

FECHA DE ADQUISICIÓN
NÚM. DE INVENTARIO 00111
PRECEDENCIA
NUM. CALIFICACION
PRECIO
IMP.



SF871  
.V53  
2006  
TESIS  
Ej.1

Y LA OVULACION EN LAS CABRAS SOMETIDAS  
AL EFECTO MACHO

JESUS VIELMA SIFUENTES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
SUBDIRECCION DE POSTGRADO

Director de tesis: Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez  
Torreón, Coahuila, México

JUNIO 2006



**EL COMPORTAMIENTO SEXUAL, LAS VOCALIZACIONES Y  
EL OLORES DEL MACHO CABRÍO ESTIMULAN LA SECRECIÓN  
DE LH, EL ESTRO Y LA OVULACIÓN EN LAS CABRAS  
SOMETIDAS AL EFECTO MACHO**

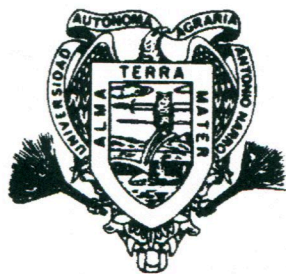
**JESÚS VIELMA SIFUENTES**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL**

**GRADO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

Director de tesis: Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Torreón, Coahuila, México

Junio 2006

EL COMPORTAMIENTO SEXUAL, LAS VOCALIZACIONES Y EL OLOR  
DEL MACHO CABRÍO ESTIMULAN LA SECRECIÓN DE LH, EL ESTRO Y  
LA OVULACIÓN EN LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO MACHO

TESIS

POR

JESÚS VIELMA SIFUENTES

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

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:


Asesor:

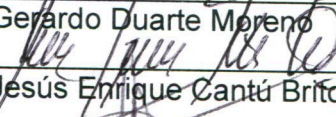
Asesor:

Asesor:

Asesor:

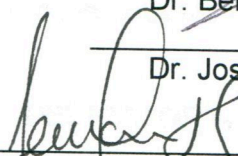
  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gerardo Duarte Moreno

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jesús Enrique Cantú Brito

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Benoît Malpoux

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Alfredo Flores Cabrera

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Subdirector de Postgrado

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

Torreón, Coahuila, México, Junio de 2006

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por las facilidades otorgadas para la realización de los estudios de Doctorado.

Al Programa de cooperación científica entre México (ANUIES- SEP CONACYT) y Francia (ECOS; M02-A04), por el financiamiento otorgado.

Al Dr. José A. Delgadillo Sánchez por su diligente asesoría y apoyo incondicional para la conclusión de este trabajo.

A mi Comité Particular de Asesoría: Dr. Gerardo Duarte, Dr. Benoît Malpoux, Dr. José Alfredo Flores y Dr. Jesús Enrique Cantú, por sus valiosas aportaciones para este trabajo.

Al Dr. Horacio Hernández y al Dr. Francisco Gerardo Véliz por su paciencia y apoyo durante mis estudios.

A mi compañero de fórmula M.C.Evaristo Carillo.

A todos los miembros del CIRCA, *de ahora y de antes*.

Al Departamento de Postgrado de la UAAAN-UL.

## DEDICATORIA

A mis padres, a mis hermanos, a mis amigos y a quien hizo posible este trabajo.

A mi esposa e hijas, sin ellas no hubiera sido posible...

## COMPENDIO

### **El comportamiento sexual, las vocalizaciones y el olor del macho cabrío estimulan la secreción de LH, el estro y la ovulación en las cabras sometidas al efecto macho**

El efecto macho es un fenómeno multisensorial que involucra distintas señales exteroceptivas, como los olores, las emisiones sonoras, los contactos físicos y visuales, así como las conductas sexuales del macho durante el cortejo sexual. Cada señal puede tener una influencia separadamente, pero la mayor respuesta se obtiene cuando el macho está en contacto físico total con las hembras, donde todas las señales están actuando en conjunto. Se realizaron tres estudios para investigar la participación de las vocalizaciones y el comportamiento sexual de los machos sobre la respuesta de las hembras anéstricas al efecto macho.

#### **Artículo 1.**

#### **Las Vocalizaciones de Machos Cabríos no Estimulan la Secreción de la LH ni la Ovulación en las Cabras Anovulatorias**

El objetivo de este estudio fue determinar si la reproducción de las vocalizaciones del macho cabrío estimulan la secreción de LH y la ovulación de cabras anéstricas. Cuarenta cabras Criollas múltiparas, aisladas de machos cabríos tres meses antes de iniciar el experimento, se dividieron en 4 grupos (n = 10 cada uno). Un grupo fue expuesto a un macho sexualmente activo. Un segundo grupo fue expuesto a vocalizaciones de macho por discos compactos. Un tercer grupo fue expuesto al ruido blanco de discos



compactos vírgenes. Las hembras del cuarto grupo permanecieron aisladas, sin estímulos. Se determinaron la pulsatilidad de LH 4 h antes y 4 h después de iniciar el estímulo y la progesterona plasmática los siguientes 28 días. La introducción del macho en el grupo correspondiente incrementó ( $P < 0.001$ ) el número de pulsos de LH de  $1.0 \pm 0.2$  antes a  $2.9 \pm 0.3$  postintroducción del macho. Contrariamente, ninguna modificación ( $P > 0.05$ ) de la secreción pulsátil de LH se observó en los grupos vocalizaciones (antes  $1.0 \pm 0.1$ ; después  $0.8 \pm 0.2$ ); ruido blanco (antes  $1.0 \pm 0.1$ ; después  $0.8 \pm 0.1$ ) y en aisladas (antes  $0.6 \pm 0.2$ ; después  $1.1 \pm 0.2$ ). Todas las cabras del grupo con macho ovularon, mientras que ninguna en los grupos vocalizaciones, ruido blanco y aislado, lo hizo ( $P < 0.001$ ). Estos resultados demuestran que en cabras anovulatorias, las vocalizaciones del macho emitidas durante el cortejo sexual, grabadas y reproducidas con discos compactos, no incrementan la frecuencia de pulsos de la LH, ni provocan la ovulación.

## **Artículo 2.**

### **Las vocalizaciones en vivo de machos cabríos estimulan la actividad estral de las cabras en reposo sexual**

El presente estudio se realizó para determinar si las vocalizaciones en vivo de los machos cabríos provocan la actividad estral y ovárica de hembras en reposo sexual. Un grupo de hembras ( $n=5$ ) se puso en contacto con dos machos cabríos sexualmente activos. Un segundo grupo de hembras ( $n=6$ ) fue expuesto solamente a las vocalizaciones en vivo provenientes del primer grupo, ubicado a 200 m del primero. Un tercer grupo aislado de estímulos del macho ( $n=6$ ) se ubicó a 600 m de los dos anteriores grupos. Todas (5/5)



las hembras expuestas a los machos ovularon y sólo en 2/6 del grupo expuesto a las vocalizaciones y 0/6 de las aisladas lo hicieron ( $P < 0.001$ ). El número de hembras que manifestaron estro no difirió ( $P > 0.05$ ) entre los grupos con machos y con vocalizaciones (5/5 y 5/6, respectivamente), pero ambos grupos fueron superiores al grupo aislado (0/6,  $P < 0.01$ ). Estos resultados permiten concluir que las vocalizaciones de los machos cabríos, pueden inducir la actividad estral de las hembras anéstricas. Sin embargo, la proporción de hembras que ovulan es menor que la inducida por los machos en contacto físico total.

### **Artículo 3.**

#### **El comportamiento sexual del macho es necesario para mantener elevada la secreción de la LH en cabras sometidas al efecto macho**

El objetivo del estudio fue determinar la importancia del comportamiento sexual del macho cabrío sobre la estimulación de la secreción de la LH en cabras anovulatorias expuestas al efecto macho. Dos grupos de hembras ( $n=10$  cada uno) fueron expuestos a 2 machos en reposo sexual (SI), uno despierto y otro sedado para impedir el despliegue de su comportamiento sexual. Otros dos grupos de cabras ( $n=10$  cada uno), se expusieron a 2 machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos (16 horas de luz/día; SA), uno despierto y otro sedado. La secreción de LH se determinó en dos periodos: 4 horas antes y 8 después de la introducción del macho el primer día y 4 h al día siguiente. La introducción de los machos SA despierto o sedado provocó una estimulación

las hembras con el macho SA despierto, mientras que en el grupo con macho SA sedado, la frecuencia de pulsos de LH disminuyó después de las primeras 4 h del estímulo ( $P < 0.05$ ). Los machos SI despierto o sedado no estimularon la secreción de la LH. Las hembras respondieron de manera diferente a la entrada de los machos SA y SI ( $P < 0.05$ ). Se detectó un pulso de LH dentro de los primeros 15 min en 9 de 10 hembras del grupo SA sedado y en 7 de 10 en el grupo SA despierto, mientras que en el grupo SI sedado se observó sólo en 1 de 10 y en 0 de 10 en el grupo SI despierto. El intervalo a la aparición del primer pulso de LH fue menor ( $P < 0.01$ ) en los grupos de hembras en contacto con machos SA ( $33 \pm 8.2$  min) que en los grupos con machos SI ( $125 \pm 12.5$  min), independientemente de si estaban sedados o despiertos. En conclusión, los machos cabríos sexualmente activos, despiertos o sedados, estimulan la secreción de la LH, y el comportamiento sexual de los machos es indispensable para mantener elevada la pulsatilidad de la LH en las hembras expuestas al efecto macho.

## ABSTRACT

### **Sexual behavior, vocalizations and buck odor stimulating LH secretion, estrus and ovulation in female goats submitted to male effect**

The male effect is a multisensorial phenomenon that involves different exteroceptive signals, like the odor, vocalizations, physical and visual contacts, as well as the sexual behaviors of the male during the sexual courtship. Three experiments were carried out with the objective of investigate the participation of vocalizations and sexual behavior in the male effect.

Paper 1.

#### **Vocalizations of Male Goats do not Stimulate Neither LH Secretion nor Ovulation on Anovulatory Female Goats**

The objective of this study was to determine if the reproduction of the goat buck vocalizations stimulates the secretion of LH and ovulation of anestrus goats. Forty multiparous Creole goats, isolated from male goats three months before the onset of experiment, were allocated in four groups (n = 10 each). The first group was exposed to one sexually active male. The second group was exposed to vocalizations of males reproduced by compact discs. The third group was exposed to the white noise produced by a virgin compact disc. The females of the fourth group remained isolated. LH was measured 4 h before and 4 h after the onset of stimulus, while progesterone was measured during the next 28 days. The introduction of the male in the corresponding group increased ( $P < 0.001$ ) the LH pulses number from  $1.0 \pm$



0.2 before to  $2.9 \pm 0.3$  after male introduction. On the contrary, no modification ( $P > 0.05$ ) of the pulsatile secretion of LH was observed in vocalization (before  $1.0 \pm 0.1$ ; after  $0.8 \pm 0.2$ ), white noise (before  $1.0 \pm 0.1$ ; after  $0.8 \pm 0.1$ ), or isolated (before  $0.6 \pm 0.2$ ; after  $1.1 \pm 0.2$ ) groups. All females exposed to buck ovulated, whereas none of those of the other three groups did so. These results demonstrate that in anovulatory goats, the reproduction of buck vocalizations recorded during the sexual courtship, did not stimulate neither the frequency of LH pulses nor the ovulation.

Paper 2.

### **In vivo buck vocalizations stimulate the oestrous activity in seasonal anovulatory female goats**

The present study was carried out to determine if the in vivo vocalizations of the bucks stimulate the oestrus and ovarian activity of females in sexual rest. A group of females ( $n=5$ ) was put in contact with two sexually active bucks. A second group of females ( $n=6$ ) was only exposed to the in vivo vocalizations originating of the first group, located to 200 m of first. A third isolated group of stimuli of the male ( $n=6$ ) was located to 600 m of both previous groups. All females (5/5) exposed to bucks ovulated, and only 2 of 6 does exposed to vocalizations and 0 of 6 isolated did so ( $P < 0.001$ ). The number of does displayed estrous behavior did not differ ( $P < 0.05$ ) between groups exposed to males (5/5) or to their vocalizations (5/6), but both groups were different from isolated group (0/6,  $P < 0.01$ ). These results allow to conclude that the vocalizations of the bucks, induce the estrous activity of the anoestrous

female goats. Nevertheless, the proportion of females that ovulate is 1  
than that induced by the bucks in full physical contact with female goats.  
Paper 3.

**The sexual behavior of the male goat is necessary to keep stimulated  
the secretion of the LH in female goats submitted to the male effect**

The objective of the study was to determine the importance of the sexual  
behavior of the male goat on the stimulation of the secretion of the LH in  
anovulatory female goats exposed to the male effect. Two groups of female goats  
(n=10 each one) were exposed to 2 bucks in sexual rest (SI), one awake and  
another sedate to prevent his sexual behavior. Other two groups of female goats  
(n=10 each one), exposed to 2 bucks induced to intense sexual activity (SA)  
through 2.5 months of long days (16 hours of light/day; SA), one awake and  
another sedate. The LH secretion was determined in two periods: 4 hours  
before and 8 after the introduction of the bucks during the first day and  
4 hours on the following day. The introduction of SA bucks awake or sedate  
caused a stimulation ( $P < 0.05$ ) of the pulsatility of the LH in the first 4 hours  
of contact between sexes. The pulsatility of the LH stayed elevated by 24 hours  
in the females with SA awake buck, whereas in the group with SA sedate  
buck, the frequency of LH pulses diminished after the first 4 h of the stimulation  
( $P < 0.05$ ). The bucks SI awake or sedated they did not stimulate the secretion  
of the LH. The female goats responded in different manner ( $P < 0.05$ ) to the  
introduction of SA and SI bucks. One LH pulse was detected into first 15 minutes  
in 9 of 10 in group sedated SA buck and in 7 of 10 in group awake SA buck  
whereas in group sedated SI was observed only 1 of 10 and in 0 of 10 in  
group awake SI buck. The interval to appearance of first LH pulse was



smaller ( $P < 0.01$ ) in groups of female goats in contact with SA bucks ( $33 \pm 8.2$  min) than in groups with SI bucks ( $125 \pm 12.5$  min), independently if the males were sedated or awaked. In conclusion, the sexually actives males, awake or sedate, to stimulate the LH secretion, and the sexual behavior of males is indispensable to maintain high the LH pulsatility on female goats exposed to male effect.

Índice	Pág
<b>COMPENDIO</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>I. Introducción</b>	1
<b>II. Revisión de Literatura</b>	3
1. Estrategias reproductivas de los ovinos y caprinos	4
1.1 Actividad sexual anual de los machos ovinos y caprinos originarios o adaptados a las latitudes subtropicales	4
1.2 Actividad sexual anual de las ovejas y cabras originarias o adaptadas a las latitudes subtropicales	8
2. Factores del ambiente que influyen en la actividad sexual anual de los ovinos y caprinos originarias o adaptadas a las latitudes subtropicales	10
2.1 Fotoperiodo	12
2.2 Nutrición	14
2.3 Relaciones sociales	16
3. Control de la reproducción de ovinos y caprinos	16
3.1 Tratamientos fotoperiódicos	17
3.1.1 Machos	17
3.1.2 Hembras	20
3.2 Tratamientos nutricionales	20
3.2.1. Machos	21
3.3 Relaciones socio-sexuales	23
4. Factores del macho que afectan la respuesta de las hembras al efecto macho bajo condiciones naturales	24
4.1. El grado del contacto entre los dos sexos	24

4.2. La duración del contacto entre machos y hembras	25
4.3. Separación previa entre los dos sexos	26
4.4. Intensidad de la libido de los machos	27
5. Respuesta de las hembras al efecto macho	28
6. Factores sensoriales implicados en la respuesta de las hembras al efecto macho	29
6.1 Olfato	29
6.2 Tacto	30
6.3 Oído	30
6.4 Visión	31
<b>III. Objetivos del estudio</b>	<b>32</b>
<b>IV. Artículos</b>	<b>33</b>
1. Las vocalizaciones de machos cabríos no estimulan la secreción de la LH ni la ovulación en las cabras anovulatorias	34
2. Las vocalizaciones en vivo de machos cabríos estimulan la actividad estral de las cabras en reposo sexual	60
3. El comportamiento sexual del macho es necesario para mantener elevada la secreción de la LH en cabras sometidas al efecto macho	75
<b>V. Literatura citada</b>	<b>99</b>

## I. Introducción

Actualmente el interés por la caprinocultura se está incrementando rápidamente tanto en los países desarrollados como en los subdesarrollados. En Latino-América y el Caribe existen 35 millones de cabras, destacando México y Brasil con una población aproximada a los 10 millones en cada uno (Pittroff 2004).

En las regiones áridas y semiáridas de México la producción caprina se explota de manera extensiva predominantemente. En la Comarca Lagunera (México, 26° N) la ganadería caprina, especialmente la de sistema intensivo, está teniendo importantes transformaciones que paulatinamente han incrementado sus parámetros productivos (Romero-Paredes Rubio 2004).

La estacionalidad reproductiva es una de las limitantes más importantes para la caprinocultura, que condiciona la presentación alternada de periodos de actividad y de reposo sexual durante el transcurso del año. En la Comarca Lagunera, los partos de las hembras mantenidas en condiciones extensivas, se presentan en un alto porcentaje (80 %) de noviembre a febrero de lo cual puede deducirse que el inicio de la estación sexual ocurre en junio (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Esto provoca una concentración de sus productos principales (leche y cabritos) al final del invierno y durante la primavera.

