los grupos experimentales	16
4.2.1.2 Tratamiento fotoperiódico	17
4.2.1.3 Variables evaluadas	18
4.2.1.3.1 Peso corporal	18
4.2.1.3.2 Condición corporal	18
4.2.1.3.3 Olor	20
4.2.1.3.4 Peso testicular	20
4.2.1.3.5 Comportamiento sexual de los machos	21
4.2.2 <i>Hembras</i>	23
4.2.2.1 Formación y alojamiento de los grupos experimentales	23
4.2.3. Efecto macho.....	25
4.2.3.1 Variables evaluadas	26
4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	26
V. RESULTADOS.....	28
5.1 MACHOS.....	28
5.1.1 <i>Peso corporal</i>	28
5.1.2 <i>Condición corporal</i>	30
5.1.3 <i>Peso testicular</i>	31
5.1.4 <i>Olor</i>	32
5.1.5 <i>Comportamiento sexual de los machos</i>	33
5.2 HEMBRAS	35
5.2.1 <i>Proporción de hembras que respondieron al efecto macho</i>	35
5.2.2 <i>Porcentaje acumulado de estros</i>	37

5.2.3 Intervalo entre la introducción de los machos y el inicio de la conducta estral en /as hembras.....	38
5.2.4 Frecuencia de /os ciclos cortos de las hembras expuestas a machos tratados	40
5.2.5 Fertilidad.....	41
5.2.6 Prolifricidad.....	42
VI. DISCUSIÓN.....	43
VII. CONCLUSIÓN.....	46
VIII. LITERATURA CITADA.....	47

Índice de figuras

Figura 1.- Forma de palpación de la región lumbar	18
Figura 2.- Grados de condición corporal	19
Figura 3.- Descripción del comportamiento sexual de los machos	21
Figura 4.- Evolución del peso corporal de los machos	29
Figura 5.- Evolución de la condición corporal de los machos	30
Figura 6.- Evolución del peso testicular de los machos	31
Figura 7.- Evolución del olor de los machos	32
Figura 8.- Comportamiento sexual de los machos	34
Figura 9.- Comportamiento estral	36
Figura 10.- Porcentaje acumulado de estros	37
Figura 11.- Porcentaje de cabras que manifestaron estro del día 1-5 y 6-15 después de la introducción de los machos	39
Figura 12.- Fertilidad al parto	41

Índice de tablas

Tabla 1.- Promedios de las variables de los machos	16
Tabla 2.- Promedios de las variables de las hembras	25

RESUMEN

El estudio se realizó para determinar la respuesta de la actividad sexual de las cabras explotadas de manera extensiva e intensiva al someterlas al efecto macho. Un grupo de hembras (n=20) fue puesto en contacto con dos machos inducidos a una intensa actividad sexual utilizando un tratamiento fotoperiódico; otro grupo (n=20) se expuso a dos machos testigo, en reposo sexual. Estos dos grupos se mantuvieron en condiciones extensivas. Un grupo de hembras (n=19) fue puesto en contacto con dos machos sexualmente activos; otro grupo (n=20) se expuso a dos machos en reposo sexual. Estos dos grupos se mantuvieron en condiciones intensivas. El comportamiento sexual de los machos tratados fue superior al de los machos control ($P < 0.001$). En efecto, los flehmens, las aproximaciones, los intentos de monta y las montas completas fueron superiores en los machos tratados. Independientemente del sistema de explotación, la respuesta estral fue superior en las hembras en contacto con los machos tratados, en el sistema intensivo y extensivo, que en las expuestas a los machos testigo, en reposo sexual ($P < 0.0001$). En efecto, el 90 % ($18/20$) de las hembras del grupo extensivo, y el 95 % ($18/19$) de las cabras en intensivo manifestaron al menos un comportamiento de estro ($P > 0.05$, entre los dos grupos). En cambio, la respuesta fue del 45 % ($9/20$) en el grupo extensivo y del 15 % ($3/20$) en el grupo intensivo expuestos a los machos en reposo sexual ($P < 0.05$, entre los dos grupos). Se concluye que la actividad sexual de las hembras caprinas en condiciones extensivas es estimulada al someterlas al efecto macho si se utilizan machos tratados fotoperiódicamente, sexualmente activos.

Palabras clave: *cabra, estacionalidad reproductiva, efecto macho, sistema de explotación.*

SUMMARY

The study was carried out to determine the sexual activity of female goats maintained under extensive conditions and exposed to the male effect. A group of females (n=20) was put in contact with two males induced to an intense sexual activity using a photoperiodic treatment; another group (n=20) was exposed to two control males, in sexual rest. These two groups remained under extensive conditions. A group of females (n=19) was put in contact with two sexually active males; another group (n=20) was exposed to two males in sexual rest. These two groups remained under intensive conditions. The sexual behavior of the treated males was higher than in control males ($P < 0.001$). Indeed, the flehmens, the nudging, the mount intention and the mounts were higher in the treated males. Independently of the management system, the estrous activity was higher in females in contact with treated males than those exposed to the control males ($P < 0.0001$). Indeed, 90% (18/20) of the females in extensive management, and 95% (18/19) of those in intensive management, displayed at least an estrous behavior ($P > 0.05$, among the two groups). In contrast, 45% (9/20) of females in extensive management and 15% (3/20) of those in intensive conditions exposed to control males were detected in estrous ($P < 0.05$, among the two groups). In conclusion, the sexual activity of the female goats raised under extensive conditions is stimulated if they are exposed to fully sexually active males.

keywords: *goat, reproductive seasonality, male effect, management system*

I. INTRODUCCIÓN

En las razas caprinas que manifiestan una estacionalidad reproductiva, la actividad sexual puede ser estimulada a través del efecto macho durante el periodo de anestro (Chemineau, 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Martin *et al.*, 2004). Esta técnica de control reproductivo de fácil uso, consiste en estimular la actividad sexual de las hembras en anestro al ponerlas en contacto con machos (Chemineau, 1987; Álvarez y Zarco, 2001). Esta técnica es simple, barata y puede adaptarse a diferentes sistemas de explotación (Delgadillo *et al.*, 2003). La inducción de la actividad sexual de las cabras durante el periodo de reposo, permite que los partos ocurran fuera de la estación normal de partos. De esta manera se produce leche y cabrito durante el periodo de escasez.

La utilización de machos inducidos a una intensa actividad sexual mejora la respuesta de las cabras al efecto macho. En efecto, más del 80 % de hembras expuestas a machos sexualmente activos son detectadas en estro, mientras que sólo el 10 % son estimuladas por los machos en reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2002). Estos resultados fueron obtenidos en hembras que eran explotadas de manera extensiva y que fueron estabuladas y alimentadas a libre acceso con alfalfa y concentrado comercial 3 semanas antes y de 2 a 4 semanas después de la introducción de los machos. Es probable que una mejor alimentación, así como un estrecho contacto entre machos y hembras, hayan influido en la respuesta obtenida en los estudios antes mencionados.

En condiciones extensivas, sin embargo, es probable que la respuesta de las hembras al efecto macho pueda ser influenciada por las condiciones alimenticias de

las cabras, el contacto menos estrecho entre hembras y machos y en general por el medio ambiente propio de una explotación extensiva. En este estudio se describe la respuesta de las hembras expuestas al efecto macho en condiciones extensivas, usando machos sexualmente activos y en reposo sexual.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estacionalidad reproductiva de hembras y machos originarios o adaptados a zonas subtropicales

En los caprinos y ovinos originarios o adaptados a las zonas subtropicales, se ha demostrado la existencia de variaciones estacionales en su actividad reproductiva (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2004b). En Australia (29°S) se han observado variaciones estacionales en la actividad sexual de la raza Cashmere. Restall (1992) menciona que en las hembras de esta raza, la época de actividad sexual ocurre de febrero - agosto (otoño-invierno) y el periodo de reposo o inactividad sexual de septiembre - enero (primavera-verano). Además, las hembras Cashmere ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo que libera niveles constantes de estradiol, muestran variaciones muy marcadas en los niveles plasmáticos de LH que corresponden a las variaciones de la actividad ovárica de las hembras intactas. Los altos niveles de LH coinciden con los periodos de actividad ovárica de las hembras intactas (Restall, 1992; Henniawati *et al.*, 1995). En Argentina (30°S), las cabras nativas Criollas muestran su actividad reproductiva de marzo a septiembre, y el periodo de anestro estacional de octubre a febrero (Rivera *et al.*, 2003). En las hembras caprinas del subtrópico mexicano, se ha demostrado también la existencia de una estacionalidad reproductiva donde el periodo de inactividad o de anestro ocurre de marzo a agosto, mientras que el periodo de actividad sexual ocurre de junio a febrero (Delgadillo *et al.*, 2003).

Los machos también manifiestan variaciones en su actividad sexual. En los machos cabríos de la raza Cashmere de Australia (29°S), el peso testicular indicativo de la actividad de espermatogénesis, presenta variaciones estacionales de gran amplitud. El peso mínimo es observado durante la primavera y el máximo durante el otoño (Restall, 1991; Walkden-Brown *et al.*, 1994). En el norte de México (26°N), los machos cabríos locales presentan también variaciones del peso testicular y de la producción espermática. En estos machos el periodo de actividad sexual se desarrolla de mayo a diciembre, y el de reposo de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999). Este último periodo se caracteriza porque la secreción de LH, de testosterona, el peso testicular y la producción espermática cuantitativa y cualitativa son bajos (Delgadillo *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2004a).

En los subtrópicos se ha considerado que la alimentación es un factor importante para el desarrollo del ciclo anual de reproducción de las especies de estas regiones. Esta hipótesis fue probada en los machos cabríos Cashmere por Walkden-Brown *et al.* (1994), demostrando que el incremento del peso testicular y la secreción de testosterona depende principalmente de la cantidad y calidad de alimentación que reciben los animales. En la Comarca Lagunera, sin embargo, los caprinos explotados de manera intensiva y bien alimentados, así como los explotados de manera extensiva y subalimentados, muestran también variaciones estacionales en su actividad reproductiva (Delgadillo *et al.*, 1997; Duarte, 2000; Delgadillo *et al.*, 2003). En las zonas subtropicales en donde las variaciones fotoperiódicas son menos marcadas que en las zonas templadas, resultados recientes muestran que el

fotoperíodo tienen un papel importante en el desarrollo de las variaciones estacionales de la actividad sexual en algunas razas subtropicales (Duarte, 2000; Delgadillo *et al.*, 2004a; Morello *et al.*, 2004).