Para modificar la estacionalidad reproductiva se han utilizado diferentes técnicas que permiten programar los partos fuera de la estación natural. Una de estas técnicas es el efecto macho, el cual consiste en estimular la



actividad sexual de las hembras anéstricas al ponerlas en contacto con un macho (Chemineau 1987; Delgadillo *et al.*, 2003). El efecto macho es un fenómeno multisensorial, y la hembra utiliza la vista, el olfato, el tacto y el oído para responder a la presencia del macho (Shelton 1980). El comportamiento sexual (olfateos ano-genitales, aproximaciones laterales, vocalizaciones, intentos de monta y montas) y el olor del macho determinan la calidad de la respuesta sexual de las hembras expuestas al macho (Flores *et al.*, 2000; Véliz *et al.*, 2002). Estas dos variables disminuyen considerablemente durante el periodo de reposo sexual de los machos, el cual coincide con el anestro de las hembras caprinas (Shelton 1980; Delgadillo *et al.*, 2003). Esta situación dificulta el estudio del papel que tienen las señales del macho sobre la estimulación de las hembras.

En el presente estudio se determinó el papel de las vocalizaciones y del comportamiento sexual del macho, utilizando machos inducidos a una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo, y machos en reposo sexual.



## II. Revisión de Literatura

### 1. Estrategias reproductivas de los ovinos y caprinos

En los diversos ambientes que habitan los ovinos y caprinos, el éxito reproductivo depende ampliamente de acontecimientos reproductivos que conduzcan al nacimiento de las crías durante un período del año que sea el más favorable para su sobrevivencia y crecimiento. La aparición anual y la duración de este periodo favorable varían entre latitudes. Por ello, las diversas razas de ovinos y caprinos distribuidas por todo el mundo han desarrollado un amplio rango de estrategias reproductivas. La mayoría de las razas originarias de las latitudes templadas ( $>40^\circ$ ) manifiestan una marcada estacionalidad reproductiva controlada principalmente por las variaciones del fotoperiodo. Estas razas son denominadas "fotoperiódicas rígidas" (Lincoln y Short 1980; Delgadillo *et al.*, 1991; Chemineau *et al.*, 1992; Walkden-Brown y Martin 1997; Rosa y Bryant 2003). Algunas razas originarias o adaptadas a las latitudes subtropicales ( $25^\circ-40^\circ$ ) presentan una marcada o débil estacionalidad reproductiva (Aboul-Naga y Aboul-Ela 1984; Restall 1992; Delgadillo *et al.*, 1999). En algunas de estas razas, la actividad sexual anual está también bajo el control del fotoperiodo y son denominadas "fotoperiódicas rígidas" (Walkden-Brown y Martin 1997; Delgadillo *et al.*, 2003; Duarte 2000). No obstante, en los machos de otras razas, la nutrición adecuada permite modificar dramáticamente el ciclo anual de reproducción (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Hötzel *et al.*, 1995). Estas razas son denominadas "fotoperiódicas flexibles" (Walkden-Brown *et al.*, 1994, 1997). La mayoría de las razas originarias de latitudes tropicales ( $<25^\circ$ ), tienen la

capacidad de manifestar una actividad sexual durante todo el año. En condiciones naturales, parece que el fotoperiodo no influye la actividad sexual en estas razas, la cual depende principalmente de la nutrición. Estas razas son denominadas "no fotoperiódicas" (Yenikoye 1984; Chemineau 1993; Martínez-Rojero *et al.*, 2001).

Esta diversidad de estrategias reproductivas puede explicarse, en parte, por lo siguiente: 1) Los ovinos y caprinos se domesticaron en Medio Oriente (Devendra y McLeroy 1986). Los ancestros salvajes presentaban una corta estación sexual en otoño, lo que sugiere que su reproducción era controlada por las variaciones fotoperiódicas. Su subsiguiente redistribución por el mundo fue debida al hombre, y los cambios en sus estrategias reproductivas han surgido tanto por selección natural como artificial. 2) Existen bases genéticas que controlan la variación de la respuesta al fotoperiodo (Hernández *et al.*, 2005) y la reducción a la inhibición fotoperiódica incrementa la respuesta a otros estímulos, como la alimentación o las relaciones sociosexuales (Bronson y Heideman 1994; Walkden-Brown y Martin 1997).

### **1.1 Actividad sexual anual de los machos ovinos y caprinos originarios o adaptados a las latitudes subtropicales**

En las latitudes subtropicales se manifiestan diferencias raciales en la duración y el momento del año en que se desarrolla la estación sexual de los machos ovinos y caprinos. Los machos cabríos Angora en el subtrópico

australiano, por ejemplo, presentan marcadas variaciones estacionales en la secreción de la LH, testosterona y talla testicular, con valores máximos en otoño (Ritar 1991). En cambio, los machos cabríos cashmere en Australia y los locales del subtrópico mexicano, presentan una moderada estacionalidad reproductiva (Walkden-Brown *et al.*, 1997; Delgadillo *et al.*, 1999).

En los machos cabríos locales del norte de México, la estación sexual inicia en mayo y termina en diciembre (Figura 1a). Durante este periodo, el peso testicular, reflejo de la actividad espermatogénica, es más elevado. En consecuencia, la producción espermática cuantitativa y cualitativa es más elevada durante la estación sexual que en el periodo de reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 1999). Asimismo, durante la estación sexual, la concentración plasmática de testosterona es elevada, y los machos presentan un intenso comportamiento sexual (Delgadillo *et al.*, 1999). El olor del macho es dependiente de la secreción de testosterona (Iwata *et al.*, 2000), por lo que varía estacionalmente en forma casi paralela a la secreción de esta hormona. Por tanto, la intensidad del olor de los machos durante la estación sexual es mayor que durante la estación de reposo sexual (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Gaspar-García 2005). Variaciones similares en el comportamiento sexual, el olor y la producción espermática han sido descritas en los machos cabríos de otras razas subtropicales como la Damasco en Egipto (Elwishy *et al.*, 1971), la Boer en África del Sur (Greyling y Grobbelaar 1983) y la cashmere en Australia (Walkden-Brown *et al.*, 1994).



Los carneros de razas subtropicales, presentan también una estacionalidad reproductiva (Figura 1b). Los machos Corriedale y Merino, por ejemplo, muestran variaciones estacionales en la secreción de testosterona, comportamiento sexual y producción espermática. En los machos de estas dos razas mantenidos en una latitud subtropical de Uruguay (32° S), la circunferencia escrotal disminuye en el otoño, inicia a incrementarse en primavera y alcanza sus valores máximos al inicio del verano (Pérez-Clariget *et al.*, 1998). En los machos ovinos Corriedale, los niveles plasmáticos de testosterona son bajos al final del otoño e invierno, y elevados a la mitad del verano e inicios del otoño (Pérez-Clariget *et al.*, 1998). La histología del testículo de los machos Corriedale indica que la actividad espermatogénica es más alta en el verano y el otoño, durante la estación sexual, que en el invierno y primavera, durante el periodo de reposo sexual (Gastell *et al.*, 1995; Bielli *et al.*, 1999).

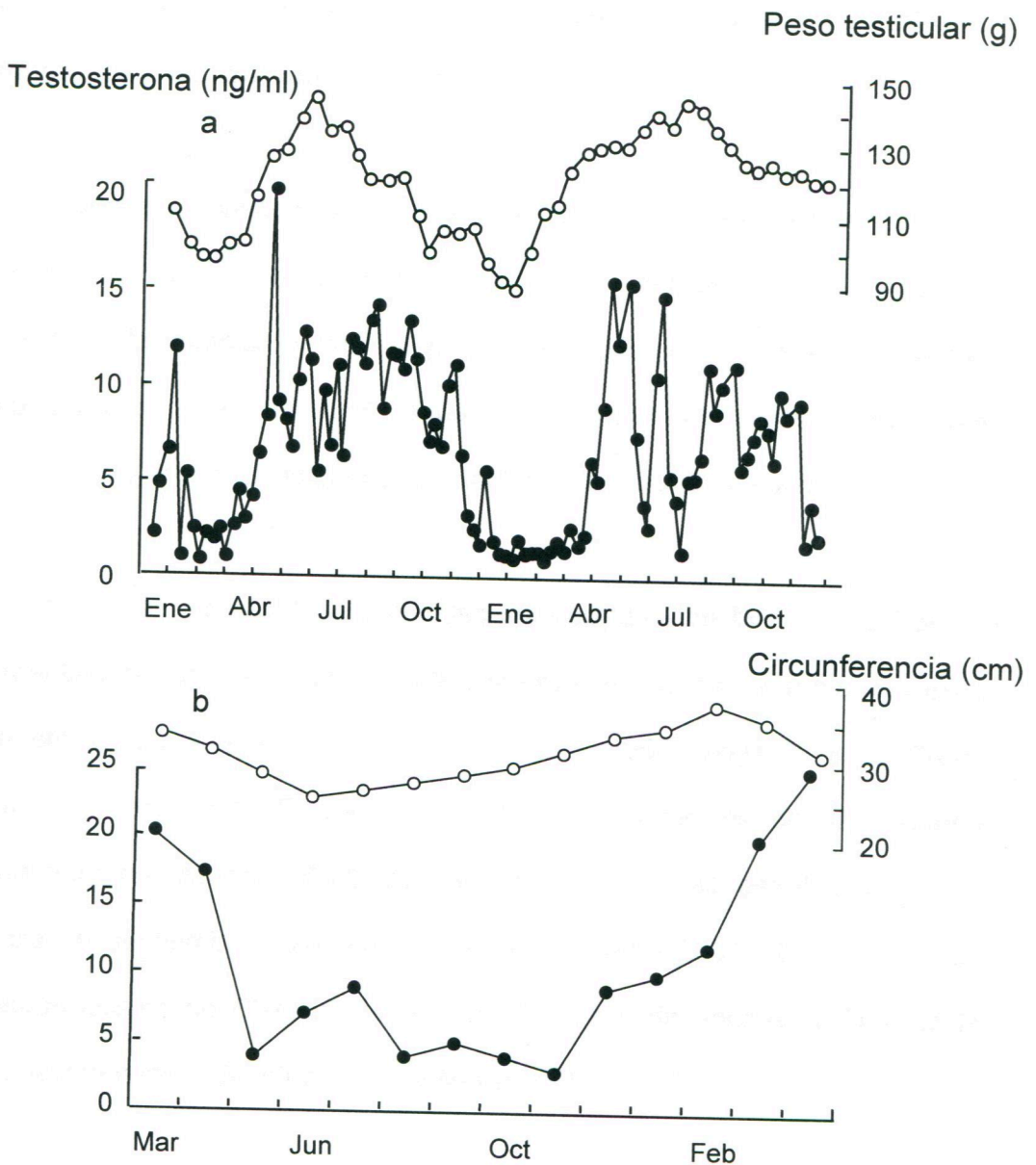


Figura 1. Variaciones estacionales del peso testicular y circunferencia escrotal, y de las concentraciones plasmáticas de testosterona de los machos cabríos locales del subtrópico mexicano (26° N; a) y de los carneros Corriedale (32° S; b). Los meses corresponden al hemisferio norte y sur, respectivamente (Adaptado de Delgadillo *et al.*, 1999; Pérez-Clariget *et al.*, 1998).



## 1.2 Actividad sexual anual de las ovejas y cabras originarias o adaptadas a las latitudes subtropicales

En las hembras ovinas y caprinas de latitudes subtropicales, existen también diferencias raciales en la duración y en los momentos del año en que se desarrolla la estación sexual. Algunas razas presentan una estacionalidad muy marcada de su actividad sexual anual, mientras que otras manifiestan una moderada estacionalidad de sus actividades estral y ovulatoria.

En las cabras locales de las latitudes subtropicales de México, Australia y Argentina, la actividad estral y ovulatoria inicia al final del verano o principios del otoño y termina al final del invierno (Restall 1992; Delgadillo *et al.*, 2003; Rivera *et al.*, 2003, Figura 2a). En las cabras locales de la Comarca Lagunera de México (26°N), por ejemplo, la actividad estral y ovulatoria inicia en septiembre y termina en febrero (Duarte 2000). En cambio, las cabras locales de Chile muestran sólo 3 meses de anestro al final de la primavera e inicio del otoño (Santa María 1990).

Las ovejas locales del subtrópico australiano presentan también variaciones estacionales de su actividad reproductiva (Figura 2b). Las ovulaciones inician al final del verano y terminan al final del invierno (Restall 1992). En cambio, en las ovejas Chios y Sardi de Grecia y Marruecos, respectivamente, las ovulaciones disminuyen hasta un 40 % en la primavera (Dewult y Lahloue-Kaïssi 1986).

Hembras que ovulan (%)

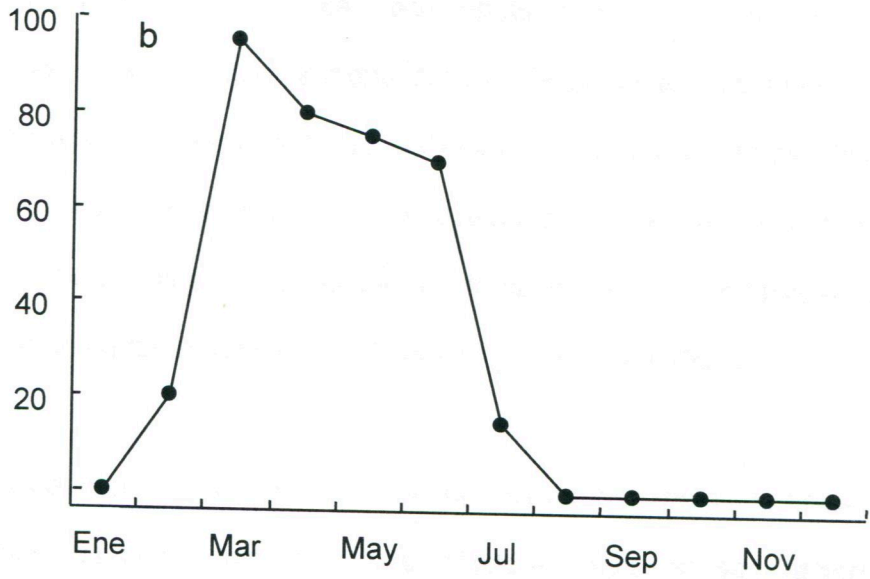
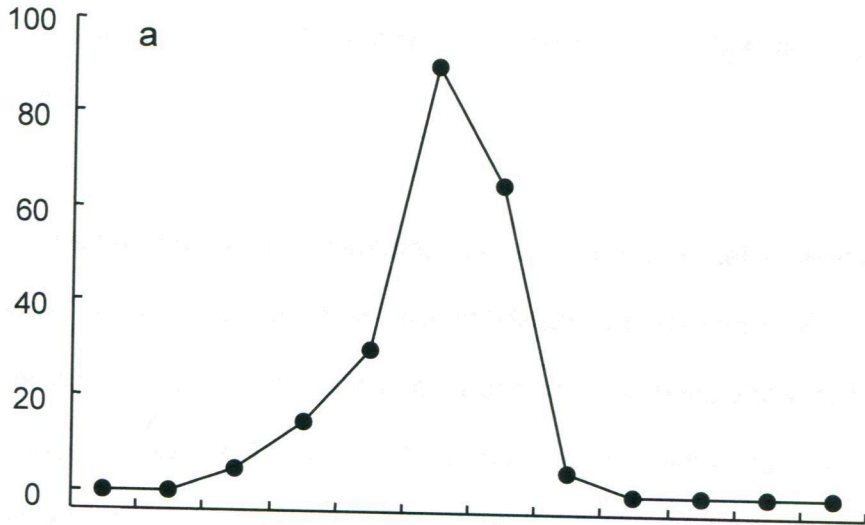


Figura 2. Variaciones estacionales de la actividad ovárica de cabras (a) y ovejas (b) en el subtrópico australiano (Adaptado de Restall 1992).

## **2. Factores del ambiente que influyen en la actividad sexual anual de los ovinos y los caprinos originarios o adaptados a las latitudes subtropicales**

Los animales están expuestos a cambios diarios y anuales del ambiente, particularmente a la temperatura y disponibilidad de alimento. En las latitudes templadas o árticas, estos cambios son muy pronunciados, por lo que los animales de esas latitudes han desarrollado una estacionalidad de sus funciones fisiológicas. Una de ellas ha sido el desarrollo de un ritmo anual de reproducción que permite que los nacimientos ocurran en primavera y verano, cuando la temperatura y disponibilidad de alimento son favorables para la sobrevivencia y desarrollo de las crías. Sin embargo, estos ritmos biológicos se observan también en las especies que viven en latitudes tropicales y subtropicales, donde el patrón de lluvias y la disponibilidad de alimento pueden también ser cíclicos (Bronson y Heideman 1994).

Los factores del medio ambiente actúan sobre los ritmos biológicos anuales a dos niveles: 1) Los "ultimate factors" (factores distales) son factores ambientales que en el curso de la evolución ejercen una influencia restrictiva para que alguna actividad se efectúe en un momento del año en que resulte acertada. En algunos casos afectan directamente la aptitud reproductiva, determinando el momento adecuado de los apareamientos, de lo contrario, se puede comprometer la sobrevivencia de las crías. Los principales factores distales son la disponibilidad de alimento, la temperatura y las lluvias. 2) Los "proximate factors" (factores proximales) proveen señales inmediatas que

controlan los ritmos anuales, regulando los procesos fisiológicos. Existen varias funciones estacionales como la reproducción, la migración, y la hibernación que requieren prolongados periodos de preparación. Estos procesos permiten predecir los momentos del año en los cuales los factores distales son óptimos. Los factores proximales para que sean confiables deben ser estables y repetibles de un año a otro. Por eso, el fotoperiodo es el factor proximal principal que controla los ritmos fisiológicos anuales como la reproducción (Malpaux 2000; Goldman *et al.*, 2004).