2.2 Tratamientos fotoperiódicos

Como se mencionó anteriormente, en algunas razas originarias o adaptadas a las zonas subtropicales, la estacionalidad reproductiva es controlada principalmente por el fotoperíodo (Malpaux *et al.*, 1999; Duarte, 2000; Delgadillo *et al.*, 2000). Por ello, la modificación de este factor medioambiental permite modificar la actividad sexual anual de los machos cabríos. En condiciones artificiales, cuando los machos son sometidos a cambios en la duración del día, los días largos inhiben la actividad sexual, mientras que los días cortos la estimulan (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo y Chemineau, 1992; Delgadillo *et al.*, 2004a). Sin embargo, no existe un tratamiento fotoperiódico que asegure efectos permanentes. Por ejemplo, en un estudio realizado con machos ovinos, mantenidos bajo un fotoperíodo de 8 h de luz/día y 16 h de oscuridad, el volumen testicular presentó variaciones similares a las observadas en los animales testigo sujetos al fotoperíodo natural. Lo mismo sucedió con los machos mantenidos en días largos de 16 h de luz/día y 8 h oscuridad (Howles *et al.*, 1982). Estos resultados sugieren la existencia de un ritmo endógeno de reproducción (Malpaux *et al.*, 1996; Thiéry *et al.*, 2002). Por ello, es necesario alternar días largos y cortos para manipular la actividad sexual de los machos sensibles al fotoperíodo. Un estudio realizado en Argentina con machos Angora, demuestra que la alternancia de dos meses de días largos (16 h luz/día) y dos meses de días cortos (8 h luz/día) permite disminuir su estacionalidad reproductiva. La circunferencia testicular, el

volumen de eyaculado, la concentración de espermatozoides y el número total de espermatozoides por eyaculado, fueron superiores en los machos tratados que los machos control durante la estación natural de reposo sexual (Morello, *et al.*, 2004). En los machos cabríos del subtrópico mexicano, la utilización de 2.5 meses de días largos (16 h luz/día), seguidos de las variaciones naturales del fotoperíodo, permiten inducir una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo sexual natural. Los machos sometidos a este tratamiento incrementan los niveles plasmáticos de testosterona, así como su conducta sexual, la cual no difiere de la observada en los machos durante la estación sexual natural (Delgadillo *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2003).

Hembras

2.3 Efecto macho

El efecto macho se define como la estimulación y sincronización de la actividad sexual (estro y ovulación) de las hembras en anestro al ser puestas en contacto con un macho (Martin *et al.*, 1986; Flores *et al.*, 2000). Este método de control reproductivo ha sido estudiado ampliamente durante las 6 últimas décadas en ovejas y cabras (Underwood *et al.*, 1944; Schinckel, 1954; Walkden-Brown *et al.*, 1993a; Gelez y Fabre-Nys, 2004). La respuesta de las hembras al efecto macho depende de la interacción de factores internos y externos a la presencia del macho (Walkden-Brown *et al.*, 1993b; Thimonier *et al.*, 2000). Después de la introducción de los carneros en un grupo de ovejas, el periodo de apareamiento se inicia entre 20 y 25 días después de la introducción de los machos (; Underwood *et al.*, 1944; Martin *et al.*, 1986). En las cabras anéstricas Criollas de la Isla de Guadalupe, la

introducción de un macho induce y sincroniza la ovulación en los días siguientes posteriores a la introducción del macho (Chemineau, 1987).

2.4 Respuesta de las hembras al efecto macho

Este fenómeno complejo y multifactorial se traduce en una secuencia de eventos endocrinos y comportamentales en las hembras anovulatorias seguida a la exposición al macho. La respuesta de las hembras al estímulo emitido por el macho, es un inmediato incremento en la frecuencia pulsátil de la hormona luteinizante (**LH**), que en la cabra va de 0.3 pulsos en 3 horas antes de la introducción de los machos a 2.2 pulsos en tres horas después de la introducción de éstos (Walkden-Brown *et al.*, 1999). La amplitud de los pulsos se incrementa también de 0.5 ng/ml a 1.7 ng/ml después de la introducción de los machos (Álvarez y Zarco, 2001). El incremento en la secreción de LH provoca un pico preovulatorio de esta hormona entre 6-52 horas después de la introducción del macho y como consecuencia se produce la ovulación entre 23-24 horas después (Walkden-Brown *et al.*, 1999). En las cabras, la respuesta estral y ovulatoria a la introducción de los machos es clásica. Chemineau (1987) reportó al observar directamente por laparoscopia la actividad ovárica de las hembras caprinas Criollas de la Isla de Guadalupe del Caribe, que en los primeros días (promedio 2.8) después de la introducción de los machos, el 97 % de las hembras ovulan, y el 62 % de éstas presentan un comportamiento de estro. Después, el 75 % de las cabras presentan un ciclo ovárico corto de 3 a 8 días (promedio 5.3) de duración. Los ciclos cortos son siempre seguidos por una segunda ovulación con un cuerpo lúteo de duración normal y asociado a un estro en un 90 % de las hembras. En las cabras Criollas de la Comarca Lagunera, Flores *et al.* (2000)

obtuvieron resultados similares a los de Chemineau (1987). Un primer pico de ovulaciones fue detectado durante los primeros 6 días (promedio 3.5), y un segundo pico de ovulaciones entre los días 7 y 11 (promedio 9.1), después de la introducción de los machos.

2.5 Factores que intervienen en la respuesta de las hembras

Varios son los factores que intervienen en la respuesta de las hembras al efecto macho: profundidad del anestro en las hembras, la nutrición, la intensidad y duración del estímulo emitido por el macho, entre otros.

2.5.1 Profundidad del anestro

Se refiere al número de hembras que ovulan de manera espontánea dentro de un rebaño. Se denomina anestro profundo cuando más del 50 % de las hembras no están ovulando de manera espontánea y anestro poco profundo o superficial cuando una cantidad menor al 50 % de las hembras están anovulatorias (Chemineau, 1987). La respuesta al efecto macho varía de acuerdo a la profundidad del anestro en las hembras (Rosa y Bryant, 2002). Cuando el anestro es profundo, se reduce el porcentaje de hembras que ovulan después de la introducción del macho y el porcentaje de hembras que presentan estro a la primera ovulación inducida. Asimismo, se incrementa el porcentaje de los ciclos cortos y la disociación estro-ovulación (Chemineau, 1987).

2.5.2 Nutrición

En las zonas subtropicales, la nutrición es un regulador importante en la función reproductiva de algunas razas habitantes de estas latitudes (Blache *et al.*

2000). En ovejas y cabras de razas estacionales, el mayor efecto de la nutrición es sobre la tasa de ovulación y la duración de la estación sexual (Walkden-Brown *et al.*, 1999). En efecto, la subalimentación disminuye la tasa de ovulación y acorta la duración de la estación natural de reproducción. Asimismo reduce la respuesta de las hembras al efecto macho. Por ello, la suplementación alimenticia puede inducir una mayor proporción de hembras que responden al efecto macho durante el anestro estacional (Fisher *et al.*, 1993).

En los machos cabríos, la subalimentación puede reducir la libido, el olor, el volumen del eyaculado, el número de espermatozoides por eyaculado, el porcentaje de espermatozoides vivos, la motilidad espermática y aumentan el número de espermatozoides anormales (Walkden-Brown y Restall, 1996). Una buena nutrición puede inducir una rápida respuesta endocrina y testicular, por lo que una sobrealimentación de 6 semanas mejora las variables antes mencionadas, adelantando el inicio de la estación sexual en los machos Cashmere Australianos (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Martin y Walkden-Brown, 1995). Asimismo, los machos alimentados con una dieta de alta calidad durante 16 meses, inducen, a través del efecto macho, un mayor número de las hembras a la ovulación, que los machos expuestos a dietas de baja calidad durante el mismo tiempo (Walkden-Brown *et al.*, 1993b).

2.5.3 Comportamiento sexual de los machos

La libido describe comúnmente la conducta sexual desplegada por los machos, es decir, la disposición y habilidad del macho para cortejar y montar a la hembra (Chenoweth, 1981). La conducta sexual está representada por elementos motores del comportamiento sexual como el automarcaje, los olfateos ano-genitales, el flehmen, las aproximaciones, los intentos de monta y las montas con penetración (Fabre-Nys, 2000; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). Perkins y Fitzgerald (1994), exploraron la idea de que la intensidad de la conducta sexual desplegada por los machos hacia las hembras, incrementa la intensidad del estímulo y consecuentemente mejora la respuesta estral y ovulatoria de éstas. Estos autores compararon machos que exhibían altos y bajos niveles de conducta sexual y encontraron que los machos con alta actividad inducen significativamente un mayor número de hembras al estro (95 %) que los machos con baja libido (78 %).

Varios estudios han demostrado que los machos inducidos a una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo, al someterlos a 2.5 meses de días largos, estimulan la actividad sexual de un mayor número de hembras anéstricas. En efecto un grupo de hembras en anestro, el 95 % respondieron a la introducción de machos sexualmente activos, contra el 10 % registrado con las expuestas a machos en reposo sexual, demostrando que el uso de machos sexualmente activos es necesaria para inducir la actividad reproductiva de hembras anovulatorias (Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz, *et al.*, 2002). Estos resultados demuestran que la intensidad de la conducta sexual desplegada por el macho es un factor importante en la efectividad del efecto macho (Shelton, 1980; Rosa y Bryant, 2002).

2:5.4 Sistema de explotación

La respuesta de las hembras al efecto macho descrita en la literatura fue obtenida en condiciones óptimas de alimentación y en espacios pequeños que aseguran una alta interacción entre hembras y machos. En efecto, se ha postulado que en corrales o espacios pequeños se promueve la proximidad y el contacto físico entre machos y hembras, consecuentemente se incrementa la intensidad del estímulo visual, auditivo y táctil, así como también la recepción de feromonas, que en su conjunto hacen que las hembras respondan de modo más efectivo al efecto macho (Rosa *et al.*, 2003; Hogan *et al.*, 2004). Sin embargo, en un sistema de explotación extensivo, en donde existe una importante disminución de la disponibilidad alimenticia para los animales y donde disminuye el contacto entre hembras y machos, la respuesta de las cabras al efecto macho puede ser diferente de la observada en condiciones intensivas. La respuesta estral de las cabras mantenidas en extensivo y expuestas al efecto macho en abril, en el subtrópico mexicano, es menor del 50 % (Mellado *et al.*, 1996). Esto puede deberse a la pobre condición corporal de las hembras, pues el estudio se efectuó durante la época de poca disponibilidad alimenticia. La otra posibilidad puede ser que los machos que se encontraban en el periodo de reposo sexual no estimularon adecuadamente la respuesta sexual de las hembras (Restall, 1992). Sería interesante determinar si utilizando machos sexualmente activos puede mejorarse la respuesta de las hembras al efecto macho en condiciones extensivas.