En las latitudes subtropicales, la mayoría de los pequeños rumiantes son mantenidos en condiciones extensivas y expuestos a variaciones importantes de la disponibilidad alimenticia que depende principalmente de la errática presentación anual de lluvias. Además, están localizados en latitudes donde las variaciones del fotoperiodo son de una amplitud suficiente que pueden influir de manera importante el ciclo anual de reproducción (Aboul-Naga *et al.*, 1992; Duarte 2000; Delgadillo *et al.*, 2003). Las razas de ovejas y cabras, así como otros pequeños rumiantes como los cérvidos originarios o adaptados a estas latitudes subtropicales, han desarrollado diferentes estrategias reproductivas acordes a las situaciones locales del medio ambiente (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Asher *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2004).



## 2.1. Fotoperiodo

Existen pocos estudios en ovinos y caprinos que demuestren la influencia del fotoperiodo sobre la reproducción de los animales locales en las latitudes subtropicales. La repetibilidad en el ciclo anual en la reproducción observado en las hembras y los machos del norte subtropical de México alimentados a libre acceso, sugiere que estos animales utilizan el fotoperiodo para sincronizar su ritmo anual de reproducción (Arellano *et al.*, 2001). En Las cabras locales de la Comarca Lagunera expuestas artificialmente a alternancias de tres meses de días largos (14 horas de luz / día) y tres meses de días cortos (10 horas luz / día), la actividad ovulatoria inicia invariablemente durante los días cortos y termina durante los días largos. En cambio, en las hembras expuestas a las variaciones naturales del fotoperiodo, esta actividad inicia en septiembre y termina en febrero (Duarte 2000). En las ovejas de las razas Rahmani y Ossimi de Egipto, la exposición artificial a días largos en invierno y días decrecientes en primavera, modifica su ritmo anual de reproducción (Aboul-Naga *et al.*, 1992).

En los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera, expuestos artificialmente a alternancias de tres meses de días largos (14 horas de luz / día) y tres meses de días cortos (10 horas luz / día), la secreción de testosterona se incrementa durante los días cortos y disminuye en los días largos. Contrariamente a esto, en los machos control los niveles de testosterona se incrementan en junio y disminuyen a niveles basales en diciembre (Delgadillo *et al.*, 2004; Figura 3). En los carneros Merino, la



actividad del eje reproductivo es también modificada al someterlos a alternancias de días largos y cortos (Martin *et al.*, 1999).

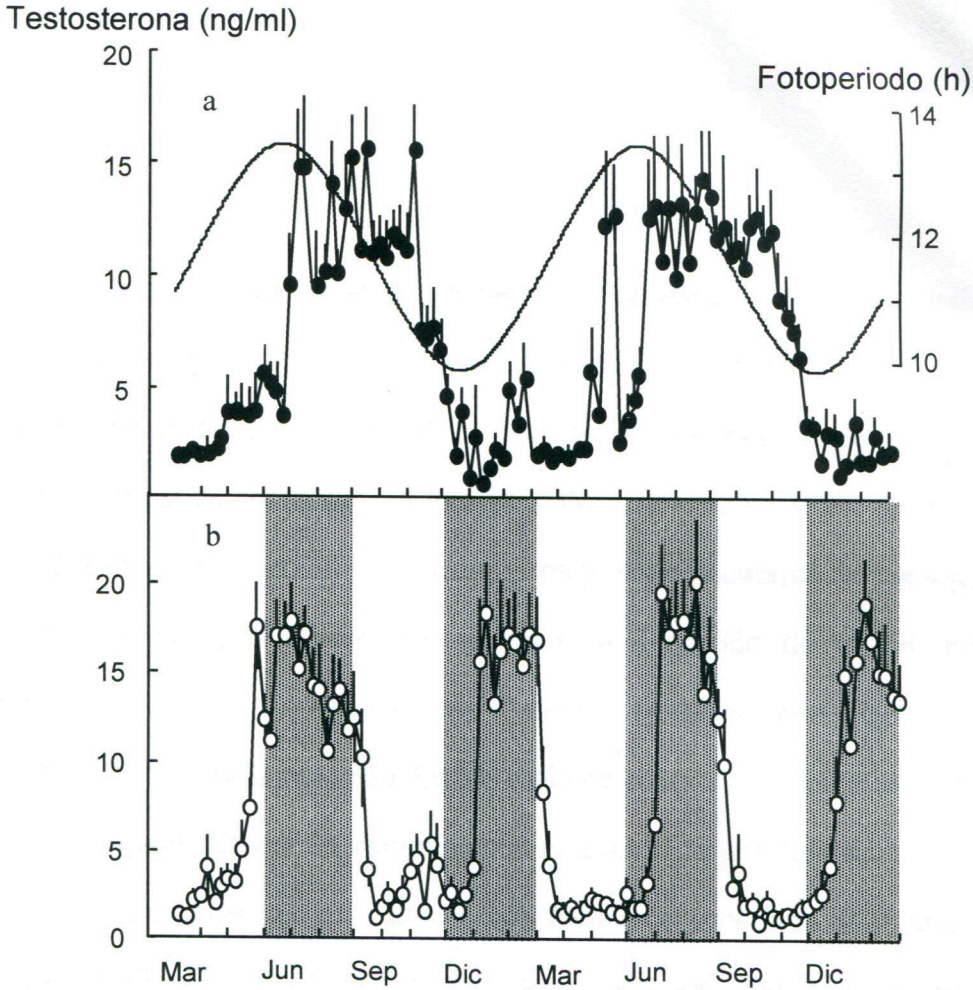


Figura 3. Variaciones (promedio  $\pm$  SEM) de las concentraciones plasmáticas de la testosterona en dos grupos de machos cabríos locales del subtrópico mexicano ( $26^{\circ}$  N) sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo (a), o a cambios cada tres meses de días largos y días cortos (b). Las muestras sanguíneas se obtuvieron una vez por semana. Las áreas grises representan los días cortos (Adaptado de Delgadillo *et al.*, 2004).

Estos resultados sugieren que estos animales subtropicales son sensibles al fotoperiodo y que este factor ambiental interviene en el desarrollo del ciclo anual de reproducción.

## 2.2. Nutrición

La nutrición afecta muchos aspectos relacionados con la actividad reproductiva de los animales domésticos (Martin *et al.*, 2004). En algunas razas subtropicales sensibles al fotoperiodo, la alimentación permite regular el ciclo anual de reproducción (Martin y Walkden-Brown 1995; Martin *et al.* 2002; Hötzel *et al.*, 2003). En los carneros y machos cabríos de las regiones subtropicales de Australia, por ejemplo, la secreción de la LH, FSH y testosterona, así como el crecimiento gonadal son influenciados drásticamente por la nutrición. En los machos cabríos cashmere alimentados a libre acceso durante 16 semanas con una dieta de alta calidad, la estación sexual inicia antes que en aquellos que recibieron una dieta de baja calidad (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Figura 4). En los carneros Merino, las variaciones del crecimiento testicular se asocian más con los cambios en la dieta que con los del fotoperiodo (Martin *et al.*, 2002).

Es interesante señalar que la influencia de la nutrición sobre la estación sexual anual es más reducida en las hembras ovinas y caprinas que en los machos de estas especies. Contrariamente a los machos, los cambios en la dieta de las hembras no permiten adelantar el inicio o prolongar el final de la estación de reproducción de manera importante (Oldham *et al.*, 1990). Estos

datos sugieren que en los machos ovinos y caprinos de algunas razas subtropicales, la nutrición es un potente factor que modifica la estación anual de reproducción. La estación sexual puede adelantarse modificando la alimentación de los machos, pero no en las hembras ovinas y caprinas de estas razas.

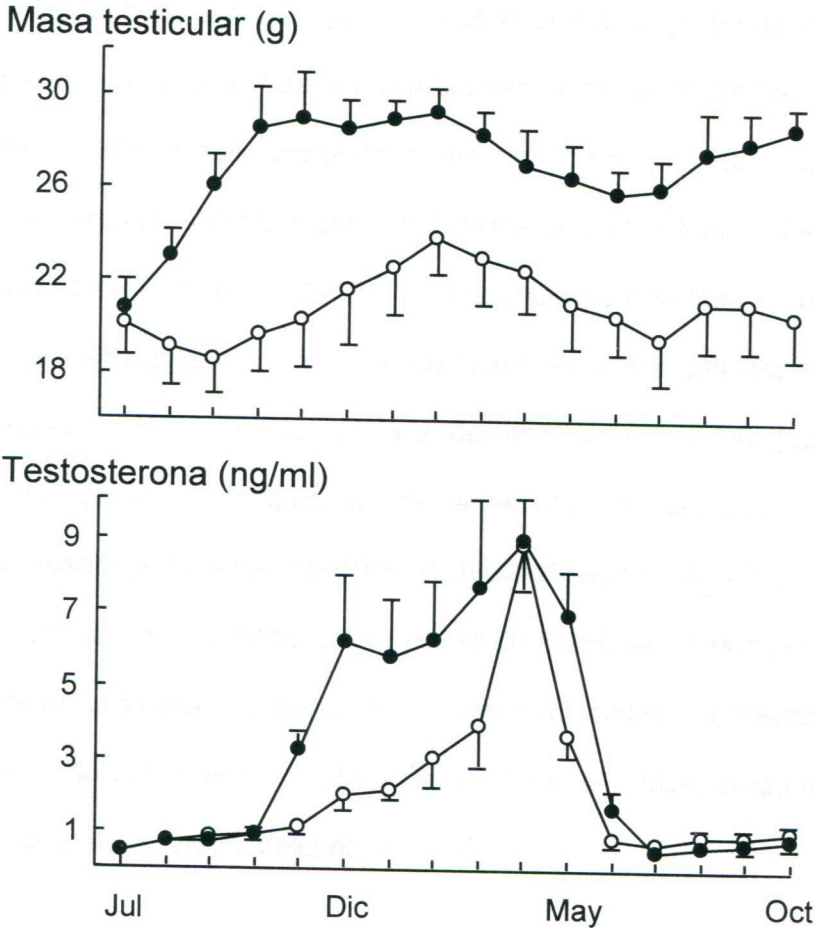


Figura 4. Variaciones (promedio  $\pm$  SEM) de la masa testicular y las concentraciones plasmáticas de testosterona de los machos cabríos cashmere en el subtrópico australiano (29° S) que recibieron una dieta de alta (●) o baja (○) calidad. La estación sexual inició primero en los machos bien alimentados que en los subalimentados (Adaptado de Walkden-Brown *et al.*, 1994).

00111



### **2.3. Relaciones sociales**

Las relaciones sociales que se establecen en un grupo de animales pueden modificar la duración de la actividad sexual anual de las hembras. El anestro posparto es más prolongado en las hembras que se relacionan y amamantan a sus crías que en aquellas que no lo hacen (Peters y Lamming 1990; Delgadillo *et al.*, 1998). La presencia de hembras en estro adelanta el inicio de la estación sexual de las hembras anéstricas (Restall *et al.*, 1995). Asimismo, la presencia continua de los machos en un grupo de hembras puede prolongar la duración de la estación sexual adelantado el inicio y retrasando el final de ésta (Restall 1992; Rowell *et al.*, 2003). La introducción repentina de un macho en un grupo de hembras anéstricas puede también inducir y sincronizar los estros y las ovulaciones, a través del fenómeno conocido como efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2004; Ungerfeld *et al.*, 2004; Pellicer *et al.*, 2006; Véliz *et al.*, 2006).

### **3. Control de la reproducción de ovinos y caprinos**

La identificación de los factores medioambientales responsables del desarrollo del ciclo anual de reproducción ha permitido el diseño de técnicas para el control de la actividad sexual de los ovinos y caprinos de las latitudes subtropicales.



### **3.1. Tratamientos fotoperiódicos**

La modificación del fotoperiodo, sin la modificación de los otros factores medioambientales, permite manipular el ciclo anual de reproducción de hembras y machos originarios o adaptados a las latitudes subtropicales

#### **3.1.1. Machos**

La alternancia de días largos y cortos es indispensable para el control de la reproducción de los ovinos y caprinos. Los días largos pueden ser provistos por la aplicación de periodos diarios de iluminación extra en instalaciones abiertas o cerradas. La señal de días cortos puede darse por la aplicación de día cortos artificiales o implantes de melatonina, hormona que proporciona una señal de días cortos (Chemineau *et al.*, 1992). En los machos locales de la Comarca Lagunera, la secreción de LH y testosterona, así como el comportamiento sexual y la producción espermática, son estimulados al someterlos a 2.5 meses de días largos (16 h de luz/día) a partir del 1 de noviembre, seguidos o no de la aplicación de 2 implantes subcutáneos de melatonina (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2001, 2002; Figura 5). En efecto, en estos machos tratados fotoperiódicamente, la secreción de testosterona se incrementa dramáticamente desde febrero alcanzando su máximo en marzo, disminuyendo en abril, meses correspondientes a la

época de reposo sexual natural. Asimismo, durante este periodo, el comportamiento sexual, determinado por los olfateos anogenitales, las aproximaciones laterales y las montas, es más intenso en los machos tratados que en los machos control (Delgadillo *et al.*, 2002). La intensidad del olor del macho se incrementa casi simultáneamente con la secreción de testosterona (Iwata *et al.*, 2000), por tanto, en los machos estimulados con tratamientos fotoperiódicos el olor sexual es más intenso de febrero a abril que en los machos control (Gaspar-García 2005). En los machos cabríos mantenidos en condiciones extensivas, el tratamiento de días largos también estimula la secreción de testosterona, la intensidad del olor y probablemente el comportamiento sexual y la producción espermática de la misma manera que en los machos mantenidos en estabulación (Duarte *et al.*, 2004).

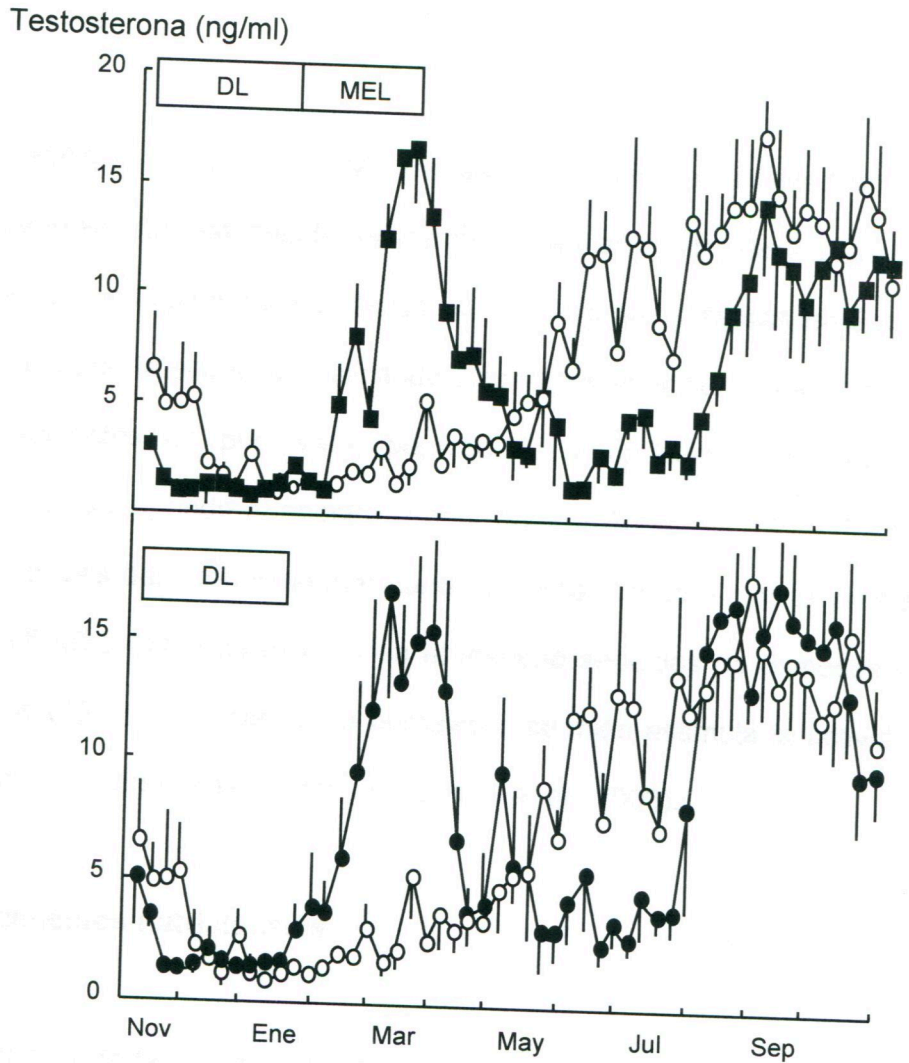


Figura 5. Variaciones (promedio  $\pm$  SEM) de las concentraciones plasmáticas de testosterona en dos grupos de machos locales del subtrópico mexicano ( $26^{\circ}$  N) sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo (o), a 2.5 meses de días largos artificiales (16 h de luz por día) a partir del 1 de noviembre, y después tratados con 2 implantes subcutáneos de melatonina (■), o sometidos a días naturales (●). La secreción de testosterona se estimuló durante el periodo de reposo sexual en los machos tratados. Las muestras sanguíneas fueron obtenidas una vez por semana (Adaptado de Delgadillo *et al.*, 2002).

### 3.1.2 Hembras

En las hembras de algunas razas ovinas y caprinas, la actividad sexual puede también ser estimulada utilizando tratamientos fotoperiódicos. En efecto, el comportamiento estral de las ovejas Rahmani y Awassi en Egipto es inducido durante el anestro utilizando días largos en invierno seguidos de días decrecientes en primavera, permitiendo fecundaciones durante el periodo que corresponde al anestro (Aboul-Naga y Aboul-Ela 1992). En las hembras locales del subtrópico mexicano, la aplicación de 3 meses de días largos artificiales (14 h de luz/día) en el invierno seguidos de 3 meses de días cortos (10 h de luz/día) en la primavera, también estimula la actividad ovulatoria en el periodo de anestro (Delgadillo *et al.*, 2003).