III. OBJETIVO

Determinar la respuesta sexual de las cabras sometidas al efecto macho mantenidas en condiciones extensivas, utilizando machos en reposo sexual y machos sexualmente activos.

HIPÓTESIS

La actividad sexual de las hembras caprinas mantenidas en condiciones extensivas es estimulada mediante el efecto macho utilizando machos sexualmente activos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo del 15 de octubre del 2002 al 30 de septiembre del 2003, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, y en los Ejidos San Luis e Ignacio Allende, ubicados en el municipio de Torreón, Coahuila. Estas localidades están enclavadas en la Comarca Lagunera de Coahuila, situada a la latitud 26° 23' Norte, longitud 104° 47' Oeste, a una altitud que varía de 1,123 a 1,400 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio anual es de 23.4° C, la máxima de 40° C en junio y la mínima de —3° C en diciembre; la precipitación pluvial promedio anual es de 230 mm.

4.2 Animales

4.2.1 Machos

Para la realización de este experimento se utilizaron veinte machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera propiedad del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) y de dos productores cooperantes de esta Comarca. Todos los animales estuvieron estabulados y fueron alimentados con heno de alfalfa (18% CP) a libre acceso y 300 g de concentrado comercial (14% CP). El agua y las sales minerales en bloques fueron proporcionados a libre acceso.

4.2.1.1 Formación y alojamiento de los grupos experimentales

Previo al inicio del experimento, los machos se desparasitaron, descornaron, despezuñaron y se vitaminaron. Posteriormente se dividieron en dos grupos con promedios homogéneos de peso corporal, condición corporal, peso testicular y olor (Tabla 1).

Tabla 1. Promedios (\pm error estándar de la media) de las variables consideradas para la formación de los dos grupos experimentales.

Grupos	n	Peso corporal (kg)	Condición corporal (1 — 4)	Olor (0 — 3)	Peso testicular (g)
Testigo	10	58 \pm 5.8	2.8 \pm 0.18	2 \pm 0.3	133 \pm 11
Tratado	10	60 \pm 6.2	2.7 \pm 0.13	2 \pm 0.3	137 \pm 18.8

Un grupo de machos fue alojado en un corral abierto de 6 X 5 m construido de block, provisto de sombra (láminas metálicas) (instalaciones del CIRCA). Este fue el grupo testigo. El otro grupo de machos fue alojado en un corral abierto de 8 x 4 m construido de madera, malla ciclónica forrada con cartones y provisto de sombra (láminas metálicas). Además, este corral tenía 8 lámparas de tubo de luz de día. Este fue el grupo tratado. Ambos corrales estaban provistos de comederos y bebederos.

4.2.1.2 Tratamiento fotoperiódico

El grupo de machos testigo fue expuesto a las variaciones naturales del fotoperíodo y la temperatura de la Comarca Lagunera durante todo el estudio. El grupo tratado fue sometido a 16 h luz y 8 h de oscuridad por día, combinando la luz artificial y la natural. Se utilizó un sistema de encendido y apagado de 4 tiempos (Digital Timer 24 h 4 on / 4 off; marca Radio Shack). Las lámparas se encendían por la mañana a las 6:00 h y se apagaban a las 9:00 h, cuando había suficiente luz del día. Por la tarde se encendían a las 17:00 h y se apagaban a las 22:00 h. La intensidad de la luz en el corral se determinó con un luxómetro (Digital Light Meter, Range 0-50,000 luz ISO — TECH ILM350), y ésta varió de 300 a 350 lux a la altura de los ojos de los machos. El tratamiento fotoperiódico inició el 1 de noviembre de 2002 y se terminó el 15 de enero del 2003. Después de ese día, los machos fueron expuestos solo a las variaciones naturales del fotoperíodo. Este tratamiento estimula la actividad sexual de los machos durante el periodo de reposo (Delgadillo *et al.*, 2002).

4.2.1.3 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron en los grupos testigo y tratado fueron peso corporal, condición corporal, olor, peso testicular y comportamiento sexual de los machos.

4.2.1.3.1 Peso corporal

El peso corporal se registró cada 15 días durante el periodo experimental. Primero se pesó el grupo testigo, luego el grupo tratado. El pesaje de los animales se hizo en la mañana antes de proveerles el alimento (forraje y concentrado), utilizando una báscula con una precisión de 200 g y una capacidad de 300 kg.

4.2.1.3.2 Condición corporal

La condición corporal se registró semanalmente durante el periodo experimental, palpando las vértebras lumbares (Figura 1) (Walkden-Brown *et al.*, 1997).

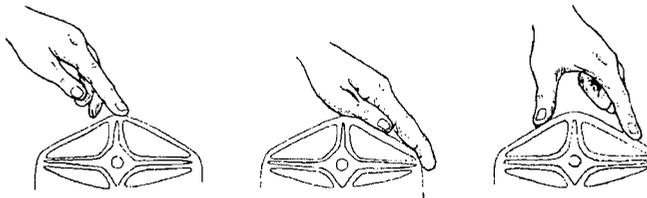


Figura 1. Forma de palpación de la región lumbar para determinar la condición corporal de los animales (Ferreira y Clemente de Mello, 2003).

La escala utilizada para la evaluación fue la siguiente:

1.- Animal muy descarnado, permitiendo el paso de los dedos entre los espacios espinosos de las vértebras de la región lumbar.

2.- Animal descarnado con poco tejido muscular que no permite el libre paso de los dedos entre las vértebras de la región lumbar.

3.- Animal con una cantidad adecuada de masa muscular.

4.- Animal con abundante masa muscular, dando a la región lumbar una forma redondeada (Figura 2).

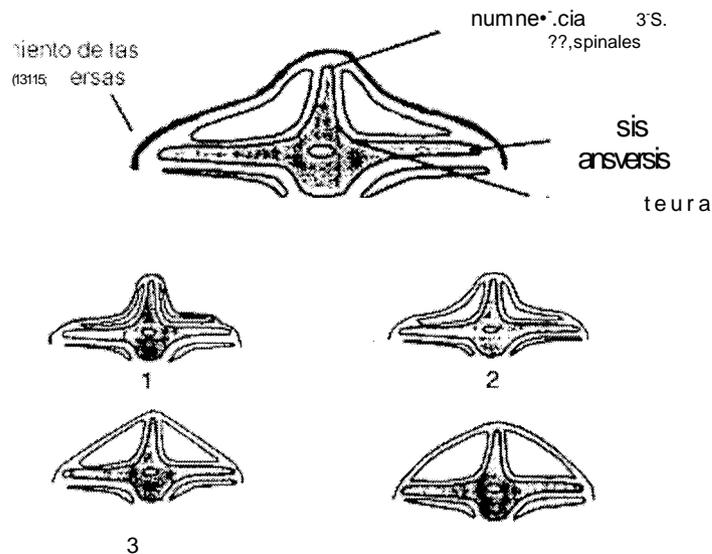


Figura 2. Esquema de los grados de condición corporal dado a los animales a la palpación en la región lumbar (modificado de Ferreira y Clemente de Mello, 2003).

4.2.1.3.3 Olor

El olor fue registrado semanalmente y la escala utilizada fue de 0 a 3. (Walkden-Brown et al., 1993b) El olor se percibió detrás de los cuernos a una distancia de 10 a 15 cm sobre la piel. Los valores utilizados correspondieron a:

Olor a hembra caprina

- 1.- Olor ligero a macho
- 2.- Olor moderado a macho
- 3.- Olor intenso a macho (característico de un macho sexualmente activo)

4.2.1.3.4 Peso testicular

El peso testicular de ambos grupos se registró cada 15 días durante el periodo experimental mediante la técnica de palpación comparativa propuesta por Oldham *et al.* (1978). Con la mano izquierda se tomó el testículo izquierdo del macho y en la mano derecha el orquidómetro constituido de piezas ovoides de madera de diferentes tamaños (50, 75, 100, 125, 150, 180, 200, 225, 250, 300, 350 ml) (1 ml = 1 g). Siempre se palpó el mismo testículo de cada macho.

El registro de todas las variables mencionadas fue efectuada por la misma persona durante todo el estudio.

4.2.1.3.5 Comportamiento sexual de los machos

El comportamiento sexual de los machos se registró durante los primeros cinco días después de ponerlos en contacto con las hembras (ver efecto macho). Las variables registradas fueron los flehmen, automarcajes, olfateos anogenitales, aproximaciones, intentos de monta y montas con penetración (Figura 3). Las observaciones se hicieron durante 3 h por día, 1.5 h en la mañana, y 1.5 h en la tarde, cuando los animales estaban en los corrales.

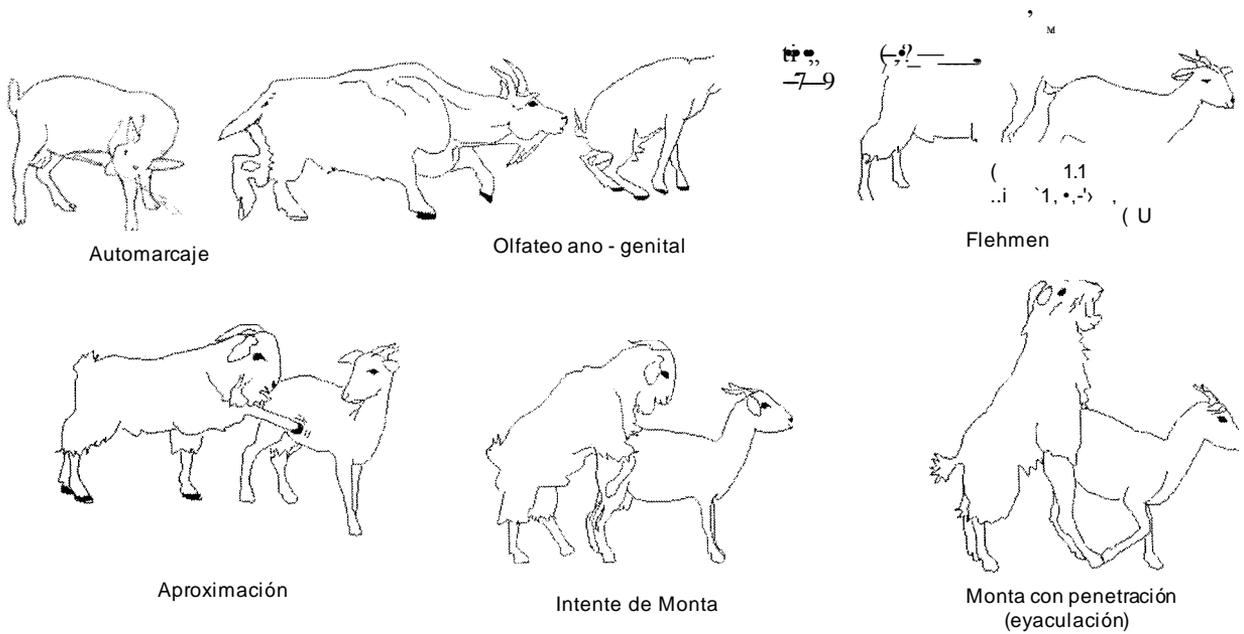


Figura 3. Descripción del comportamiento sexual del macho cabrío durante el cortejo sexual (adaptado de Price *et al.*, 1986 y Fabre-Nys, 2000).