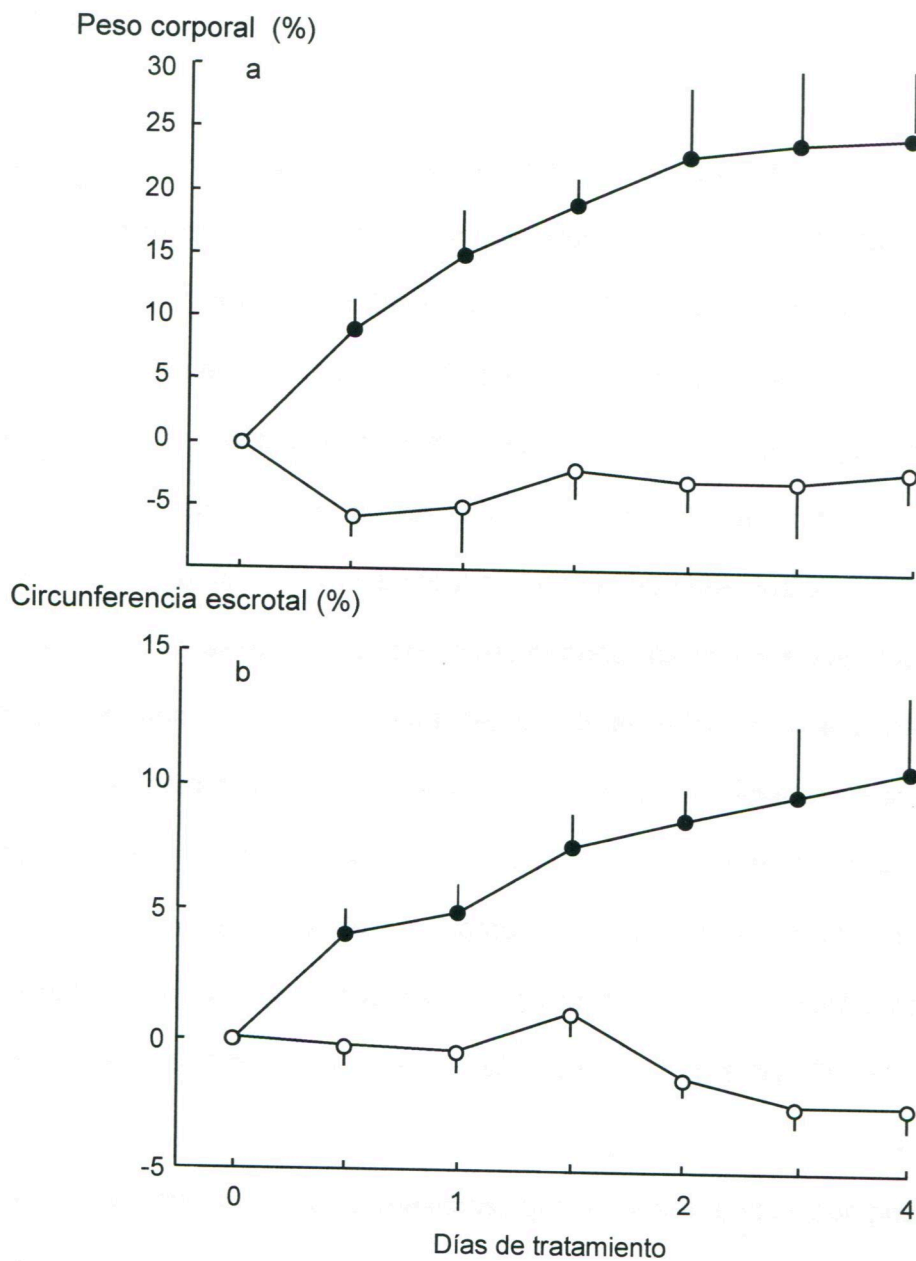
### 3.2. Tratamientos nutricionales

La importancia de la nutrición en la crianza de animales productivos se ha comprendido probablemente a partir de su domesticación, aunque la investigación científica al respecto y su documentación inició hace aproximadamente 100 años (Clarke 1934). Es conocido que la nutrición afecta muchos aspectos de los procesos reproductivos como la pubertad, el ciclo anual de reproducción, la producción de gametos, y el comportamiento sexual de hembras y machos (Parker y Thwaites 1972; Hötzel *et al.*, 1995; Martin y Walkden-Brown 1995; Martin *et al.*, 2004).



### 3.2.1. Machos

En los machos cabríos salvajes en Australia, y en los carneros Merino alimentados durante 7 semanas en el periodo de reposo sexual con una dieta alta en proteína y energía que cubre las necesidades de mantenimiento más 1.5 kg de grano de lupino, se estimula el crecimiento testicular, lo que sugiere un incremento en la actividad espermatogénica (Oldham *et al.*, 1978; Walkden-Brown y Bocquier 2000; Hötzel *et al.*, 2003; Figura 6). Además mejora el comportamiento sexual de los machos. En efecto, los machos cabríos alimentados con dietas de alta calidad efectúan más montas y eyaculaciones que los machos alimentados con una dieta de baja calidad (Walkden-Brown y Bocquier 2000).



**Figura 6.** Variaciones (promedio  $\pm$  SEM) del peso corporal (a) y circunferencia testicular (b) en los carneros Merino alimentados con una dieta de mantenimiento (○) o suplementados con 1.5 kg de altramuz (●) durante la estación de reposo sexual. La suplementación alimenticia estimuló el crecimiento testicular (Adaptado de Hotzel *et al.*, 2003).

### 3.3. Relaciones socio-sexuales

Las relaciones socio-sexuales permiten modificar el ciclo anual de reproducción de los ovinos y caprinos (Poindron *et al.*, 1980; Martin *et al.*, 1986; Chemineau 1987; Zarco *et al.*, 1995; Álvarez *et al.*, 1999). La reproducción de los ovinos y caprinos salvajes se caracteriza por largos periodos de segregación entre machos adultos y hembras mientras que las hembras se encuentran en estado de anestro lactacional o estacional. Posteriormente, los machos se reúnen con las hembras justo antes del inicio de la actividad sexual anual de éstas, cuando los machos son capaces de desplegar una intensa actividad sexual (Shackleton y Shank 1984). Las reuniones periódicas de ambos sexos parecen tener al menos dos importantes papeles en esos animales. Primero, estimular y sincronizar el estro y las ovulaciones de las hembras anéstricas. Segundo, permitir la sincronización de los partos como un mecanismo de defensa contra los predadores (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Gelez y Fabre-Nys 2004).

En los caprinos y ovinos domésticos, que se caracterizan por poseer una reproducción estacional, la introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro puede inducir la actividad reproductiva unos días después de ponerlos en contacto (Underwood *et al.*, 1944; Poindron *et al.*, 1980). A este fenómeno se le conoce como efecto macho (Chemineau 1987; Martin *et al.*, 1995; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2003).

#### **4. Factores que afectan la respuesta de las hembras al efecto macho**

En ovejas y cabras, la respuesta al efecto macho depende de la calidad de la estimulación, determinada por el grado del contacto entre los dos sexos, de la separación previa entre sexos, por la duración del contacto entre macho y hembras y por de la intensidad del comportamiento sexual de los machos, entre otros (Walkden-Brown *et al.*, 1999).

##### **4.1. El grado del contacto entre los dos sexos**

El grado del contacto entre los dos sexos puede afectar la respuesta de las hembras al efecto macho. Pearce y Oldham (1988) expusieron ovejas a varios grados de contacto con los carneros para determinar la ovulación. El contacto a través de una cerca opaca es menos eficaz (11%) que a través de una cerca de malla de alambre (22%), y el efecto máximo se obtiene en todos los casos cuando las ovejas están en contacto físico completo con los machos (49%). En las cabras Angora, el 41% (de 85 hembras) separadas de los machos por una cerca de alambre (estímulo débil) ovulan, comparado con el 69 % (de 66 hembras) cuando son puestas en contacto directo con los machos (estímulo fuerte; Shelton, 1980). Estos datos demuestran que el grado de la respuesta de la hembra es influenciado por el tipo de contacto con los machos. En ovejas y cabras, una alta respuesta de hembras se obtiene cuando ambos sexos están en contacto físico completo.



## 4.2. La duración del contacto entre machos y hembras

La duración del contacto entre los dos sexos durante el efecto macho es otro factor que afecta la respuesta ovulatoria de las hembras. En hembras que están en el estado apropiado para responder, se requiere la presencia continua del macho para obtener una respuesta ovulatoria máxima o una persistencia de la actividad ovulatoria inducida (Signoret *et al.*, 1982; Martin *et al.*, 1986; Cohen-Tannoudji y Signoret 1987). En ovejas, tres horas de contacto con los carneros inducen un aumento rápido de la secreción de la LH, lo cual no es suficiente para provocar la ovulación y la LH vuelve a los niveles de pre-estimulación después de que el macho es retirado (Cohen-Tannoudji y Signoret 1987). En cambio, 20% de las ovejas ovulan cuando son expuestas a los machos durante 24 h, y el 51% lo hacen cuando permanecen con los machos durante 4 días. Este porcentaje aumenta a 61 % en las hembras expuestas a los carneros por 13 días (Signoret *et al.*, 1982). En cabras, la exposición de las hembras a los machos por 16 h diarias durante 10 días induce solamente el 19 % de cabras a ovular, mientras que la exposición continua al macho estimula al 95 % de hembras a ovular (Walkden-Brown *et al.*, 1993). Estos resultados demuestran que la presencia continua de los machos es necesaria para obtener una buena respuesta ovulatoria de las hembras al efecto macho.

### 4.3. Separación previa entre los dos sexos

A partir de los primeros estudios sobre efecto macho realizados en ovejas, fue asumido que las hembras deben ser pre-condicionadas por un período de aislamiento por lo menos de tres semanas de los machos, para poder ovular en respuesta a la reintroducción de otros machos (Underwood *et al.*, 1944; Schinckel 1954). Después, algunos resultados sugirieron que esta separación puede no ser necesaria y que en algunos casos las hembras pueden responder a los machos sin la separación anterior. Por ejemplo, la exposición previa a los carneros por 2-3 h no afecta la respuesta de la LH de las hembras cuando los machos son reintroducidos 24 h después (Cohen-Tannoudji y Signoret 1987). De una manera similar, en ovejas en contacto con los carneros, la introducción de un nuevo macho induce la ovulación en la mayoría de las hembras (85%), de igual manera que en las que previamente habían sido separadas totalmente de los carneros (86%; Cushwa *et al.*, 1992). Finalmente, en ovejas, Pearce y Oldham (1988) encontraron que entre 89 % y 95% de ovejas que permanecían en anestro después de 65 días en contacto con los carneros, ovularon 4 días después de que fueron puestas en contacto con machos diferentes. En las cabras locales del subtrópico mexicano, la previa separación de los dos sexos antes de realizar el efecto macho no es necesaria si se utilizan machos sexualmente activos. En efecto, Véliz *et al.* (2006) encontraron que no existió diferencia ( $P < 0.05$ ) en la respuesta estral de las hembras al efecto macho cuando se compararon hembras con y sin aislamiento previo de machos (91% y 82%, respectivamente).

#### 4.4. Intensidad de la libido de los machos

Los carneros castrados tratados con andrógenos, que exhiben actividad sexual intensa, inducen la ovulación más eficazmente que los machos a los que se les administra la misma dosis del andrógeno pero que son relativamente inactivos (Signoret *et al.*, 1982). Asimismo, Fulkerson *et al.* (1981) reportaron que los carneros castrados tratados con testosterona o estradiol, que exhibieron un intenso comportamiento sexual comparados con carneros castrados no tratados, fueron más eficaces para inducir la actividad sexual en ovejas anovulatorias. Rosa *et al.* (2000) encontraron que estimulando la actividad sexual de carneros a través de la administración de melatonina, se mejora la respuesta ovulatoria de las hembras al efecto macho (56 %), comparada con el de las ovejas puestas en contacto con los carneros no tratados que exhiben un comportamiento sexual bajo (24 %). Perkins y Fitzgerald (1994) compararon carneros que exhibían niveles altos y bajos de actividad sexual y encontraron que los carneros con alto rendimiento sexual estimularon a más ovejas en anestro a ovular (78 %) que los carneros de bajo desempeño (59%). En cabras, la intensidad de la libido de los machos también afecta la respuesta de hembras al efecto macho. Así, los machos cabríos bien alimentados, los cuales despliegan una alta actividad sexual, inducen un mayor porcentaje de hembras a presentar un comportamiento de estro (67 %) que los machos cabríos mal alimentados que exhiben una baja libido (38 %; Walkden-Brown *et al.*, 1993). Los machos locales del subtrópico mexicano tratados con 2.5 meses de días largos



artificiales a partir del 1 de noviembre y seguidos de días naturales, también estimulan la ovulación de un mayor número de hembras (95%) que la observada cuando se utilizan machos en reposo sexual (10%; Véliz *et al.*, 2002).

## **5. Respuesta de las hembras al efecto macho**

El efecto macho induce y sincroniza la actividad reproductiva de las ovejas y cabras anéstricas (Chemineau 1983; Martin *et al.*, 1986; Walkden-Brown *et al.*, 1999). En ambas especies la introducción del macho provoca una repentina y dramática elevación de la frecuencia y amplitud de los pulsos de la LH que culmina con el pico preovulatorio de esta hormona que provoca la ovulación (Poindron *et al.*, 1980; Chemineau *et al.*, 1986). En las ovejas, la primera ovulación no es acompañada de un comportamiento de estro, mientras que en las cabras, una proporción variable de éstas manifiesta un comportamiento estral en la primera ovulación que ocurre de 2 a 4 días del contacto entre los 2 sexos. La mayoría de las hembras desarrollan un ciclo ovárico de corta duración de 5 a 7 días, seguido de una segunda ovulación asociada en las cabras, de estro y una fase luteal de duración normal (21 días, Flores *et al.*, 2000; Chemineau 1987). En las ovejas la segunda ovulación no se asocia con un comportamiento estral (Oldham *et al.*, 1978; Chemineau 1993).

## **6. Factores sensoriales implicados en la respuesta de las hembras al efecto macho**

El efecto macho es un fenómeno multisensorial que involucra señales olfativas, visuales, táctiles y auditivas. La alta respuesta de las hembras expuestas a los machos se obtiene cuando actúan todas las señales (Shelton *et al.*, 1980; Knight y Lynch 1980; Cohen-Tannoudji *et al.*, 1986; Chemineau 1987; Perkins y Fitzgerald 1994). Varios estudios han demostrado el papel de estos sentidos en la respuesta de las hembras al efecto macho (Shelton 1980; Signoret 1990; Chemineau 1987).

### **6.1. Olfato**

En ovejas y cabras, las señales olfativas del macho parecen estar implicadas en la mediación del efecto macho. En ovejas expuestas a la lana del carnero, el olor del macho estimula la frecuencia de pulsos de la hormona LH e induce la ovulación en una proporción importante de hembras (Knight y Lynch *et al.*, 1980; Over *et al.*, 1990). Resultados similares también se han obtenido en cabras. No obstante, la proporción de cabras que ovulan al exponerlas al pelo de macho cabrío es más baja (40 %; Claus *et al.*, 1990) que la de las hembras en contacto físico completo con los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1993). Por otra parte, en la cabra Criolla de la Isla de Guadalupe en el Caribe, la anosmia periférica no impide la respuesta al efecto macho, aunque la proporción de hembras que presentan estro o que ovulan disminuye (50% en hembras anósmicas vs 89 % en las hembras

control; Chemineau *et al.*, 1986). En conjunto, estos resultados indican que las señales olfativas están implicadas en la respuesta de hembras al efecto macho, pero también indican que no son las únicas señales que intervienen.

## 6.2. Tacto

El tacto también está involucrado en la respuesta de las hembras al efecto macho. En las cabras en contacto directo con los machos, el 88% de éstas ovulan, mientras que sólo el 15 % lo hacen cuando no existe este contacto entre ambos sexos (Chemineau 1987). Dado que el contacto físico completo entre machos y hembras es más eficiente en la estimulación de la actividad sexual que el estímulo a través de una cerca (Pearce y Oldham 1988; Shelton 1980), se sugiere que las interacciones macho-hembra probablemente desempeñen un papel estimulante.

## 6.3. Oído

En varias especies se ha demostrado que las vocalizaciones de los machos estimulan la actividad estral u ovulatoria de las hembras. En aves canoras, las vocalizaciones del macho tienen un efecto estimulante en la actividad ovárica (Brockway 1965; Hinde y Steele 1978). En la cerda los vocalizaciones del macho pueden compensar la ausencia de señales olfativas y permitir el comportamiento de inmovilización de la hembra durante la monta (Signoret 1974). En el ciervo rojo (*Cervus elaphus*), las vocalizaciones del macho grabadas y reproducidas con bocinas avanza el



inicio de la estación de apareamiento comparado con el de las hembras aisladas de las vocalizaciones (McComb 1987).

#### **6.4. Visión**

Hay pocos estudios en cabras sobre la influencia de la visión en la actividad sexual. En cabras, se ha sugerido que las interacciones a través de señales visuales influyen la respuesta de hembras al estímulo del macho, porque cuando se exponen al olor y a las vocalizaciones de los machos, el número de las hembras que ovulan es más bajo (19.5%) que cuando se agregan las señales visuales (41.2%; Shelton 1980).

00111

### III. Objetivos del estudio

Las señales exteroceptivas determinan la respuesta de las hembras al efecto macho. En las razas ovinas y caprinas que presentan una estacionalidad reproductiva, el periodo de reposo sexual de los machos coincide con el anestro de las hembras. Además, las señales exteroceptivas del macho como el comportamiento sexual, el olor y las vocalizaciones disminuyen considerablemente durante el periodo de reposo sexual. Por ello en condiciones naturales, la disminución o ausencia de las señales exteroceptivas provenientes del macho, dificulta estudiar la participación de cada una de ellas en la respuesta de las hembras al efecto macho.

La inducción de la actividad sexual de los machos locales del subtrópico mexicano durante el periodo de reposo al someterlos a un tratamiento de días largos, permite tener simultáneamente machos sexualmente activos e inactivos. Esto da la oportunidad de determinar y comparar la influencia de una o varias señales exteroceptivas provenientes de los machos sexualmente activos e inactivos sobre la respuesta de las hembras al efecto macho.

Por estos motivos el presente estudio se propuso los objetivos siguientes:

- Determinar si las vocalizaciones de los machos cabríos estimulan la secreción de la LH, el estro y la ovulación en las cabras anéstricas.
- Determinar si las conductas de cortejo sexual de los machos estimulan la secreción de LH de las hembras caprinas.

#### **IV. Artículos**

Artículo 1. Las vocalizaciones de machos cabríos no estimulan la secreción de la LH ni la ovulación en las cabras anovulatorias

Artículo 2. Las vocalizaciones en vivo de machos cabríos estimulan la actividad estral de las cabras en reposo sexual

Artículo 3. El comportamiento sexual del macho es necesario para mantener elevada la secreción de la LH en cabras sometidas al efecto macho

## **Las Vocalizaciones de Machos Cabríos no Estimulan la Secreción de la LH ni la Ovulación en las Cabras Anovulatorias<sup>‡</sup>**

Jesús Vielma,<sup>\*</sup> Angélica Terrazas,<sup>\*\*</sup> Francisco Gerardo Véliz,<sup>\*</sup> José Alfredo Flores,<sup>\*</sup>  
Horacio Hernandez,<sup>\*</sup> Gerardo Duarte,<sup>\*</sup> Benoît Malpoux,<sup>\*\*\*</sup> José Alberto Delgadillo.<sup>\*,#</sup>

---

<sup>\*</sup>Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, CP 27054, Torreón, Coahuila, México.

<sup>\*\*</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, México.

<sup>\*\*\*</sup>Physiologie de la Reproduction et des Comportements, UMR INRA-CNRS-Université de Tours-Haras Nationaux, IFR 135, 37380 Nouzilly, France.

<sup>#</sup>Autor para correspondencia y sobretiros; Tel. y Fax: (871) 7 33 12 10 Correo Electrónico: *joaldesa@yahoo.com*

<sup>‡</sup>Es parte del trabajo de tesis doctoral de J. Vielma.



**Vocalizations of Male Goats do not Stimulate Neither LH Secretion nor Ovulation on  
Anovulatory Female Goats**

## Abstract

The objective of this study was to determine if the reproduction of the goat buck vocalizations stimulates the secretion of LH and ovulation of anestrus goats. Forty multiparous Creole goats, isolated from male goats three months before the onset of experiment, were allocated in four groups (n = 10 each). The first group was exposed to one sexually active male. The second group was exposed to vocalizations of males reproduced by compact discs. The third group was exposed to the white noise produced by a virgin compact disc. The females of the fourth group remained isolated. LH was measured 4 h before and 4 h after the onset of stimulus, while progesterone was measured during the next 28 days. The introduction of the male in the corresponding group increased ( $P < 0.001$ ) the LH pulses number from  $1.0 \pm 0.2$  before to  $2.9 \pm 0.3$  after male introduction. On the contrary, no modification ( $P > 0.05$ ) of the pulsatile secretion of LH was observed in vocalization (before  $1.0 \pm 0.1$ ; after  $0.8 \pm 0.2$ ), white noise (before  $1.0 \pm 0.1$ ; after  $0.8 \pm 0.1$ ), or isolated (before  $0.6 \pm 0.2$ ; after  $1.1 \pm 0.2$ ) groups. All females exposed to buck ovulated, whereas none of those of the other three groups did so. These results demonstrate that in anovulatory goats, the reproduction of buck vocalizations recorded during the sexual courtship, did not stimulate neither the frequency of LH pulses nor the ovulation.

**Key Words:** Buck vocalizations, Male effect, LH pulsatility, Ovulation.

**Short title:** Goat buck vocalizations and male effect in goats.

## Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar si la reproducción de las vocalizaciones del macho cabrío estimulan la secreción de LH y la ovulación de cabras anéstricas. Cuarenta cabras Criollas multíparas, aisladas de machos cabríos tres meses antes de iniciar el experimento, se dividieron en 4 grupos (n = 10 cada uno). Un grupo fue expuesto a un macho sexualmente activo. Un segundo grupo fue expuesto a vocalizaciones de macho por discos compactos. Un tercero fue expuesto al ruido blanco de discos compactos vírgenes. Las hembras del cuarto grupo permanecieron aisladas, sin estímulos. Se determinaron la pulsatilidad de LH 4 h antes y 4 h después de iniciar el estímulo y la progesterona plasmática los siguientes 28 días. La introducción del macho en el grupo correspondiente incrementó ( $P < 0.001$ ) el número de pulsos de LH de  $1.0 \pm 0.2$  antes a  $2.9 \pm 0.3$  postintroducción del macho. Contrariamente, ninguna modificación ( $P > 0.05$ ) de la secreción pulsátil de LH se observó en los grupos vocalizaciones (antes  $1.0 \pm 0.1$ ; después  $0.8 \pm 0.2$ ); ruido blanco (antes  $1.0 \pm 0.1$ ; después  $0.8 \pm 0.1$ ) y en aisladas (antes  $0.6 \pm 0.2$ ; después  $1.1 \pm 0.2$ ). Todas las cabras del grupo con macho ovularon, mientras que ninguna en los grupos vocalizaciones, ruido blanco y aislado, lo hizo ( $P < 0.001$ ). Estos resultados demuestran que en cabras anovulatorias, las vocalizaciones del macho emitidas durante el cortejo sexual, grabadas y reproducidas con discos compactos, no incrementaron la frecuencia de pulsos de la LH, ni provocaron la ovulación.

**Palabras Clave:** Vocalizaciones, Efecto Macho, Pulsatilidad de la LH, Ovulación.

**Título corto:** Vocalizaciones y efecto macho en cabras



## Introducción

Las relaciones sociales existentes en un grupo de animales de la misma especie pueden afectar su actividad sexual. En la mayoría de los mamíferos, el macho influye en el desarrollo de la actividad reproductiva anual de las hembras conespecíficas.<sup>(1-3)</sup> Este fenómeno conocido como “efecto macho” es multisensorial y, al menos en ovinos y caprinos, la hembra utiliza los sentidos del olfato, la vista, el tacto y el oído para percibir las señales emitidas por el macho.<sup>(4-8)</sup> La mayor respuesta de las hembras se obtiene cuando el macho está presente.<sup>(4,9)</sup> Sin embargo, se han efectuado estudios para separar y cuantificar los efectos aislados de cada señal exteroceptiva. En cabras se ha sugerido que la vista influye en la respuesta de las hembras a la estimulación por el macho, ya que cuando éstas son expuestas al olor y sonidos del macho, el porcentaje de animales que ovulan es menor (19.5 %) que cuando se agrega la percepción visual (41.2 %;  $P < 0.05$ ).<sup>(4)</sup> Por otro lado, tanto en cabras como en ovejas, la sola exposición al pelo o lana de los machos induce la secreción de la LH y la ovulación de las hembras.<sup>(5,10,11)</sup> Esto demuestra que el olfato interviene de manera importante en la respuesta de las hembras a la presencia del macho. Sin embargo, el contacto directo entre machos y hembras produce una respuesta ovulatoria mayor (68.7 % en cabras; 49 % en ovejas) que cuando están separados por un cerco (41.2 %; 22 %), un pasillo o una pared sólida (19.5 %; 11 %;  $P < 0.05$ ), lo que demuestra que el tacto es importante en la respuesta de las cabras al efecto macho.<sup>(4,12)</sup> En la cerda las vocalizaciones de los machos tienen una acción sinérgica con el olfato y la visión para facilitar la reacción postural de inmovilización de la hembra para la monta. Incluso en ausencia de la señal olfativa, las vocalizaciones pueden suplantar su efecto permitiendo la organización de la conducta de inmovilización.<sup>(13)</sup> En aves se ha demostrado que las



vocalizaciones del macho tienen un efecto estimulador sobre la actividad ovárica (periquito australiano,<sup>(14)</sup> canarios<sup>(15)</sup>). En el venado rojo (*Cervus elaphus*), la sola reproducción de las vocalizaciones de machos sexualmente activos adelanta la fecha de inicio de la actividad sexual en las hembras, comparándolas con hembras aisladas.<sup>(16)</sup> La cabra es característicamente una especie vocalizadora.<sup>(17)</sup> Los machos cabríos aumentan su actividad de vocalización durante la época de actividad sexual.<sup>(4,18,19)</sup> Sin embargo, en esta especie no se conoce si las vocalizaciones del macho cabrío influyen en la respuesta de las hembras al efecto macho. Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la grabación y repetición de las vocalizaciones del macho cabrío durante el cortejo sexual sobre la secreción de la LH y la ovulación de cabras anéstricas.

## Material y métodos

### Preparación de machos sexualmente activos

Se utilizaron 4 machos cabríos Criollos adultos de la Comarca Lagunera, la cual se encuentra en el Estado de Coahuila, México (Latitud 26°23' Norte; Longitud 104°47' Oeste; 1100-1400 msnm). Las características reproductivas de esos machos fueron descritas previamente por Delgadillo et al.<sup>(20)</sup> Los machos se mantuvieron en instalaciones abiertas y se alimentaron con 1250 g de heno de alfalfa (17 % PC) y 300 g de concentrado comercial (18 % PC) / día / animal. El agua y las sales minerales se proporcionaron a libre acceso. Para estimular la actividad sexual de los machos, se sometieron a un tratamiento 2.5 meses de días largos artificiales (16 h luz / 8 h de oscuridad), iniciando el 1 de noviembre de 2001.<sup>(21)</sup> Los días largos se proporcionaron combinando la luz natural y la iluminación artificial. La iluminación artificial se proporcionó a través de lámparas fluorescentes, las cuales se encendían diariamente a las 06:00 h y se apagaban a las 09:00 h, después se encendían nuevamente a las 18:00 h y se apagaban a las 22:00 h. A partir del 16 de enero, los machos sólo percibieron el fotoperiodo natural de la región (13:41 h luz durante el solsticio de verano y 10:19 h luz durante el solsticio de invierno) hasta el final del estudio. Uno de estos machos tratados fue utilizado para realizar el efecto macho el 15 de marzo de 2002 (ver efecto macho).

## **Grabación de las vocalizaciones de los machos cabríos**

Durante la estación sexual local (septiembre de 2001), dos machos cabríos Criollos de 5 años de edad, fueron puestos en contacto con 6 hembras ovariectomizadas inducidas al estro. Para inducir la actividad estral en las hembras se les aplicaron esponjas vaginales impregnadas con 45 mg de acetato de fluorogestona (Chronogest, Intervet) por 5 días, y al retirar las esponjas, se les administró una dosis de 2 mg de cipionato de estradiol (Pharmacia & Upjohn) i.m. por 6 días. Cada macho fue alojado junto con tres hembras en un corral de 5 x 5 m. A cada macho se le colocó en la región ventral del cuello una grabadora-reproductora portátil (Sony-TCM S63) de audiocasetes (Sony, HF de 2 x 45 min) que se reemplazaban inmediatamente después de finalizar los 90 min de grabación. Se grabaron todos los sonidos producidos durante el cortejo sexual en un periodo de 24 h. Después, en el laboratorio los audiocasetes fueron editados con ayuda del programa para sonidos Sound Forge 4.5, 278-XMAN. En la edición la grabación se limpió a nuestro criterio y sólo se dejaron aquellas vocalizaciones audibles que se repetían frecuentemente. Una vez editadas las grabaciones se transfirieron en el mismo orden en que fueron grabadas a discos compactos para de esta manera facilitar su repetición con la ayuda de un equipo de reproducción y altavoces. Se identificaron sonidos diferentes, que operativamente se clasificaron como lengüeteos (movimientos rápidos, ruidosos, y repetidos, de extensión y retracción de la lengua, deslizándola por encima de los labios), gemidos (emisiones vocales que evocan los sonidos humanos quejumbrosos de dolor o de placer) y estornudos (expulsión súbita y ruidosa de aire a un tiempo por boca y nariz).<sup>(22,23)</sup>



## **Características y manejo de las hembras**

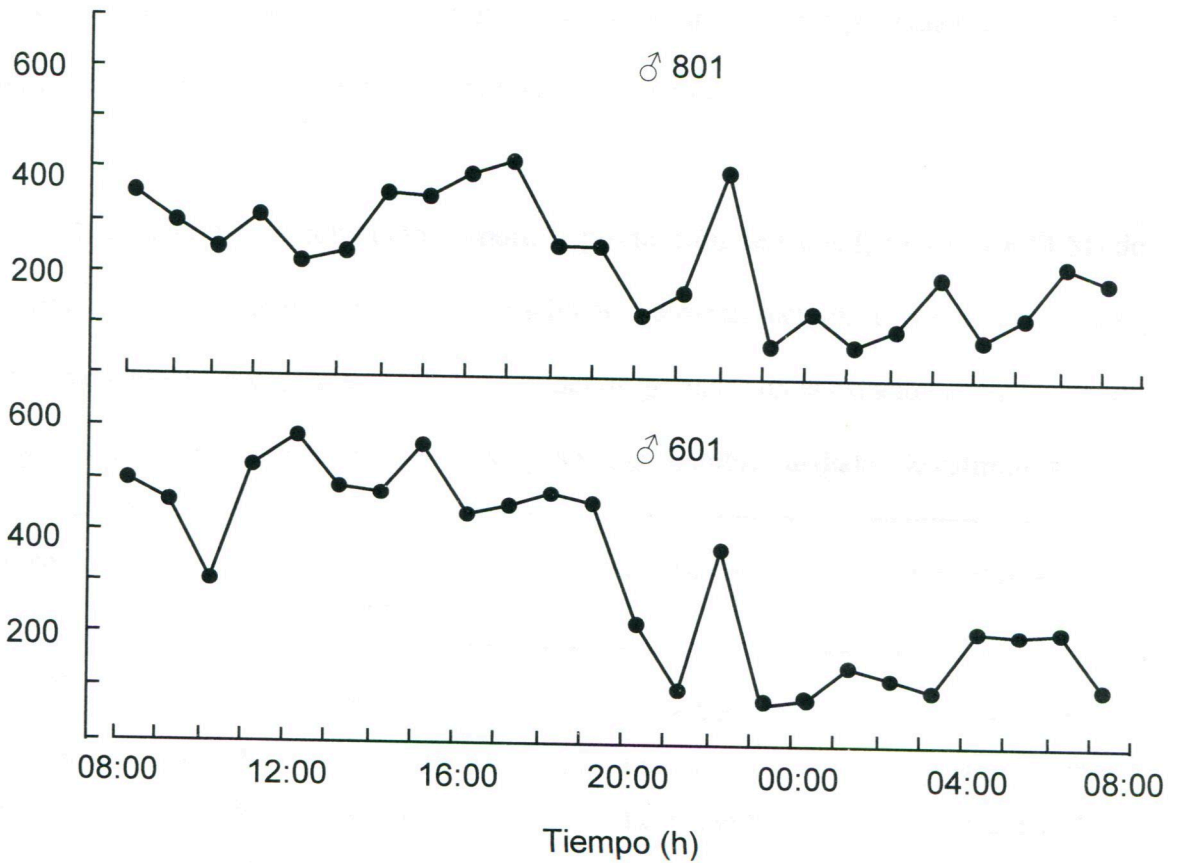
Se utilizaron 40 cabras Criollas multíparas que habían parido entre diciembre de 2001 y enero de 2002. Todas las hembras destetaron a sus crías a los 25 días de edad y se ordeñaron manualmente una vez por día durante el experimento. Las hembras estuvieron aisladas de machos cabríos tres meses antes de iniciar el experimento. Las hembras se explotaban en sistema extensivo antes del inicio del estudio. Tres semanas antes del inicio del estímulo, las hembras se estabularon y se alimentaron con 750 g de heno de alfalfa (17 % PC) y 200 g de concentrado comercial (18 % PC) / día / animal, con libre acceso al agua y sales minerales hasta el final del estudio. El 23 de febrero y el 5 de marzo (días -20 y -10 del inicio del estímulo, respectivamente) se obtuvieron muestras sanguíneas para la determinación de progesterona plasmática por radioinmunoanálisis (RIA), lo que permitió distinguir las hembras que permanecían anovulatorias de las hembras cíclicas.<sup>(24)</sup> Una hembra mostró concentraciones plasmáticas de progesterona que reflejaron actividad ovárica cíclica y fue eliminada del experimento. Consecuentemente, se usaron 39 cabras anéstricas. Antes de iniciar la estimulación, una muestra sanguínea más fue colectada de cada hembra para corroborar que aún permanecían anovulatorias.

## **Ritmo natural de vocalizaciones del macho cabrío sexualmente activo**

En los dos machos, el 80 % de las vocalizaciones fueron registradas entre las 08:00 h y 20:00 h (Figura 1). El ritmo de vocalizaciones aplicado al grupo de hembras

correspondiente, se construyó con las grabaciones de las vocalizaciones diarias de ambos machos.

### Total/vocalizaciones



**Figura 1.** Ritmo natural de vocalizaciones de dos machos cabríos sexualmente activos, aplicado a las hembras del grupo con vocalizaciones. El ritmo se aplicó alternando cada 24 h los discos compactos correspondientes a las emisiones sonoras de cada macho.