Automarraje: el macho se arquea, voltea el hocico hacia su pene y se rocía la cara y barba con orina.

Olfateos anogenitales: identificación olfativa que consiste en oler la zona anogenital de la hembra.

Flehmen: mímica particular en donde el labio superior es recogido o levantado hacia arriba.

Aproximación: la búsqueda de la pareja se denota por la adopción de una postura de la cabeza extendida con una prolongación del lomo. Si la hembra acepta, el macho corteja con una rotación de la cabeza hacia la hembra, una emisión sonora de baja frecuencia y un movimiento de la pata anterior en extensión hacia la hembra.

Intento de monta: fase en la que se lleva a cabo las tentativas de apareamiento.

Monta con penetración (cópula): es considerada cuando el macho monta y penetra a la hembra. Esta acción es de corta duración y la eyaculación se acompaña por un movimiento pelviano hacia delante y de un movimiento de la cabeza hacia atrás, con un eventual despegue de los miembros posteriores (Fabre-Nys, 1999).

4.2.2 Hembras

4.2.2.1 Formación y alojamiento de los grupos experimentales

De un hato de 160 hembras explotadas de manera extensiva, se seleccionaron 90, con base a su condición corporal y en la producción de leche. Por medio de dos muestreos sanguíneos a cada animal, realizados el 2 y 11 de marzo de 2003, se identificaron las cabras que se encontraban anovulatorias, a través de las concentraciones plasmáticas de progesterona (Terqui y Thimonier, 1974). Se obtuvieron 5 ml de sangre de la vena yugular en tubos provistos de 30 pl de heparina como anticoagulante. Las muestras obtenidas se centrifugaron a 3500 rpm durante 25 min y el plasma obtenido se conservó a — 20 °C hasta su análisis. Las muestras se analizaron por radioinmunoanálisis, detectándose que 80 (90%) cabras se encontraban en inactividad ovárica.

El 15 de marzo, las hembras anovulatorias seleccionadas se dividieron en dos grupos homogéneos de 40 hembras cada uno, con base a su condición corporal y producción de leche. Un grupo se estabuló (grupo intensivo) y el otro se mantuvo en el sistema extensivo (grupo extensivo). El 26 de marzo de 2003 se formaron dos grupos (n=20 c/u), con las hembras estabuladas, alojándolas en corrales abiertos de 4 x 5 m contruidos de postes de madera, malla ciclónica y provistos de sombra (lona). Las hembras fueron alimentadas con heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado comercial por día por animal. Estos dos grupos fueron los intensivos. Del grupo intensivo tratado, una hembra fue eliminada por problemas sanitarios antes de hacer el contacto con los machos, quedando este grupo con 19 hembras.

Otros dos grupos (n=20 c/u) se formaron con las hembras mantenidas en el sistema extensivo, considerando también la condición corporal y la producción de leche (Tabla 2). Estos animales salían diariamente al campo de las 9:00 h a las 14:00 h y de las 15:00 h a las 18:00 h. Durante la noche, las cabras se alojaban en corrales abiertos de 4 x 5 m contruidos de postes de madera, malla ciclónica y provistos de sombra (lona). La distancia entre los dos corrales fue de 200 m para evitar el contacto entre los grupos extensivo tratado y testigo. La alimentación de los grupos mantenidos en extensivo consistió en la flora nativa de los agostaderos: zacate chino (*Cynodon dactylon*), mezquite (*Prosopis juliflora*), hierba amargosa (*Helianthus ciliaris*), voladora (*Salsola kali*), trompillo (*Solarium elaeagnilolium*), huizache (*Acacia farneciana*), de las acequias: zacate johnson (*Sorghum halepense*), zacate mota (*Chloris virgata*), zacate pegarropa (*Setaria verticillata*), zacate zabaneta (*Eragrostis pectinacea*) y esquilmos agrícolas: avena (*Avena saliva*), maíz (*Zea mays*) (Cantú, 2004), y no recibieron suplementación alimenticia en los corrales. El agua y las sales minerales en bloques se proporcionaron a libre acceso en los corrales donde se alojaban por las tardes y noche.

Tabla 2. Promedios (\pm el error estándar de la media) de las variables consideradas para la formación de los grupos experimentales.

Grupos	n	Condición corporal (1 — 4)	Producción de leche (L)
Extensivo tratado	20	2.3 \pm 0.1	1.2 \pm 0.2
Extensivo testigo	20	2.3 \pm 1	1.2 \pm 0.1
Intensivo tratado	19	2.3 \pm 0.1	1.3 \pm 0.1
Intensivo testigo	20	2.3 \pm 0.1	1.3 \pm 0.1

4.2.3. Efecto macho

El 28 de marzo de 2003 a las 18:00 h se introdujeron los machos al mismo tiempo en los 4 corrales. Dos grupos, uno en intensivo y el otro en extensivo, se expusieron a cuatro machos testigos, en reposo sexual (2 machos / grupo). Los otros dos grupos, el intensivo y el extensivo, se pusieron en contacto con cuatro machos tratados, sexualmente activos (2 machos / grupo).

4.2.3.1 Variables evaluadas

Variables evaluadas durante el efecto macho

El estro de las cabras fue determinado todos los días en la mañana y en la tarde durante 14 días después de la introducción de los machos. La hembra que se inmovilizaba al momento de ser montada por el macho, fue considerada en estro (Chemineau *et al.*, 1992). Con la finalidad de caracterizar la respuesta de las hembras a la introducción de los machos, se compararon el número de cabras detectadas en estro del día 1 al 5 y del 6 al 15 y la total en el estudio. La fertilidad y prolificidad de las hembras fueron determinadas al parto.

4.3 Análisis estadísticos

Machos

El peso corporal, la condición corporal, el olor y el peso testicular, fueron evaluadas con un análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas de dos factores (grupo y tiempo del estudio). Cuando existió una interacción grupo x tiempo, de los datos semanales o quincenales se compararon mediante una prueba *t* de student o de Mann-Whitney (olor y comportamiento sexual de los machos). Como no existió un efecto del sistema de explotación sobre el comportamiento sexual, se agruparon los datos obtenidos en los dos grupos de machos tratados o testigo. Después, estos datos se compararon con una prueba de Kruskal — Wallis.

Hembras

El número de celos mostrados por las hembras fueron comparados con una prueba de Chi cuadrada. El porcentaje acumulado (distribución acumulativa) de los celos detectados en los grupos se comparó con una prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov y Chi cuadrada. La fertilidad se comparó con Chi cuadrada. La prolificidad se analizó con una prueba de *t* de student, agrupados según el sistema de explotación. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SYSTAT 10 versión estándar, 2000.

Expresión de resultados

Los resultados del peso corporal, condición corporal, olor y peso testicular son expresados en promedio \pm el error estándar de la media (EEM)

V. RESULTADOS

5.1 Machos

5.1.1 Peso corporal

La evolución del peso corporal de los dos grupos durante el experimento se muestra en la Figura 4. El ANOVA indicó un efecto del tiempo del estudio sobre la evolución del peso corporal ($P < 0.0001$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio ($P < 0.05$). Lo anterior indica que la evolución del peso corporal de ambos grupos de machos a través del tiempo fue diferente. Sin embargo, no existió diferencia significativa entre ambos grupos al comparar los datos obtenidos quincenalmente. El grupo de machos testigo tenía un peso de 57.8 ± 5.8 kg al inicio del tratamiento el cual se incrementó a 70.7 ± 4.7 kg antes de ponerlos en contacto con las hembras. En los machos tratados, el peso corporal al inicio del tratamiento fotoperiódico fue de 60.2 ± 6.1 y se incrementó a 74.2 ± 5.5 antes de ponerlos en contacto con las hembras.

Peso corporal

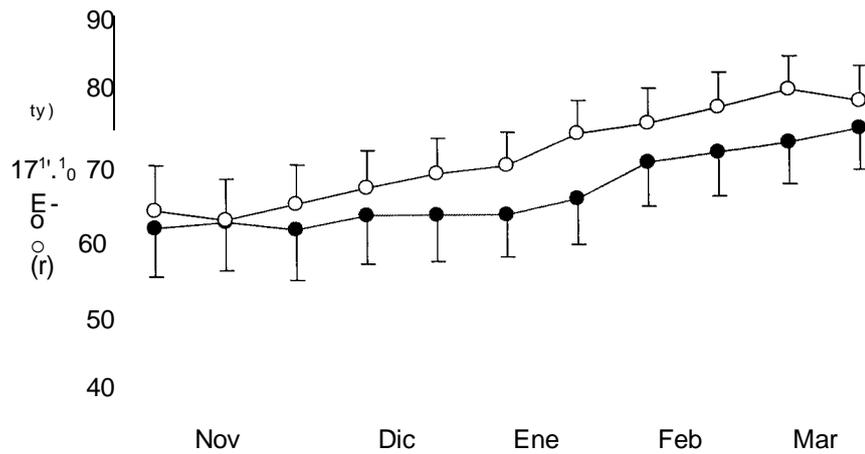


Figura 4. Evolución del peso corporal (promedio \pm EEM) de los dos grupos de machos. El grupo tratado (o) estuvo sometido a 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre seguidos de las variaciones naturales del fotoperíodo. El grupo testigo (.) estuvo expuesto a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera.