### Efecto macho y aplicación de las vocalizaciones

Tres días antes del inicio del estímulo, las hembras se dividieron en 4 grupos homogéneos, de acuerdo con su peso y condición corporal, y producción de leche (Cuadro 1). El 15 de

marzo de 2002 a las 11:00 h inició la estimulación. Un grupo fue expuesto a un macho sexualmente activo. El segundo grupo fue expuesto a las vocalizaciones de macho reproducidas por discos compactos. El tercer grupo fue expuesto al ruido blanco que produce un disco compacto virgen. En el cuarto grupo las hembras permanecieron aisladas de machos cabríos y sin percibir vocalizaciones ni ruido blanco.

**Cuadro 1.** Peso corporal, condición corporal y producción de leche (promedio  $\pm$  SEM) de las cabras anovulatorias expuestas a un macho sexualmente activo, a la reproducción en disco compacto de las vocalizaciones de los machos grabadas en la estación sexual, al ruido blanco producido por un disco compacto virgen y a las hembras aisladas de estímulos.

Grupos	n	Peso corporal (kg)	Condición corporal (escala 1-4)	Producción de leche (L)
Macho	9	37 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.6 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Vocalizaciones	10	37 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	1.0 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Ruido blanco	10	35 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>	1.5 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Aisladas	10	36 $\pm$ 1.7 <sup>a</sup>	1.6 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> denota no diferencia significativa entre grupos en las tres variables (P>0.05)

Para la reproducción de las vocalizaciones y el ruido blanco a partir de los discos compactos, se utilizaron para cada corral dos bocinas Mg y TW de 100 watts, con un woofer de 12 pulgadas. Un amplificador estéreo Gemini PVX 85 de 500 watts. Un reproductor de discos compactos Mini Hi-Fi Stereo System, tipo FW 21 / 21 de 60 watts. Las bocinas se colocaron de manera que el sonido se emitiera a la altura de la boca de un macho cabrío adulto, disimuladas para que pasaran inadvertidas para las hembras. Las



vocalizaciones se aplicaron durante 14 días consecutivos, alternando cada 24 h los discos de cada macho para evitar que las hembras se habituaran a las vocalizaciones de un mismo macho. El ruido blanco y el macho se aplicaron durante el mismo periodo. La distancia entre los grupos vocalizaciones, ruido blanco y aislado fue de al menos 80 m y se les interponían edificios, lo que sirvió para impedir que las hembras de cada corral percibieran el sonido de los otros tratamientos. El grupo con macho se instaló a 1500 m de los otros tres grupos con el propósito de evitar que éstos últimos percibieran las señales emanadas del macho.

## **Variables determinadas**

### **Secreción de LH**

El 15 de marzo, a las 07:00 h se inició un muestreo seriado de sangre para determinar la pulsatilidad de la LH. Se obtuvieron muestras cada 15 min en los cuatro grupos. El muestreo se dividió en dos periodos de cuatro horas: uno antes (07:00 h - 11:00 h) y otro después de la introducción del macho o reproducción de las vocalizaciones y ruido blanco (11:15 h - 15:00 h). Todas las muestras se obtuvieron por punción de la vena yugular en tubos al vacío con heparina. Posteriormente se centrifugaron a 2500 g durante 20 min y el plasma fue conservado a  $-15^{\circ}$  C hasta el momento de las determinaciones hormonales, las cuales se realizaron mediante RIA, según la técnica descrita por Pelletier et al.<sup>(25)</sup> validada para los caprinos por Chemineau et al.<sup>(26)</sup> y modificada por Montgomery et al.<sup>(27)</sup> La sensibilidad y el coeficiente de variación intraensayo fueron de 0.1 ng / ml y 11.5 %, respectivamente.

vocalizaciones se aplicaron durante 14 días consecutivos, alternando cada 24 h los discos de cada macho para evitar que las hembras se habituaran a las vocalizaciones de un mismo macho. El ruido blanco y el macho se aplicaron durante el mismo periodo. La distancia entre los grupos vocalizaciones, ruido blanco y aislado fue de al menos 80 m y se les interponían edificios, lo que sirvió para impedir que las hembras de cada corral percibieran el sonido de los otros tratamientos. El grupo con macho se instaló a 1500 m de los otros tres grupos con el propósito de evitar que éstos últimos percibieran las señales emanadas del macho.

## **Variables determinadas**

### **Secreción de LH**

El 15 de marzo, a las 07:00 h se inició un muestreo seriado de sangre para determinar la pulsatilidad de la LH. Se obtuvieron muestras cada 15 min en los cuatro grupos. El muestreo se dividió en dos periodos de cuatro horas: uno antes (07:00 h - 11:00 h) y otro después de la introducción del macho o reproducción de las vocalizaciones y ruido blanco (11:15 h - 15:00 h). Todas las muestras se obtuvieron por punción de la vena yugular en tubos al vacío con heparina. Posteriormente se centrifugaron a 2500 g durante 20 min y el plasma fue conservado a  $-15^{\circ}$  C hasta el momento de las determinaciones hormonales, las cuales se realizaron mediante RIA, según la técnica descrita por Pelletier et al.<sup>(25)</sup> validada para los caprinos por Chemineau et al.<sup>(26)</sup> y modificada por Montgomery et al.<sup>(27)</sup> La sensibilidad y el coeficiente de variación intraensayo fueron de 0.1 ng / ml y 11.5 %, respectivamente.

## **Determinación de la ovulación**

La ovulación se determinó a través de la progesterona plasmática durante un mes a partir del día del inicio del estímulo. Para lo cual se tomaron muestras diariamente durante los primeros 10 días, y posteriormente cada 2 días por 9 ocasiones. Todas las muestras se obtuvieron por punción de la vena yugular, utilizando tubos al vacío con EDTA. Inmediatamente de su obtención se centrifugaron a 2500 g durante 20 min y el plasma fue conservado a  $-15^{\circ}$  C hasta el momento de las determinaciones hormonales, las cuales se realizaron mediante RIA según la técnica descrita por Saumande et al.<sup>(28)</sup> La sensibilidad y el coeficiente de variación interensayo fueron de 0.1 ng / ml y 11 %, respectivamente. Hembras con valores de progesterona superiores a 0.5 ng / ml se consideraron que habían ovulado.<sup>(29)</sup>

## **Análisis estadísticos**

En los cuatro grupos de hembras se analizaron los perfiles para la detección de pulsos de LH utilizando el algoritmo “pulsar” desarrollado por Merriam y Wachter.<sup>(30)</sup> Los parámetros G (el número de desviaciones estándar por los cuales un pico debe exceder el nivel basal para considerarlo como un pulso) fueron  $G(1) = 3.799$ ,  $G(2) = 2.597$ ,  $G(3) = 1.900$ ,  $G(4) = 1.500$ , y  $G(5) = 1.200$ , siendo éstos los requerimientos por los cuales los pulsos de LH, compuestos de 1-5 muestras, debieron exceder al nivel basal. Los parámetros Baxter, los cuales describen la relación parabólica entre la concentración de la hormona en



una muestra y la desviación estándar (variación del ensayo) acerca de la concentración fueron 0.05500 ( $b_1$ , intercepción  $y$ ), 0.02500 ( $b_2$ , coeficiente  $x$ ) y 0.00039 ( $b_3$ , coeficiente  $x^2$ ). El número de pulsos detectados en 8 h fue sometido a un ANOVA con medidas repetidas a dos factores (grupo y tiempo de muestreo). Los resultados son expresados en promedio  $\pm$  error estándar del promedio. Los porcentajes de las hembras que ovularon fueron comparados por una prueba de  $\chi^2$  con ayuda del paquete estadístico SYSTAT\*.



## Resultados

### Secreción de la LH

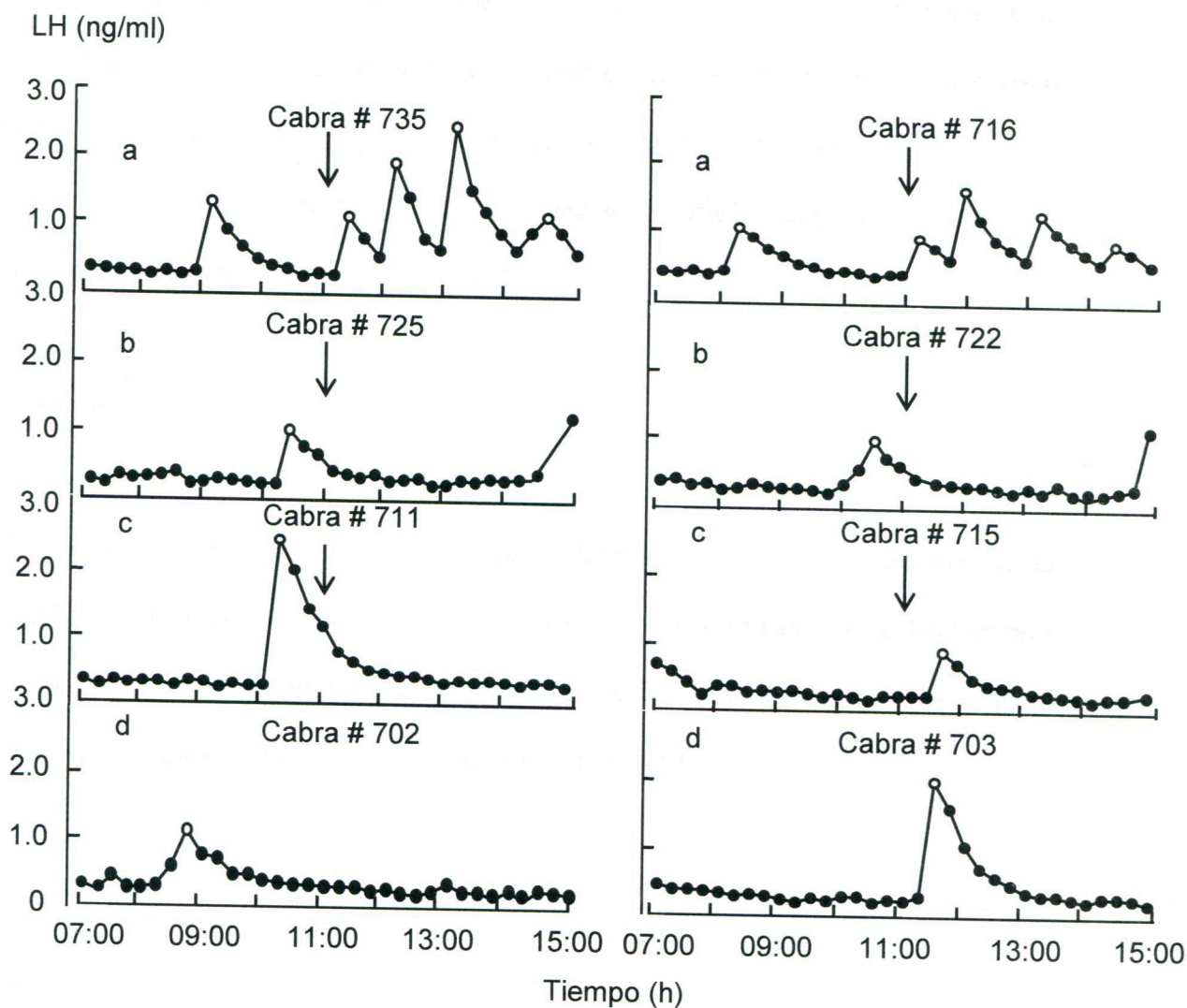
La frecuencia y amplitud de los pulsos de la LH antes y después de la introducción de un macho o el inicio de las vocalizaciones o ruido blanco reproducidos con bocinas, y en cabras aisladas se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Frecuencia y amplitud de los pulsos de la LH y porcentaje de cabras que ovularon al ser expuestas a: un macho sexualmente activo, a la reproducción en un grupo compacto de las vocalizaciones de los machos grabadas en la estación sexual, a un ruido blanco producido por un disco compacto virgen y en hembras aisladas de estímulo. Las muestras sanguíneas para determinar la LH se obtuvieron cada 15 min 4 h antes y 4 h después del comienzo del estímulo.

Grupos	(n)	Pulsos de LH				Ovulación
		Frecuencia		Amplitud		
		Antes	Después	Antes	Después	
Macho	9	1.0 ± 0.2 <sup>a</sup>	2.9 ± 0.3 <sup>b</sup>	1.3 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	100%
Vocalizaciones	10	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	100%
Ruido blanco	10	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	100%
Aisladas	10	0.6 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	100%

<sup>a, b</sup> entre filas indican diferencia significativa

En la Figura 2 se muestran los perfiles de secreción de la LH de dos hembras de cada grupo obtenidos antes y después de la estimulación. La frecuencia de los pulsos de la LH después de la introducción del macho, del inicio de la reproducción de las vocalizaciones y el ruido blanco, y en el mismo periodo en las hembras aisladas, fue diferente entre grupos ( $P < 0.001$ ).



**Figura 2.** Perfiles de la secreción de LH en cabras anovulatorias expuestas a: a) un macho sexualmente activo; b) a las vocalizaciones de machos sexualmente activos grabadas y reproducidas a partir de discos compactos; c) al ruido blanco producido por un disco compacto virgen; y d) en hembras aisladas de los estímulos. La flecha ( $\downarrow$ ) indica el inicio de

la aplicación del estímulo correspondiente. Los círculos vacíos (o) indican pulsos de la LH. Las muestras sanguíneas para determinar la LH se obtuvieron cada 15 min 4 h antes y 4 h después del comienzo del estímulo.

El ANOVA indicó un efecto del grupo ( $P < 0.001$ ), así como una interacción entre el grupo y el tiempo de muestreo ( $P < 0.001$ ). Antes del contacto macho-hembras, de la reproducción de las vocalizaciones y el ruido blanco, y en el mismo periodo en las cabras aisladas, la pulsatilidad de la LH fue similar entre los grupos ( $P > 0.05$ ). Posteriormente, un incremento ( $P < 0.001$ ) en la frecuencia de los pulsos de LH se registró solamente en el grupo de hembras en contacto con el macho. En ningún grupo se modificó la amplitud de los pulsos antes o después del estímulo ( $P > 0.05$ ; Cuadro 2).

### **Actividad ovárica**

En el Cuadro 2 se muestran los porcentajes de hembras que ovularon después de la introducción del macho, o el inicio de vocalizaciones, del ruido blanco, y en las hembras aisladas. El 100 % de las hembras del grupo con macho ovularon, mientras que ninguna ovulación se registró en los otros 3 grupos de cabras ( $P < 0.001$ ).

### **Discusión**

Los resultados del presente estudio demuestran que en las cabras anovulatorias la repentina introducción del macho estimuló la secreción pulsátil de LH que culminó con la ovulación en el 100 % de las hembras. En cambio, las vocalizaciones del macho emitidas durante el cortejo sexual, grabadas y reproducidas mediante bocinas a partir de discos compactos, no



estimularon la secreción pulsátil de la LH, ni provocaron la ovulación en las cabras de este grupo. Lo mismo ocurrió con las cabras del grupo expuesto al ruido blanco y en el aislado. En ovejas y cabras está ampliamente documentado que la mayoría de las hembras en anestro expuestas a los machos incrementan inmediatamente la secreción de la LH y ovulan en un lapso de 3 días después del contacto con éstos, como ocurrió en el grupo con macho de nuestro experimento.<sup>(7,21,31-33)</sup> Este incremento de LH culminó con la ovulación en todas las hembras en contacto con el macho. En cambio, la secreción de LH no se incrementó en las hembras expuestas a las vocalizaciones, por lo que ninguna de ellas ovuló. Lo mismo ocurrió en las cabras expuestas al ruido blanco y en las aisladas. Los resultados de nuestro estudio confirman que la mayor respuesta de las hembras al efecto macho se obtiene cuando están en presencia física del macho.<sup>(4,12,34)</sup> Sin embargo, no concuerdan con los resultados que demuestran en otras especies que las vocalizaciones de los machos estimulan la actividad sexual de las hembras anéstricas. En las cerdas, las vocalizaciones del macho actúan sinérgicamente con las señales olfativas y táctiles en la inmovilización de la hembra para facilitar la cópula.<sup>(13)</sup> En el ciervo rojo se ha demostrado que las vocalizaciones del macho hacen avanzar la fecha de estro y ovulación de las hembras.<sup>(16)</sup> Estudios en gamo han sugerido que existe una fuerte relación entre el tiempo que invierte el macho en vocalizar y su éxito en los apareamientos.<sup>(35)</sup> La ausencia de incremento en la secreción de la LH y de la ovulación en el grupo expuesto a las vocalizaciones de los machos, pudo deberse al menos a dos factores no excluyentes: 1) durante el proceso de edición de las vocalizaciones, se eliminaron del sonograma algunos segmentos y armónicos que a nuestro criterio no eran importantes. Esto probablemente impidió a las hembras hacer un adecuado reconocimiento de las vocalizaciones de los machos, por lo que no tuvieron efectos sobre la secreción de la LH y la ovulación. En otros contextos como el comportamiento materno,

varios estudios realizados en distintas especies como pingüino emperador,<sup>(36,37)</sup> delfines,<sup>(38,39)</sup> focas,<sup>(40,41)</sup> y ovejas,<sup>(42)</sup> se ha observado que la alteración en el sonograma de las vocalizaciones de estos animales impide el reconocimiento interindividual; 2) por otro lado, el bajo estado nutricional de las hembras pudo haber influido en la ausencia de respuesta a las vocalizaciones. En efecto, las hembras de nuestro estudio tenían una baja condición corporal, lo que probablemente impidió el incremento de la secreción de la LH y la ovulación en las cabras sometidas a las vocalizaciones de los machos. Sin embargo, esa hipótesis no concuerda con los resultados del grupo expuesto al macho, en el cual la secreción de LH y la ovulación fueron estimuladas a pesar de tener la misma baja condición corporal. Esto sugiere que el estímulo utilizado fue de baja calidad e insuficiente para inducir la secreción de la LH y la ovulación de las hembras expuestas a las vocalizaciones y al ruido blanco. Al respecto, varios estudios en ovejas y cabras han demostrado que la respuesta al efecto macho de las hembras con una baja condición corporal es menor que la observada en hembras con una buena condición corporal. Mellado et al.<sup>(43)</sup> demostraron que la pobre condición corporal de las hembras influye en la ocurrencia del estro en respuesta al efecto macho. Resultados similares se han reportado en las ovejas.<sup>(44,45)</sup> La subalimentación que se refleja en una baja condición corporal de las hembras, provoca un aumento de la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisiario a la retroacción negativa del estradiol sobre la secreción de la LH y por tanto de la ovulación.<sup>(46)</sup> Finalmente, podemos concluir que en las condiciones en que se desarrolló este estudio, los resultados demuestran que en cabras anovulatorias, la aplicación de las vocalizaciones del macho emitidas durante el cortejo sexual, grabadas y reproducidas con discos compactos, no incrementó la frecuencia de pulsos de la LH, ni provocó la ovulación. Dado que las grabaciones de las vocalizaciones de los machos fueron editadas en el laboratorio de acústica y las hembras en estudio

presentaban una muy baja condición corporal, sería interesante determinar si en hembras bien alimentadas, la aplicación directa de vocalizaciones en vivo de machos puede estimular la secreción de la LH y la ovulación de las cabras anéstricas.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen al laboratorio de determinaciones hormonales de la Station de Physiologie de la Reproduction et des Comportements del INRA de Nouzilly, Francia, por realizar las determinaciones hormonales. Al Instituto de Neurobiología de Juriquilla, Querétaro, de la UNAM y a Andrea Paredes por el procesamiento de las vocalizaciones. A Norma Serafín y a los miembros del Centro de Investigación en Reproducción Caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, por su asistencia técnica. A Dolores López por su eficiente asistencia secretarial y administrativa. Al Sr. Martín Rodríguez del Ejido “Ricardo Flores Magón”, del Municipio de Torreón, Coahuila, por facilitar los animales experimentales. Al programa de cooperación científica entre México (ANUIES-SEP-CONACyT) y Francia (ECOS; M02-A04).



## Referencias

1. Shelton M. The influence of the presence of the male goat on the initiation of oestrous and ovulation in Angora does. *J Anim Sci* 1960;19:368-375.
2. Whitten WK, Bronson FH, Greenstein JA. Estrus-inducing pheromone of male mice: transport by movement of air. *Science* 1968;161(841):584-585.
3. Craig JV. Socialization. In: JV Craig, editor. *Domestic animal behavior: causes and implications for animal care and management*. New Jersey: Prentice-Hall, 1981:110-125.
4. Shelton M. Goats: influence of various exteroceptive factors on initiation of oestrus and ovulation. *Int Goat Sheep Res* 1980;1:156-162.
5. Knight TW, Lynch PR. Source of ram pheromones that stimulate ovulation in the ewe. *Anim Reprod Sci* 1980;3:133-136.
6. Cohen-Tannoudji J, Locatelli A, Signoret JP. Non pheromonal stimulation by the male on LH release in the anoestrous ewe. *Physiol Behav* 1986;36:921-924.
7. Chemineau P. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. A review. *Livest Prod Sci* 1987;17:135-147.
8. Perkins A, Fitzgerald JA. The behavioural component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J Anim Sci* 1994;72:51-55.
9. Rosa HJD, Bryant MJ. The 'ram effect' as a way of modifying the reproductive activity in the ewe: a review. *Small Rumin Res* 2002;45:1-16.
10. Claus R, Over R, Dehnhard M. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Anim Reprod Sci* 1990;22:27-38.

11. Cohen-Tannoudji J, Einhorn J, Signoret JP. Ram sexual pheromone: first approach of chemical identification. *Physiol Behav* 1994;56:955-961.
12. Pearce GP, Oldham DM. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J Reprod Fertil* 1988;84:333-339.
13. Signoret JP. Rôle des différentes informations sensorielles dans l'attraction de la femelle en oestrus par le mâle chez les porcins. *Ann Biol Anim Bioch Biophys* 1974;14:747-755.
14. Brockway BF. Stimulation of ovarian development and egg laying by male courtship vocalization in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Anim Behav* 1965;13:575-578.
15. Hinde RA, Steele E. The influence of day length and male vocalizations on the estrogen-dependent behavior of female canaries and budgerigars, with discussion of data from other species. In: Rosenblatt JS, Hinde RA, Beer C, Bunsel M, editors. *Advances in the Study of Animal Behavior*. New York: Academic Press, 1978: 39-73.
16. McComb K. Roaring by red deer stags advances the date of oestrus in hinds. *Nature* 1987;330:648-649.
17. Lenhardt ML. Vocal contour cues in maternal recognition of goat kids. *Appl Anim Ethol* 1977;3:211-219.
18. Shackleton DM, Shank CC. A review of the social behavior of feral and wild sheep and goats. *J Anim Sci* 1984;58:(2):500-509.
19. Fabre-Nys C. Le comportement sexuel des caprins: contrôle hormonal et facteurs sociaux. *INRA Prod Anim* 2000;13(1):11-23.
20. Delgadillo JA, Canedo GA, Chemineau P, Guillaume D, Malpoux B. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male goats in subtropical Northern Mexico. *Theriogenology* 1999;52:727-737.

21. Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Hernández HF, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Chemineau P, Malpoux B. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci* 2002;80:2780-2786.
22. Paredes A. Caracterización de las vocalizaciones emitidas por el macho cabrío durante el cortejo sexual y su participación en el "efecto macho" (tesis de licenciatura). México, (D.F.) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2003.
23. Paredes A, Delgadillo JA, Terrazas A, Véliz G, Flores JA, Piondrón P. Characterization of male goats vocalizations during courtship. *Encart of Abstracts of XXVIII International Ethological Conference; 2003 August 20-27; Florianópolis Brazil, 2003*:6
24. Thimonier J. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progesterone. *INRA Prod Anim* 2000;13(3):177-183.
25. Pelletier J, Garnier DH, de Reviere MM, Terqui M, Ortavant R. Seasonal variation in LH and testosterone release in rams of two breeds. *J Reprod Fertil* 1982;64:341-346.
26. Chemineau P, Gauthier D, Poirier JC, 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.
27. Montgomery GW, Martin GB, Pelletier J. Changes in pulsatile LH secretion after ovariectomy in the Ile-de-France ewes in two seasons. *J Reprod Fertil* 1985;73:173-183.
28. Saumande J, Tamboura D, Chupin D. Changes in milk and plasma concentrations of progesterone in cows after treatment to induce superovulation and their relationships with number of ovulations and embryos collected. *Theriogenology* 1985;23:719-731.



29. Gómez-Brunet A, López-Sebastián A, Picazo RA, Cabellos B, Goddard S. Reproductive response and LH secretion in ewes treated with melatonin implants and induced to ovulate with the ram effect. *Anim Reprod Sci* 1995;39:23-34.
30. Merriam GR, Wachter KN. Algorithms for the study of episodic hormone secretion. *Am J Physiol* 1982;243:310-318.
31. Poindron P, Cognié Y, Gayerie F, Orgeur P, Oldham CM, Ravault JP. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol Behav* 1980; 25:227-237.
32. Flores JA, Véliz FG, Pérez-Villanueva JA, Martínez de la Escalera G, Chemineau, Poindron P, Malpoux B, 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.
33. Véliz FG, Moreno S, Duarte G, Vielma J, Chemineau P, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Anim Reprod Sci* 2002;72:197-207.
34. Walkden-Brown SW, Restall BJ, Henniawati. The male effect in Australian cashmere goats. 2. Role of olfactory cues from the male. *Anim Reprod Sci* 1993;32:55-67.
35. McElligott AG, O'Neill KP, Hayden TJ. Cumulative long-term investment in vocalization and mating success of fallow bucks, *Dama dama*. *Anim Behav* 1999;57:1159-1167.
36. Aubin T, Jouventin P. How to vocally identify kin in a crowd: the penguin model. *Adv Study Behav* 2002;31:243-277.

37. Jouventin P, Aubin T. Acoustic systems are adapted to breeding ecologies: individual recognition in nesting penguins. *Anim Behav* 2002;64:747-757.
38. Caldwell MC, Caldwell DK, Tyack PL. Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic bottlenose dolphin. In: Leatherwood S, Reeves RR, editors. *The bottlenose dolphin*. New York: Academic Press, 1990:199-234.
39. Scherrer JA, Wilkinson GS. Evening bat isolation calls provide evidence for heritable signatures. *Anim Behav* 1993;46:847-860.
40. Charrier I, Mathevon N, Jouventin P. How does a fur seal mother recognize the voice of her pup? An experimental study of *Arctocephalus tropicalis*. *J Experim Biol* 2002;205:603-612.
41. Charrier I, Mathevon N, Jouventin P. Vocal signature recognition of mothers by fur seal pups. *Anim Behav* 2003;65:543-550.
42. Searby A, Jouventin P. Mother-lamb acoustic recognition in sheep: a frequency coding. *Proc R Soc Lond B* 2003;270:1765-1771.
43. Mellado M, Vera A, Loera H. Reproductive performance of crossbred goats in good and poor body condition exposed to bucks before breeding. *Small Rumin Res* 1994;14:45-48.
44. Khaldi G. Variations saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement d'oestrus et de la durée de l'anoestrus postpartum des femelles ovines de race Barbarine: influence du niveau alimentaire et de la présence du mâle (Thèse Doct. Etat Sci. Nat.). Languedoc, Montpellier, France. 1984.
45. Tanaka T, Akaboshi N, Inoue Y, Kamomae H, Kaneda Y. Fasting-induced suppression of pulsatile luteinizing hormone secretion is related to body energy status in ovariectomized goats. *Anim Reprod Sci* 2002;72:185-196.

46. Rhind SM, McMillen S, McKelvey WAC. Effects of level of food intake and body condition on the sensitivity of the hypothalamus and pituitary to ovarian steroid feedback in ovariectomized ewes. Anim Prod 1991;52:115-125.



**Las vocalizaciones en vivo de machos cabríos estimulan la actividad estral de las  
cabras anovulatorias**

**In vivo buck vocalizations stimulate the oestrous activity in seasonal anovulatory  
female goats**

J. Vielma<sup>1</sup>, B. Malpoux<sup>2</sup>, J.A. Delgadillo<sup>1\*</sup>

---

\* <sup>1</sup>Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), Depto. de Ciencias Médico-Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe AP 940, Torreón, Coahuila, México

<sup>2</sup>Physiologie de la Reproduction et des Comportements, UMR 6073 INRA-CNRS-Université de Tours, 37380 Nouzilly, France

## ABSTRACT

The present study was carried out to determine if the in vivo vocalizations of the bucks stimulate the oestrus and ovarian activity of females in sexual rest. A group of females (n=5) was put in contact with two sexually active bucks. A second group of females (n=6) was only exposed to the in vivo vocalizations originating of the first group, located to 200 m of first. A third isolated group of stimuli of the male (n=6) was located to 600 m of both previous groups. All females (5/5) exposed to bucks ovulated, and only 2 of 6 does exposed to vocalizations and 0 of 6 isolated did so ( $P < 0.001$ ). The number of does displayed estrous behavior did not differ ( $P < 0.05$ ) between groups exposed to males (5/5) or to their vocalizations (5/6), but both groups were different from isolated group (0/6,  $P < 0.01$ ). These results allow to conclude that the vocalizations of the bucks, induce the estrous activity of the anoestrous female goats. Nevertheless, the proportion of females that ovulate is lower than that induced by the bucks in full physical contact with female goats.

**Key words:** Reproductive seasonality, Vocalizations, Oestrous activity

## INTRODUCCIÓN

El efecto macho puede estimular la actividad sexual de las hembras ovinas y caprinas durante el anestro. Las hembras utilizan los sentidos del olfato, la vista, el tacto y el oído para percibir las señales emitidas por los machos (Shelton 1980; Knight y Lynch 1980; Cohen-Tannoudji et al., 1986; Chemineau 1987; Perkins y Fitzgerald 1974). Aunque la mayor respuesta de las hembras se obtiene cuando el macho está presente (Shelton 1980; Rosa y Bryant 2002), la exposición por separado a las señales emitidas por el macho pueden estimular la secreción de la hormona luteinizante (LH), la ovulación y la actividad estral de las hembras (Walkden-Brown et al., 1993; Claus et al., 1990). En cabras expuestas al olor y sonidos del macho, el porcentaje de animales que ovulan es menor (19.5 %) que cuando se agrega la percepción visual (41.2 %;  $P < 0.05$ ; Shelton 1980). En cabras y ovejas, la exposición al pelo o lana de los machos estimula la secreción de la LH y la ovulación de las hembras (Knight y Lynch 1980; Claus et al., 1990; Cohen-Tannoudji et al., 1994). El contacto directo entre machos y hembras produce una respuesta ovulatoria mayor (68.7 % en cabras; 49 % en ovejas) que cuando están separados por un cerco (41.2 %; 22 %), un pasillo o una pared sólida (19.5 %; 11 %;  $P < 0.05$ ) (Shelton 1980; Pearce y Oldham 1988). En algunas especies de mamíferos y aves, las vocalizaciones de los machos facilitan la inmovilización de las hembras para la monta (Signoret 1974) o estimulan la actividad ovulatoria (Brockway 1965). En el venado rojo (*Cervus elaphus*), la aplicación de las vocalizaciones de machos sexualmente activos, grabadas previamente y reproducidas con bocinas, adelanta la fecha de inicio de la actividad sexual en las hembras, comparándolas con hembras aisladas (McComb 1987). En cambio, la reproducción de las vocalizaciones previamente grabadas del macho cabrío durante el cortejo sexual, no estimulan ni la



ovulación ni el estro en las cabras anéstricas (Vielma et al., resultados no publicados). En este último estudio se editaron las vocalizaciones de los machos, y probablemente se eliminaron del sonograma algunos segmentos y armónicos que evitaron el reconocimiento adecuado por parte de las hembras de las vocalizaciones de los machos. En efecto, los estudios realizados en distintas especies como pingüino emperador (Aubin y Jouventin 2002; Jouventin y Aubin 2002), delfines (Caldwell et al., 1990; Scherrer y Wilkinson 1993), focas (Charrier et al., 2002; Charrier et al., 2003), y ovejas (Séarby y Jouventin 2003), han demostrado que la alteración en el sonograma de las vocalizaciones de estos animales impide el reconocimiento interindividual. El objetivo de este estudio fue determinar si las vocalizaciones en vivo producidas durante el cortejo sexual por machos cabríos estimulan el estro y la ovulación de las cabras anéstricas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Preparación de machos sexualmente activos**

Se utilizaron 2 machos cabríos locales adultos de la Comarca Lagunera, la cual se encuentra en el Estado de Coahuila, México (Latitud 26°23' Norte; Longitud 104°47' Oeste; 1100-1400 msnm). Las características reproductivas de esos machos fueron descritas previamente por Delgadillo et al., 1999. Los machos se mantuvieron en instalaciones abiertas y se alimentaron con 1250 g de heno de alfalfa (17 % PC) y 300 g de concentrado comercial (18 % PC) / día / animal. El agua y las sales minerales se proporcionaron a libre acceso. Los machos fueron sometidos a un tratamiento de 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre con la finalidad de estimular su actividad sexual durante el periodo de reposo sexual (Delgadillo et al., 2002). Después del tratamiento luminoso, los machos se sometieron a las variaciones naturales del fotoperiodo de la Comarca Lagunera.

**Hembras.** Se utilizaron 17 hembras caprinas locales anovulatorias de la Comarca Lagunera. Las hembras se alojaron en corrales abiertos de 6 x 6 m y se alimentaron con heno de alfalfa (17% PC) a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (18 % PC). Además tuvieron acceso libre a agua y sales minerales. Estas hembras no tuvieron contacto con machos durante al menos 30 días antes del estímulo. Se dividieron en tres grupos homogéneos de acuerdo a su condición corporal. Las hembras no producían leche.

**Aplicación del estímulo.** El 1 de abril de 2004 a las 11:00 h, dos machos con buen despliegue de comportamiento sexual, fueron introducidos con un grupo de hembras (grupo con machos, n = 5) alojadas en un corral de 6 x 6 m equipado con 3 micrófonos ambientales (DRK-A3C2). Las vocalizaciones de los machos se enviaron a una mezcladora

(SR6520P POWERED MIXER) para de ahí reproducirlas en el corral del grupo de cabras expuestas a las vocalizaciones en vivo de los machos cabríos (grupo con vocalizaciones; n = 6). El corral de este grupo estaba equipado con dos bocinas (PEAVEY SP) y ubicado a 200 m del corral con machos. Los estímulos se aplicaron continuamente por 10 días. Otro grupo de hembras permaneció aislado de machos y vocalizaciones (grupo aislado, n = 6) y se ubicó a 600 m de los otros dos grupos.

### **Variables determinadas.**

La ovulación se determinó a través de los niveles de la progesterona plasmática. Para ello se obtuvo una muestra sanguínea diaria durante los 10 días que duró el estudio. Todas las muestras se obtuvieron por punción de la vena yugular, utilizando jeringas de 5 ml. La sangre fue puesta en tubos de 5 ml que contenían heparina. Las muestras fueron inmediatamente centrifugadas a 2500 g durante 20 min y el plasma fue conservado a  $-15^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de las determinaciones hormonales, las cuales se realizaron mediante RIA (Terqui y Thimonier 1974). La sensibilidad y el coeficiente de variación interensayo fueron de 0.1 ng / ml y 11 %, respectivamente. Concentraciones plasmáticas de progesterona superiores a 0.5 ng/ml en al menos tres muestreos consecutivos fueron considerados como signo de ovulación (Gómez-Brunet et al., 1995).