5.1.2 Condición corporal

La evolución de la condición corporal de los dos grupos durante el experimento se muestra en la Figura 5. El ANOVA indicó un efecto del tiempo ($P < 0.0001$) y una interacción grupo x tiempo del experimento ($P < 0.0001$) sobre la condición corporal. Al comparar los promedios quincenales, la condición corporal del grupo tratado fue superior ($P < 0.05$) a la del grupo testigo del 19 de diciembre del 2002 al 16 de enero 2003, así como el 6 de marzo de ese mismo año.

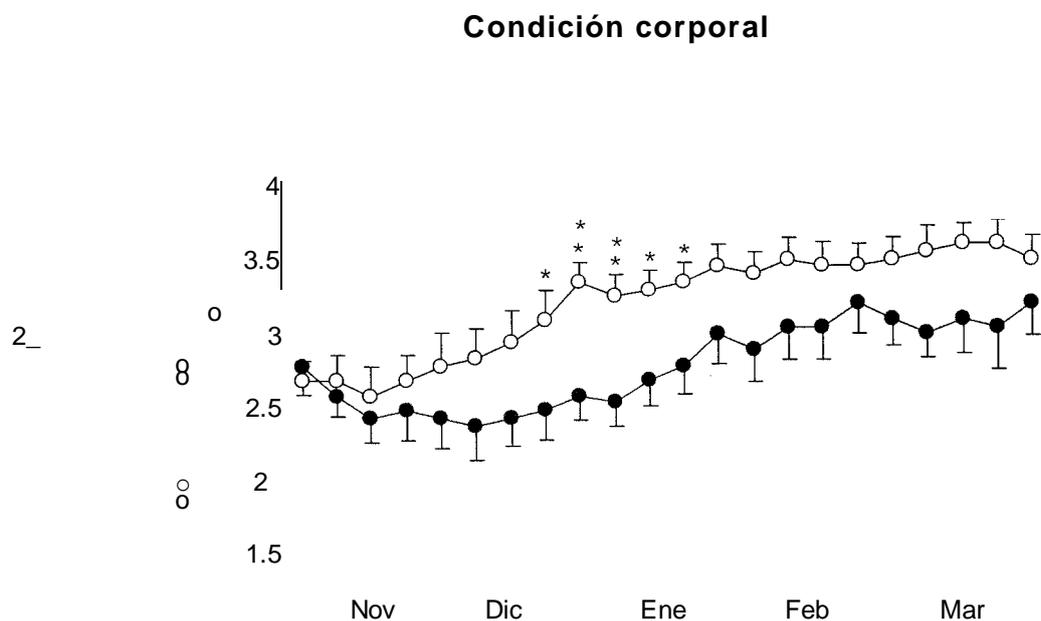


Figura 5. Evolución de la condición corporal (promedio \pm EEM) de los dos grupos de machos. El grupo tratado (o) estuvo sometido a 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre seguidos de las variaciones naturales del fotoperíodo. El grupo testigo (*) estuvo expuesto a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (* $P < 0.05$; ** $P < 0.001$).

5.1.3 Peso testicular

El ANOVA mostró que el peso testicular de los machos de ambos grupos tuvo variaciones a través del experimento ($P < 0.0001$). Además reveló una interacción entre el grupo y el tiempo del experimento ($P < 0.0001$). Esto último indica que la evolución del peso testicular evolucionó de manera diferente en los dos grupos en estudio (Figura 6). Sin embargo, ninguna diferencia fue encontrada entre los grupos al comparar los promedios del peso testicular obtenidos quincenalmente.

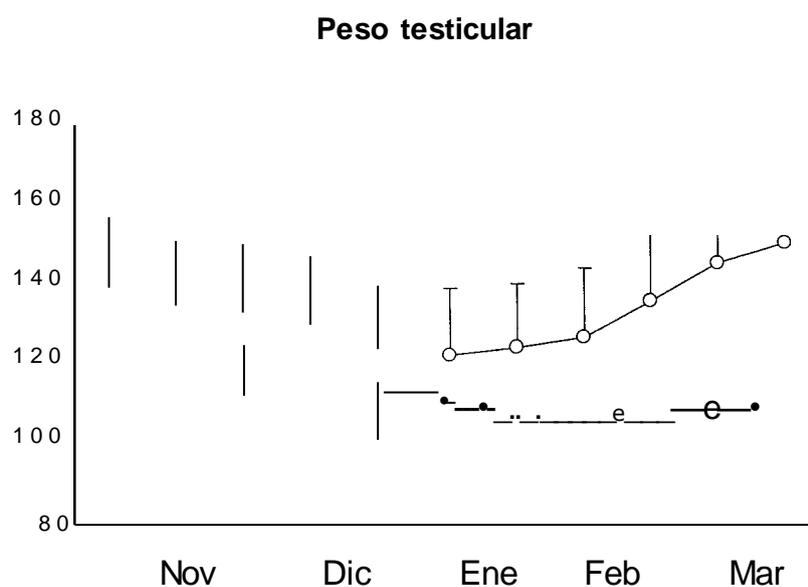


Figura 6. Evolución del peso testicular (promedio \pm EEM) de los dos grupos de machos. El grupo tratado (o) estuvo sometido a 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre seguidos de las variaciones naturales del fotoperíodo. El grupo testigo (•) estuvo expuesto a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera.

5.1.4 Olor

En la Figura 7 se muestra la evolución de la intensidad del olor registrado en los machos de los dos grupos durante el experimento. Desde el inicio del estudio existió en los dos grupos, una disminución gradual en la intensidad del olor, hasta llegar a cero en el mes de enero. Sin embargo, en marzo, en el grupo tratado la intensidad del olor se incrementó y fue superior a la del grupo testigo en ese mes ($P < 0.05$).

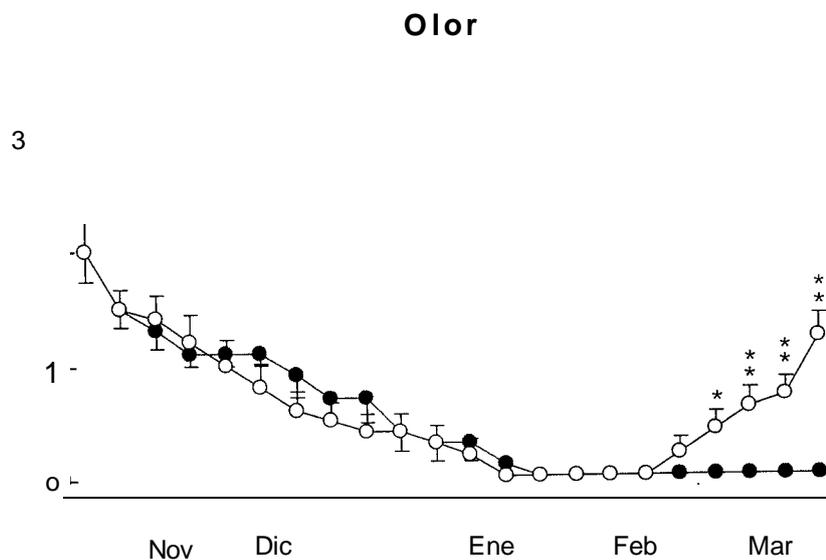


Figura 7. Evolución del olor (promedio \pm EEM) de los dos grupos de machos. El grupo tratado (O) estuvo sometido a 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre seguidos de las variaciones naturales del fotoperíodo. El grupo testigo (●) estuvo expuesto a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera (* $P < 0.05$; ** $P < 0.001$).

5.1.5 Comportamiento sexual de los machos

El comportamiento sexual registrado en los primeros 5 días después de la introducción de los machos en los grupos de hembras anovulatorias, fue más intenso en los machos tratados que en los machos testigos (Figura 8). De un total de 334 flehmen registrados, el 73 % fue efectuado por el grupo tratado ($P < 0.05$). Del total de las aproximaciones (1941), el 77 % fue registrado en los machos tratados ($P < 0.05$). De 113 intentos de monta, el 86 % fue efectuado por los machos tratados ($P < 0.05$). Del mismo modo, del total de las montas con penetración registradas (20), el 90 % fue para los machos tratados ($P < 0.05$). Ninguna diferencia fue encontrada concerniente a los automarcajes (47), 85 % para el grupo tratado ($P > 0.05$). Ninguna diferencia fue encontrada en lo concerniente a los olfateos anogenitales (1449), 75 % para el grupo tratado ($P > 0.05$).

Comportamiento sexual de los machos

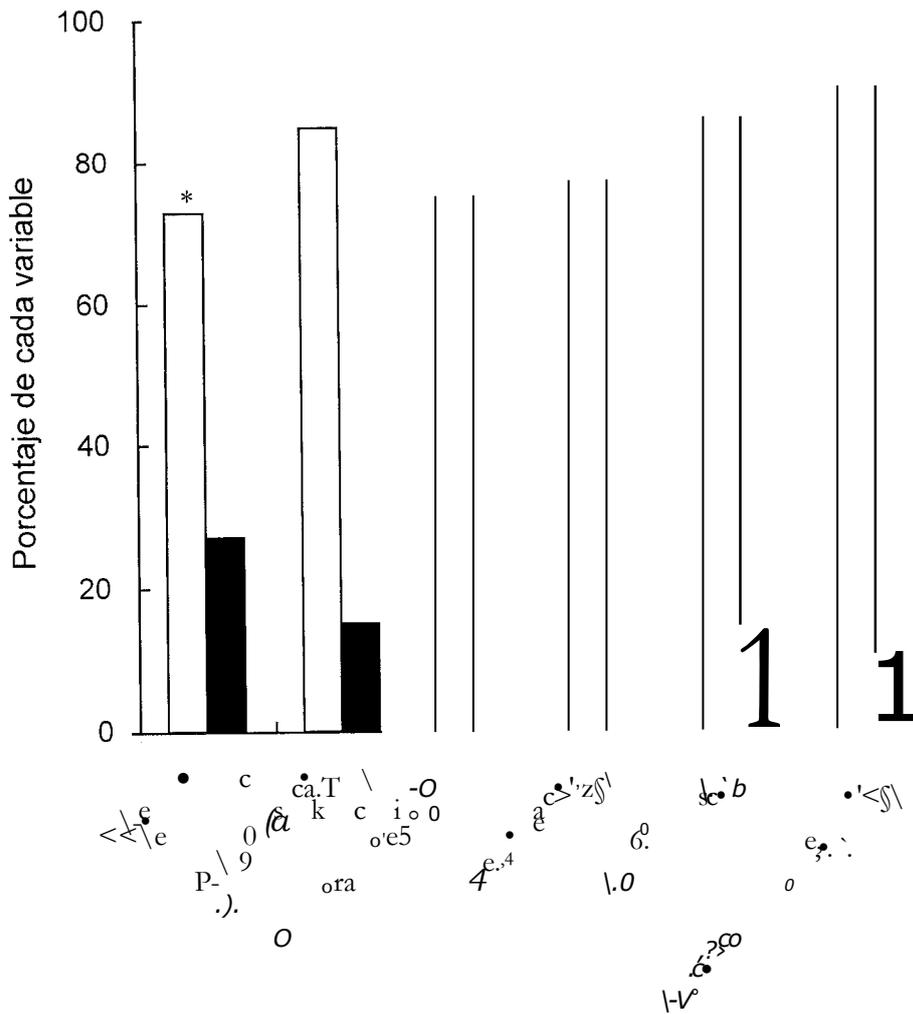


Figura 8. Conducta sexual desplegada por los machos Cabríos durante los primeros cinco días pos contacto con las hembras anovulatorias. En la mayoría de las variables los machos tratados (111) mostraron un mayor porcentaje de las conductas sexuales que los machos testigos (\$) (* P<0.05).

5.2 Hembras

5.2.1 Proporción de hembras que respondieron al efecto macho

Independientemente del sistema de explotación al que fueron sometidas las hembras, el porcentaje de estros detectados después de la introducción de los machos fue superior en los dos grupos expuestos a los machos sexualmente activos, que en las hembras en contacto con los machos en reposo sexual ($P < 0.0001$). En efecto, el 90 % (18/20) de las hembras del grupo extensivo, y el 95 % (18/19) de las cabras del grupo intensivo manifestaron un comportamiento de estro ($P > 0.05$, entre los dos grupos). En cambio, la respuesta fue del 45 % (9/20) en el grupo extensivo y 15 % (3/20) en el grupo intensivo expuestos a los machos en reposo sexual ($P < 0.05$, entre los dos grupos). En la Figura 9 se muestra la evolución del comportamiento estral de las hembras de los cuatro grupos utilizados en el estudio.

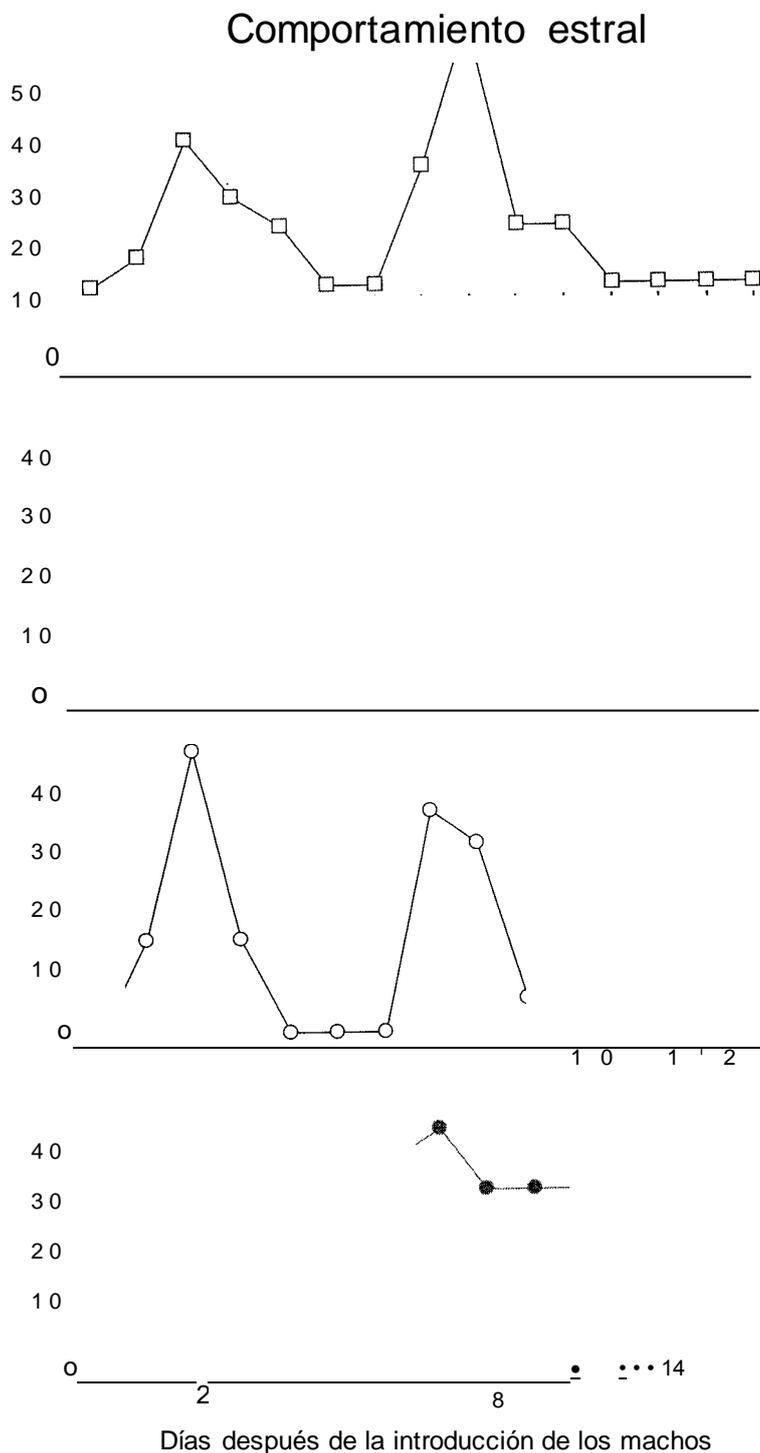


Figura 9. Evolución de la respuesta de las cabras que manifestaron un estro después de la introducción de los machos. Grupos: Extensivo Tratado (o), Extensivo Testigo () , Intensivo Tratado (o) e Intensivo Testigo (•). El día cero es el día de la introducción de los machos.

5.2.2 Porcentaje acumulado de estros

El porcentaje acumulado de estros después de la introducción de los machos tratados fue superior en el grupo intensivo que en el extensivo en los días 2, 3 y 7 del experimento ($P < 0.05$; Figura 10).

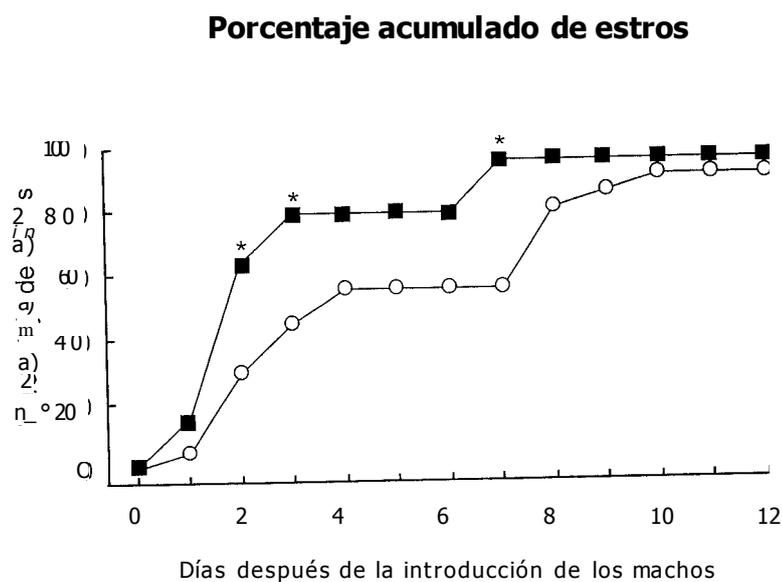
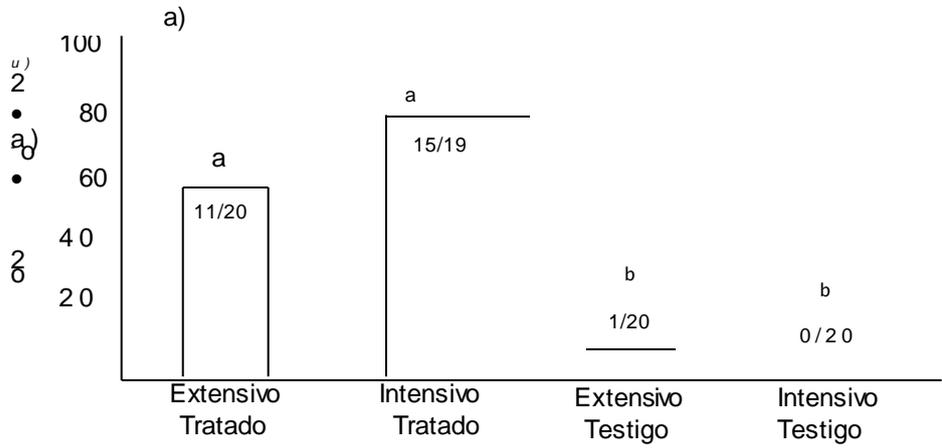


Figura 10. Porcentaje acumulado de estros presentados por las hembras expuestas a los machos tratados y mantenidas en el sistema intensivo (•) y extensivo (o) (* $P < 0.05$).

5.2.3 Intervalo entre la introducción de los machos y el inicio de la conducta estral en las hembras

El intervalo entre la introducción de los machos tratados y el inicio de la conducta de estro del día 1 al 5 fue de 47.2 ± 4 h para las hembras mantenidas en el sistema intensivo, y no difirió del intervalo de 53.5 ± 7 h registrado en las hembras mantenidas en extensivo ($P>0.05$). Asimismo, no hubo diferencia ($P>0.05$) entre la introducción de los machos tratados y el inicio del celo en las hembras que respondieron manifestando un estro del día 6 al 15: 175.7 ± 4 h para el grupo intensivo y 190.6 ± 5 h para el extensivo. En lo referente a las cabras expuestas a los machos testigo que manifestaron un estro del día 6 al 15 post introducción de los machos, el intervalo fue similar en el grupo intensivo 156.0 ± 1 h y extensivo 173.3 ± 2 h. Estos intervalos no fueron diferentes de los encontrados en los grupos expuestos a machos tratados en el segundo estro ($P>0.05$). En la Figura 11 se muestran los porcentajes de hembras en estro los días 1 — 5 y 6 — 15 después del contacto con los machos.

Estros de los días 1 al 5 post introducción de los machos



Estros de los días 6 al 15 post introducción de los machos

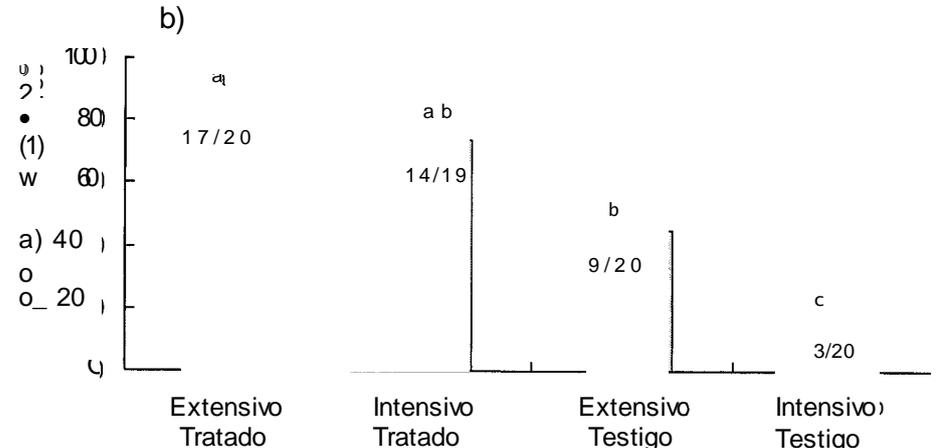


Figura 11. Porcentaje de cabras que manifestaron un estro después de la introducción de los machos tratados, sexualmente activos, o en reposo sexual del día 1 — 5 (a) y del 6 — 15 (b). Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre los grupos ($P < 0.05$).

5.2.4 Frecuencia de los ciclos cortos de las hembras expuestas a machos tratados

La proporción de ciclos estrales de corta duración fue similar entre los grupos de hembras mantenidas en extensivo (n=10; 50 %) e intensivo (n=11; 58%) y expuestas a machos sexualmente activos. La duración del ciclo corto fue de 5.6 ± 0.4 y 5.4 ± 0.2 días en los grupos extensivo e intensivo, respectivamente ($P > 0.05$).

5.2.5 Fertilidad

La fertilidad obtenida al parto fue diferente en los cuatro grupos (Figura 12; $P < 0.002$). Ninguna diferencia existió entre las hembras expuestas a los machos tratados y mantenidos en extensivo (14/20: 70%) e intensivo (9/19: 47%). El grupo extensivo tratado (70%) fue superior a los grupos expuestos a los machos testigo y mantenidos en extensivo (25%) e intensivo (0%). El grupo intensivo tratado no fue diferente del extensivo testigo ($P > 0.05$), pero fue superior al grupo intensivo testigo ($P < 0.05$). El grupo extensivo testigo fue superior que el intensivo testigo ($P < 0.05$).

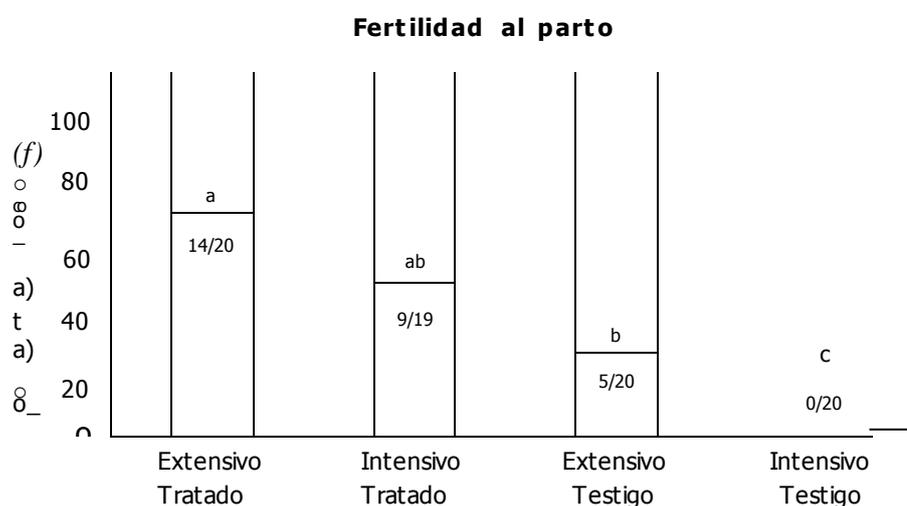


Figura 12. Fertilidad al parto de las cabras expuestas a machos tratados, sexualmente activos o en reposo sexual (testigo), en los cuatro grupos. Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre los grupos ($P < 0.05$).

5.2.6 Prolificidad

La prolificidad obtenida en las cabras de los tres grupos que parieron no fue diferente ($P>0.05$). Ésta fue de 1.6 ± 0.1 crías en el grupo extensivo (14/20) expuesto a machos tratados, en el grupo intensivo (9/19) expuesto a machos tratados fue de 2.0 ± 0.2 crías. y de 1.6 ± 0.2 crías en el grupo extensivo (5/20) expuesto a machos testigo.

VI. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que la actividad sexual de las cabras anéstricas mantenidas en extensivo puede ser estimulada adecuadamente si se utilizan machos sexualmente activos. En efecto, más del 90 % de las hembras expuestas a machos sexualmente activos manifestaron conducta estral, independientemente del sistema de explotación (intensivo o extensivo). La alta respuesta de las hembras en extensivo expuestas a machos sexualmente activos, contrasta con lo reportado por Mellado *et al.* (1996) en condiciones extensivas en el subtrópico mexicano. Estos autores reportaron que sólo el 45 % de las hembras en condiciones extensivas, responden a la introducción del macho en abril. La diferencia entre los resultados del presente estudio y los de Mellado *et al.* (1996) puede deberse al diferente estado fisiológico de los machos utilizados en los dos estudios. En el de Mellado *et al.* (1996), los machos estaban en reposo sexual. En cambio, en el presente estudio, el comportamiento sexual fue muy intenso en los machos tratados fotoperiódicamente, y similar al comportamiento desplegado en la época de reproducción natural, mientras que en los no tratados, este comportamiento fue muy inferior, coincidiendo con lo reportado en otros estudios durante el periodo de reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2002; Carrillo *et al.*, 2004). Los resultados del presente estudio confirman que la intensidad de la libido es importante para estimular la actividad sexual en las hembras a través del efecto macho (Perkins y Fitzgerald 1994; Rosa *et al.*, 2002).

La respuesta estral total de los dos grupos de hembras expuestas a los machos sexualmente activos, fue similar en el porcentaje de ciclos cortos, intervalo entre la

introducción del macho y el inicio de la conducta estral, lo que sugiere que el sistema de explotación no tuvo efecto en la respuesta de las hembras. En cambio, el sistema de explotación afectó el porcentaje acumulado de estros, el cual fue superior en las hembras en intensivo que en las mantenidas en extensivo. Esto pudo deberse a que las hembras en intensivo tuvieron, probablemente, un contacto más estrecho y prolongado con los machos al ser alojados en corrales de 4 x 5 m (Hogan *et al.*, 2004). En efecto, se ha demostrado que en espacios pequeños, el contacto físico entre hembras y machos es mucho mayor (Rosa *et al.*, 2003), permitiendo que aquellas que tienen mayor contacto con los machos responden antes que las que no lo tienen (Alvarez *et al.*, 2003). En cambio, las hembras en extensivo recorrían diariamente de 2 a 10 km, y aunque por la noche eran alojadas también en corrales de 4 x 5 m, una relación menos estrecha con los machos pudo haber influido su respuesta a la introducción de estos. En efecto, menos del 45 % de las hembras fueron detectadas en estro, al ser expuestas a machos en reposo sexual explotadas de manera intensiva o extensiva. Esto es similar a lo obtenido en otros experimentos donde al exponer a las hembras anovulatorias en contacto con machos sexualmente inactivos no hay una respuesta elevada por falta, probablemente, de un intenso estímulo de los machos a las hembras (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). Esto sugiere que más que el sistema de explotación, la libido de los machos es importante para lograr una buena estimulación de las hembras.

En este estudio a pesar de que se obtuvo un 95 % de actividad estral en las cabras del grupo intensivo expuestos a machos sexualmente activos, la fertilidad fue solamente del 47 %, mientras que en el grupo extensivo, ésta fue del 70 %. Aunque no se conocen los factores que influyeron para que existiera una reducción de la

fertilidad al parto en el grupo en intensivo, es posible que esta disminución se debió a problemas de estrés provocados al pasar del sistema intensivo al extensivo 15 días después del contacto con los machos. Está documentado que el estrés provoca una reducción de la fertilidad en las hembras (Kusina *et al.*, 2001).

La prolificidad obtenida en el grupo intensivo y expuesto a machos tratados fue mayor (2.0 ± 0.2) que las hembras en extensivo (1.6 ± 0.2) y similar a la reportada en hembras expuestas al efecto macho en 'condiciones intensivas (Flores *et al.*, 2000; Veliz *et al.*, 2002). La diferencia entre los grupos intensivo y extensivo puede deberse a una diferente tasa de ovulación o a un incremento en la mortalidad embrionaria provocada por una deficiente alimentación. En efecto, la subalimentación disminuye la tasa ovulatoria e incrementa la mortalidad embrionaria (Atti *et al.*, 2004). Sería interesante determinar si una suplementación alimenticia antes del efecto macho, y al menos dos semanas después de la fertilización, podría aumentar la prolificidad. En efecto, se ha demostrado que cuando las hembras reciben una suplementación alimenticia antes o durante el empadre se incrementa la tasa ovulatoria y en consecuencia, la prolificidad (Haresing, 1981; Nottle *et al.*, 1997; Lassoued *et al.*, 2004).

VII. CONCLUSIÓN

La actividad estral de las hembras caprinas bajo un sistema de explotación en condiciones extensivas es estimulada al someterlas al efecto macho si se utilizan machos tratados, sexualmente activos

VIII. LITERATURA CITADA

- Alvarez, L., Martin, G. B., Galindo, F., Zarco, L. A. 2003. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Appl. Anim. Beba. Sci.* 84: 119 - 126.
- Álvarez, L., Zarco, L. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet. Méx.* 32(2): 117-129.
- Atti, N., Bocquier, F., Khaldi, G. 2004. Performance of the fat-tailed Barbarine sheep in its environment: adaptive capacity to alternation of underfeeding and re-feeding periods. A review. *Anim. Res.* 53:165-176.
- Blache, D., Chagas, L. M., Blackberry, M. A., Vercoe, P. E., Martin, G. B. 2000. Metabolic factor affecting the reproductive axis in male sheep. A review. *J. Reprod. Fétil.* 120: 1-11.
- Cantú, J. E. 2004. Zootecnia de ganado caprino. Depto. Producción Animal, UAAAN-UL Torreón, Coah. México. p. 191
- Carrillo, E., Veliz F. G., Duarte, G., Hernández H., Malpaux, B., Delgadillo, J. A. Flores J. A. 2004. The females per male ratio influences the response of anoestrous female goats to the male effect. *Abstract Reprod. Fertil. Dev.* 16(4):519.
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. A review. *Livest. Prod. Sci.* 17: 137-147.
- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, J. A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.* 8: 299-312.
- Chenoweth, P. J. 1981. Libido and mating behavior in bulls, boars and rams: A review. *Theriogenology* 16: 155-177.
- Delgadillo, J. A., Canedo, G. A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpaux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 52(4): 727-737.
- Delgadillo, J. A., Chemineau, P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *J. Reprod. Fertil.* 94(1): 45-55.

- Delgadillo, J. A., Cortez, M. A., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B. 2004a. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical mate goats. *Reprod. Fertil. Dev.* 44(3): 183-193.
- Delgadillo, J. A., Cortez-López, M. E., Duarte, G., Malpoux, B. 2000. El fotoperíodo modifica la actividad sexual de los machos cabríos Criollos del subtrópico mexicano. (Memorias) XLIII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas XX Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas, Cancún, Quintana Roo, México :c191.
- Delgadillo, J. A., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F. G., Carrillo, E., Flores, J. A., Vielma, J., Hernández, H., Malpoux, B. 2004b. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fertil. Dev.* 16(4): 471-478.
- Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Véliz, F. G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpoux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. Méx.* 34(1): 69-79.
- Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Véliz, F. G., Hernández, H. F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using mate goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci.* 80(11): 2780-2786.
- Delgadillo, J. A., Poindron, P., Krehbiel, D., Duarte, G., Rosales, E. 1997. Nursing, suckling and postpartum anoestrus of Creole goats kidding in January in subtropical Mexico. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 55(1-2): 91-101.
- Duarte, G. 2000. Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperíodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera. (Tesis de Doctorado) D.F., México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- Fabre-Nys, C. 1999. Comportamiento reproductivo de los caprinos. En: XIV Reunión Nacional de Caprinocultura, Chapingo, Edo. de México. p 206-221.
- Fabre-Nys, C. 2000. Le comportement sexuel des caprins: Contrôle hormonal et facteurs sociaux. *INRA Prod. Anim.* 13: 11-23.
- Ferreira, N. J., Clemente de Mello, S. C. 2003. Biotecnologías de la reproducción ovina, inseminación artificial (Memorias). Hidalgo, México.

- Fisher, J. F., Martin, G. B., Oldham, C. M., Gray, S. 1993. Long term effect of nutrition on spontaneous ovulation in merino ewes and their responses to the "ram effect" Proceedings of the VII World Conference on Animal Production. University of Alberta, Edmonton Alberta. Short papers and abstracts. 2: 32-33.
- Flores, J. A., Véliz, F. G., Perez-Villanueva, J. A., Martinez De La Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux B., Delgadillo, J. A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62(5): 1409-1414.
- Gelez, H., Fabre-Nys, C. 2004. The male effect in sheep and goats: A review of the respective roles of the two olfactory systems. *Horm. Behav.* 46: 257-271.
- Haresign, W. 1981. The influence of nutrition on reproduction in the ewe. *Animl. Prod.* 32:197-202.
- Henniawatí, Restall, B. J., Scaramuzzi, R. J. 1995. Effect of season on LH secretion in ovariectomized Australian Cashmere does. *J. Reprod. Fertil.* 103: 349-356.
- Hogan, N., Waas, J. R., Verkerk. G. A. 2004. Can female-female stimulation of breeding condition occur in dairy goats? *Small Rumin. Res.* 55(1-3): 21-27.
- Howles, C. M., Craigon, J., Haynes, N. B. 1982. Long-term rhythms of testicular volume and plasma prolactin concentrations in rams reared for 3 years in constant photoperiod. *J. Reprod. Fertil.* 65: 439-446.
- Kusina, N. T., Chinuwo, T., Hamudikuwanda, H., Ndlovu, L. R. Muzanenhamo, S. 2001. Effect of different dietary energy level intakes on efficiency of estrus synchronization and fertility in Mashona goat does. *Small Rumin. Res.* 39:283-288.
- Lassoued, N., Rekik, M., Mahouachi, M., Ben Hamouda, M. 2004. The effect of nutrition prior to and during mating on ovulation rate, reproductive wastage, and lambing rate in three sheep breeds. *Small Rumin. Res.* 52:117-125.
- Lincoln, G. A., Short, V. R. 1980. Seasonal breeding: Nature's contraceptive. *Recent. Prog. Horm. Res.* 36: 1-43.
- Malpoux, B., Thiery, J. C., Chemineau, P. 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 39(3): 355-366.
- Malpoux, B., Viguie, C., Thiery, J. C., Chemineau, P. 1996. Contrôle photopériodique de la reproduction. *INRA Prod. Anim.* 9(1): 9-23.
- Martin, G. B., Milton, J. T., Davidson, R. H., Banchemo-Hunzicker, G. E., Lindsay D. R., Blache, D. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83: 231-245.

- Martin, G. B., Oldham, C. M., Cognie, Y., Pearce, D. T. 1986. The physiological response of anovulatory ewes to the introduction of rams - A review. *Livest. Prod. Sci.* 15: 219-247.
- Martin, G. B., Walkden-Brown, S. W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 49: 437-449.
- Mellado, M., Cantú, L., Suárez, J. E. 1996. Effects of body condition, length of breeding period, buck: doe ratio, and month of breeding on kidding rates in goats under extensive conditions in arid zones of Mexico. *Small Rumin. Res.* 23 (1): 29-35.
- Morrello, H., Álvarez, H., Medina, V., Bogado, D., Quintana, M., Venturino, A., Aisen, E. 2004. Artificial photoperiodic cycles for semen collection from male angora goats during the non-breeding season. *Abstract Reprod. Fertil. Dev.* 16(4): 523.
- Nottle, M. B., Kleemann, D. O., Grosser, T. I., Seemark, R. F. 1997. Evaluation of a nutritional strategy to increase ovulation rate in Merino ewes mated in late spring-early summer. *Anim. Reprod. Sci.* 47:255-261.
- Oldham, C. M., Adams, N. R., Gherardi, P. B., Lindsay, D. R., Mackintosh, B. 1978. The influence of level of feed intake on sperm-production capacity of testicular tissue in the ram. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 173-179.
- Perkins, A., Fitzgerald, J. A. 1994. The behavioral component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J. Anim. Sci.* 72: 51-55.
- Price, E. O., Smith, V. M., Katz, L. S. 1986. Stimulus conditions influencing self-eruniation, genital grooming and flehmen in male goats. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 16: 371-381.
- Restall, B., Walkden-Brown, S. W., Restall, H. 1991. Reproduction research in Australian goats. *Cashmere Research Seminar Proceedings.* 23-24 may, Australia. 49-69.
- Restall, B. J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27: 305 - 318.
- Rivera, G. M., Alanis, G. A., Chaves, M. A., Ferrero, S. B., Morello, H. H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Rumin. Res.* 48: 109-117.
- Rosa, H. J., Bryant, M. J. 2002. The ram effect as a way of modifying the reproductive activity in the ewe: A review. *Small Rumin. Res.* 45: 1-16.

- Rosa, H. J. D., Silva, C. C., Bryant, M. J. 2003. The effect of paddock size on the response of seasonal anoestrous ewes to the ram effect. *Small Rumin. Res.* 48(3): 233-237.
- Schinckel, P. G. 1954. The effect of the presence of the ram on the ovarian activity of the ewe. *Aust. J. Agric. Res.* 5: 465-469.
- Shelton, M., 1980. Goats: Influence of various exteroceptive factors on initiation of estrus and ovulation. *Int. Goat and Sheep Res.* 1(2): 156-162.
- Terqui, M., Thimonier, J. 1974. Nouvelle méthode radio immunologique rapide pour l'estimation du niveau de progestérone plasmatique. Application pour le diagnostic précoce de la gestation chez la brebis et la chèvre. (new and rapid radioimmunological method for the estimation of the plasmatic progesterone level: Application to the pregnancy diagnosis in sheep and goats). *CR Hebd. Séanc. Acad. Sci. Paris.* D279: 1109-1112.
- Thiery, J. C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M., Malpoux, B. 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domest. Anim. Endocrinology* 23(12): 87-100.
- Thimonier, J., Cognie, Y., Lassoued, N., Khaldi, G. 2000. L'effet mate chez les ovins: Une technique actuelle de maîtrise de la reproduction. *INRA Prod. Anim.* 13(4): 223-231.
- Underwood, E. J., Shier, R. L., Davenport, N. 1944. Studies in sheep husbandry in western Australia. *J. Dept. Agric. Western Australia.* 2 11: 135-143.
- Veliz, F. G., Moreno, S., Duarte, G., Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J. A. 2002. Mate effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 72(3-4): 197-207.
- Walkden-Brown, S. W., Restall, B., Henniawati. 1993a. The male effect in the Australian Cashmere goat. 1. Ovarian and behavioural response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 41-53.
- Walkden-Brown, S. W., Restall, B., Henniawati. 1993b. The mate effect in the Australian Cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 69-84.
- Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J., Norton, B. W., Scaramuzzi, R. J., Martin, G. B. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fertil.* 102(2): 351-360.

Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J. 1996. Environmental and social factors affecting reproduction. In Proceedings of the VI International Conference on Goat. Ed. PJ Host. International Academic Publishers, Beijing. 2: 762-765.

Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J., Scaramuzzi, R. J., Martin, G. B., Blackberry, M. A. 1997. Seasonality in male Australian Cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FHS and prolactin concentrations, and body growth. *Small Rumin. Res.* 26: 239-252.

Walkden-Brown, S. W., Martin, G. B., Restall, B. J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 54: 243-257.