Para determinar la actividad estral se observó la conducta de los tres grupos de hembras, dos veces cada día, de 06:00 a 07:00 h y de 18:00 a 19:00 h, durante los 10 días del estudio. Se registraron los diferentes cambios en la conducta de las hembras, tales como la aparición de frecuentes erizamientos del pelo dorsal, frotamientos corporales contra las paredes especialmente frente a las bocinas, y curvamientos hacia arriba del cuello y cabeza, conductas de peleas frontales entre ellas. Las hembras que mostraron movimientos laterales



frecuentes de la cola, actividad de monta a sus compañeras o la aceptación a ser montadas por los machos o hembras, fueron consideradas en actividad estral (Chemineau 1987; Llewelyn et al., 1993).

**Análisis de datos.** La frecuencia de ovulación y estro fue analizada por la prueba de  $\text{Chi}^2$ .

## RESULTADOS

Ninguna diferencia ( $P > 0.05$ ) existió referente a la actividad estral entre el grupo con machos (100%; 5/5) y el sometido a las vocalizaciones (83 %; 5/6). El porcentaje de hembras que presentaron conducta estral en estos últimos dos grupos fue superior al de las hembras aisladas (0 %, 0/6;  $P < 0.01$ ). La respuesta ovárica fue superior ( $P < 0.001$ ) en el grupo con machos, comparada con los otros dos grupos. El 100 % de las hembras puestas en contacto físico total con los machos (5/5) presentó niveles plasmáticos de progesterona que indican que existió ovulación. En cambio, sólo el 33 % (2/6) del grupo expuesto a las vocalizaciones y ninguna de las 6 cabras aisladas ovularon. Ninguna diferencia existió entre los últimos dos grupos ( $P > 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio son la primera evidencia que demuestra que las vocalizaciones en vivo del macho cabrío estimulan el comportamiento estral de las cabras anéstricas. En efecto, ninguna diferencia existió entre el grupo expuesto a las vocalizaciones (5/6 cabras) y el que estuvo en contacto físico total con los machos (5/5 cabras). Las hembras que manifestaron celo en estos dos grupos fue superior a las del grupo aislado (0/6). En cambio, el número de hembras que ovuló fue mayor en el grupo expuesto a los machos (5/5) que en el sometido a las vocalizaciones (2/6) o al aislado de los machos (0/6 cabras). Estos resultados sugieren que en las cabras, las vocalizaciones en vivo de los machos durante el cortejo sexual estimulan el desarrollo de algunos folículos ováricos y la consecuente producción de estradiol que facilita la conducta estral (Ungerfeld et al., 2002). Sin embargo, es probable que esta señal no sea suficiente para provocar, en la mayoría de las hembras, el pico preovulatorio de LH, y en consecuencia la ovulación (Delgadillo et al., 2003). En efecto, sólo 2 de 6 cabras expuestas a las vocalizaciones ovularon, mientras que todas las del grupo en contacto con los machos lo hicieron. Esta diferencia pudo deberse a la ausencia de las otras señales exteroceptivas del macho como las olfativas, visuales y táctiles que intervienen en la respuesta de las hembras al efecto macho (Shelton 1980; Pearce y Oldham 1988). La experiencia sexual previa de las hembras utilizadas en el estudio, pudo influir en la alta respuesta estral a las vocalizaciones de los machos. Las vocalizaciones pueden evocar para las hembras la presencia del macho y facilitar la organización de la respuesta estral, tal como la experiencia previa puede facilitar la respuesta de las hembras al efecto macho a través de estímulos olfatorios (Gelez et al., 2004; Hogan et al., 2004).



Los resultados obtenidos en el grupo expuesto a los machos coinciden con aquellos encontrados consistentemente por varios autores (Chemineau 1983; Flores et al., 2000; Delgadillo et al., 2004; Pellicer-Rubio et al., 2006). Además, confirman que la alta respuesta estral y ovárica ocurre por el efecto sinérgico de todas las señales emitidas por el macho sexualmente activo cuando está en contacto físico total con las hembras (Shelton 1980; Pearce y Oldham 1988). En cambio, nuestros resultados difieren de los descritos en las hembras del venado rojo, en las cuales la actividad estral y ovulatoria es estimulada por las vocalizaciones de macho (McComb 1987). En el estudio de McComb (1987), las hembras fueron sometidas a las vocalizaciones de los machos al final de la estación de anestro, cuando disminuye considerablemente la inhibición de la reproducción por el fotoperiodo (Rosa y Bryant 2003), y las hembras pueden responder eficientemente a la presencia del macho o a estímulos aislados provenientes de éste (Pearce y Oldham 1988; Restall 1992; Claus et al., 1990). En efecto, las vocalizaciones de los machos adelantaron el inicio de la actividad sexual de las hembras solamente dos semanas (McComb 1987). En cambio, nuestro estudio se realizó en abril, cuando existe una fuerte inhibición de la reproducción de las cabras por el fotoperiodo (Duarte 2000), lo que probablemente redujo la respuesta ovulatoria de las hembras. Sería interesante determinar si las vocalizaciones de los machos estimulan la actividad estral y ovulatoria de las cabras en agosto, al final del periodo de anestro (Duarte 2000). Nuestros resultados también difieren de los que obtuvimos previamente al someter a las cabras a la reproducción de las vocalizaciones grabadas de los machos durante el cortejo sexual. Esta diferencia puede deberse al hecho de que las grabaciones se editaron y probablemente se eliminaron del sonograma algunos segmentos y armónicos que evitaron el reconocimiento adecuado por parte de las hembras de las vocalizaciones de los machos. En efecto, estudios en diferentes especies han

demostrado que la alteración del sonograma impide el reconocimiento interindividual (pingüino emperador: Aubin y Jouventin 2002; Jouventin y Aubin 2002; delfines: Caldwell et al., 1990; Scherrer y Wilkinson 1993; focas : Charrier et al., 2002; Charrier et al., 2003; ovejas : Searby y Jouventin 2003).

## **CONCLUSIÓN**

Estos resultados permiten concluir que las vocalizaciones en vivo de los machos cabríos, aplicadas aisladamente, estimulan la actividad estral de las cabras anéstricas. Sin embargo, la proporción de hembras que llegan a ovular por influencia de este estímulo es menor que la inducida por los machos en contacto físico total.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a los miembros del CIRCA de la UAAAN-UL el apoyo en la realización de los experimentos de esta tesis; a la SEP-CONACyT-ANUIES-ECOS (ref.: MO2-AO4) por hacer posible la colaboración entre la UAAAN y la PRC del INRA de Nouzilly, Francia; a Susana Rojas y Clara Murcia del Laboratorio de Endocrinología del Departamento de Reproducción de la FMVZ-UNAM, por las determinaciones hormonales; a Dolores López y Esther Peña por el apoyo logístico para la realización de este estudio; a Armando Valenzuela (Org. Musical Santa Martha) por la asistencia técnica con el equipo de sonido.

## LITERATURA CITADA

- Aubin T, Jouventin P. How to vocally identify kin in a crowd: the penguin model. *Adv Study Behav* 2002;31:243-277.
- Caldwell MC, Caldwell DK, Tyack PL. Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic bottlenose dolphin. In: Leatherwood S, Reeves RR, editors. *The bottlenose dolphin*. New York: Academic Press, 1990:199-234.
- Charrier I, Mathevon N, Jouventin P. How does a fur seal mother recognize the voice of her pup? An experimental study of *Arctocephalus tropicalis*. *J Experim Biol* 2002;205:603-612.
- Charrier I, Mathevon N, Jouventin P. Vocal signature recognition of mothers by fur seal pups. *Anim Behav* 2003;65:543-550.
- Chemineau P. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. A review. *Livest Prod Sci* 1987;17:135-147.
- Claus R, Over R, Dehnhard M. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Anim Reprod Sci* 1990;22:27-38.
- Cohen-Tannoudji J, Einhorn J, Signoret JP. Ram sexual pheromone: first approach of chemical identification. *Physiol Behav* 1994;56:955-961.
- Cohen-Tannoudji J, Locatelli A, Signoret JP. Non pheromonal stimulation by the male on LH release in the anoestrous ewe. *Physiol Behav* 1986;36:921-924.
- Delgadillo JA, Canedo GA, Chemineau P, Guillaume D, Malpoux B. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male goats in subtropical Northern Mexico. *Theriogenology* 1999;52:727-737.



- Delgadillo JA, Fitz-Rodríguez Duarte G, Véliz FG, Carrillo E, Flores JA, Vielma J, Hernandez H, Malpoux B. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod Fertil Dev* 2004;16: 471-478.
- Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Malpoux B. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet Méx* 2003;34(1): 69-79.
- Fabre-Nys C. Le comportement sexuel des caprins: contrôle hormonal et facteurs sociaux. *INRA Prod Anim* 2000;13:11-23.
- Flores JA, Véliz FG, Pérez-Villanueva JA, Martínez de la Escalera G, Chemineau P, Poindron P, Malpoux B, 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.
- Gómez-Brunet A, López-Sebastián A, Picazo RA, Cabellos B, Goddard S. Reproductive response and LH secretion in ewes treated with melatonin implants and induced to ovulate with the ram effect. *Anim Reprod Sci* 1995;39:23-34.
- Gómez-Brunet A, López-Sebastián A, Picazo RA, Cabellos B, Goddard, S. Reproductive response and LH secretion in ewes treated with melatonin implants and induced to ovulate with the ram effect. *Anim Reprod Sci* 1995;39:23-34.
- Jouventin P, Aubin T. Acoustic systems are adapted to breeding ecologies: individual recognition in nesting penguins. *Anim Behav* 2002;64:747-757.
- Knight TW, Lynch PR. Source of ram pheromones that stimulate ovulation in the ewe. *Anim Reprod Sci* 1980;3:133-136.

- Llewelyn CA, Perrie J, Luckins AG, Munro CD. Oestrus in the British white goat: timing of plasma luteinizing hormone surge and changes in behavioural and vaginal traits in relationship to onset of oestrus. *Br Vet J* 1993;149:171-82.
- Martin GB, Oldham CM, Cognié Y, Pearce GP. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livest Prod Sci* 1986;15:219-247.
- McComb K. Roaring by red deer stags advances the date of oestrus in hinds. *Nature* 1987;330:648-649.
- Pearce GP, Oldham CM. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J Reprod Fertil* 1988;84:333-339.
- Pellicer-Rubio MT, Leboeuf B, Bernelas D, Forgerit Y, Pougard JL, Bonné JL, Senty E, Chemineau P. Highly synchronous and fertile reproductive activity induced by the male effect during deep anoestrus in lactating goats subjected to treatment with artificially long days followed by a natural photoperiod. *Anim Reprod Sci* 2006; (In press).
- Perkins A, Fitzgerald JA. The behavioural component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J Anim Sci* 1994;72:51-55.
- Poole JH. Signals and assesment in African elephants: evidence from playback experiments. *Anim Behav* 1999; 58, 185-193.
- Restall BJ. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim Reprod Sci* 1992; 27: 305-18.
- Rosa HJD, Bryant MJ. The 'ram effect' as a way of modifying the reproductive activity in the ewe: A review. *Small Rumin Res* 2002;45:1-16.

- Rosa HJD, Bryant MJ. Seasonality of reproduction in sheep. *Small Rumin Res* 2003;48:155-171.
- Scherrer JA, Wilkinson GS. Evening bat isolation calls provide evidence for heritable signatures. *Anim Behav* 1993;46:847-860.
- Dearby A, Jouventin P. Mother-lamb acoustic recognition in sheep: a frequency coding. *Proc R Soc Lond B* 2003;270:1765-1771.
- Helton M. Goats: influence of various exteroceptive factors on initiation of oestrus and ovulation. *Int Goat Sheep Res* 1980;1:156-162.
- Merqui M, Thimonier J. Nouvelle méthode radioimmunologique rapide pour l'estimation du niveau de progésterone plasmatique. Application pour le diagnostic précoce de gestation chez la brebis et la chèvre. *C.R. Acad. Sc., Paris* 1974; Série D, 279:1109-1112.
- Engerfeld R, Pinczac A, Forsberg M, Rubianes E. Ovarian and endocrine responses of Corriedale ewes to the "ram effect" in the non-breeding season. *Can J Anim Sci*, 2002; 82:599-602.
- Underwood EJ, Shier FL, Davenport N. Studies in Sheep husbandry in W.A.V. The breeding season in Merino crossbred and British breed ewes in the agricultural districts. *J Agric (Western Australia)* 1944; Series 2 11:135-143.
- Walkden-Brown SW, Martin GB, Restall BJ. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J Reprod Fertil Suppl* 1999; 52:243-257.



**El comportamiento sexual del macho es necesario para mantener elevada la secreción de la LH en cabras sometidas al efecto macho**

**The sexual behavior of the male goat is necessary to keep stimulated the secretion of the LH in female goats submitted to the male effect**

Vielma<sup>a</sup> Jesús, Chemineau<sup>b</sup> Philippe, Poindron<sup>b</sup> Pascal, Malpoux<sup>b</sup> Benoît, Delgadillo<sup>a#</sup> José Alberto

---

Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Periférico Miguel López Sánchez y Carretera a Santa Fe, CP 27054, Torreón, Coahuila, México.

Physiologie de la Reproduction et des Comportements, UMR INRA-CNRS- Université Tours-Haras Nationaux, IFR 135, 37380 Nouzilly, France.

Autor responsable. Tel. and Fax: 52 871 7331210. **E-mail address:** [joaldesa@yahoo.com](mailto:joaldesa@yahoo.com)

(A. Delgadillo)

## Abstract

The objective of the study was to determine the importance of the sexual behavior of the male goat on the stimulation of the secretion of the LH in anovulatory female goats exposed to the male effect. Two groups of females ( $n=10$  each one) were exposed to 2 bucks in sexual rest (SI), one awake and another sedate to prevent his sexual behavior. Other two groups of goats ( $n=10$  each one), exposed to 2 bucks induced to intense sexual activity through 2.5 months of long days (16 hours of light/day; SA), one awake and another sedate. The LH secretion was determined in two periods: 4 hours before and 8 after the introduction of the bucks during the first day and 4 hours on the following day. The introduction of SA bucks awake or sedate caused a stimulation ( $P<0.05$ ) of the pulsatility of the LH in the first 4 hours of contact between sexes. The pulsatility of the LH stayed elevated by 24 hours in the females with SA awake buck, whereas in the group with SA sedate buck, the frequency of LH pulses diminished after the first 4 h of the stimulus ( $P<0.05$ ). The bucks SI awake or sedated they did not stimulate the secretion of the LH. The female goats responded in different manner to introduction of SA and SI bucks ( $P<0.05$ ). One LH pulse was detected into first 15 min in 9 of 10 in group sedated SA buck and in 7 of 10 in group awake SA buck, whereas in group sedated SI was observed only 1 of 10 and in 0 of 10 in group awake SI buck. The interval to appearance of first LH pulse was smaller ( $P<0.01$ ) in groups of female goats in contact with SA bucks ( $33 \pm 8.2$  min) than in groups with SI bucks ( $125 \pm 12.5$  min), independently if the males were sedated or awakened. In conclusion, the sexually actives males, awake or sedate, to stimulate the LH secretion, and the sexual behavior of males is indispensable to maintain high the LH pulsatility on female goats exposed to male effect.

**Key Words:** Male goat, Male effect, Sexual odor, Sexual behavior, LH, Reproductive seasonality



## Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la importancia del comportamiento sexual del macho cabrío sobre la estimulación de la secreción de la LH en cabras anovulatorias expuestas al efecto macho. Dos grupos de hembras ( $n=10$  cada uno) fueron expuestos a 2 machos en reposo sexual (SI), uno despierto y otro sedado para impedir el despliegue de su comportamiento sexual. Otros dos grupos de cabras ( $n=10$  cada uno), se expusieron a 2 machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos (16 horas de luz/día; SA), uno despierto y otro sedado. La secreción de LH se determinó en dos periodos: 4 horas antes y 8 después de la introducción del macho el primer día y 4 h al día siguiente. La introducción de los machos SA despierto o sedado provocó una estimulación ( $P<0.05$ ) de la pulsatilidad de la LH en las primeras 4 horas de contacto entre los sexos. La pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada por 24 horas en las hembras con el macho SA despierto, mientras que en el grupo con macho SA sedado, la frecuencia de pulsos de LH disminuyó después de las primeras 4 h del estímulo ( $P<0.05$ ). Los machos SI despierto o sedado no estimularon la secreción de la LH. Las hembras respondieron de manera diferente a la entrada de los machos SA y SI ( $P<0.05$ ). Se detectó un pulso de LH dentro de los primeros 15 min en 9 de 10 hembras del grupo SA sedado y en 7 de 10 en el grupo SA despierto, mientras que en el grupo SI sedado se observó sólo en 1 de 10 y en 0 de 10 en el grupo SI despierto. El intervalo a la aparición del primer pulso de LH fue menor ( $P<0.01$ ) en los grupos de hembras en contacto con machos SA ( $33 \pm 8.2$  min) que en los grupos con machos SI ( $125 \pm 12.5$  min), independientemente de si estaban sedados o despiertos. En conclusión, los machos cabríos sexualmente activos, despierto o sedado,

## Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la importancia del comportamiento sexual del macho cabrío sobre la estimulación de la secreción de la LH en cabras anovulatorias expuestas al efecto macho. Dos grupos de hembras ( $n=10$  cada uno) fueron expuestos a 2 machos en reposo sexual (SI), uno despierto y otro sedado para impedir el despliegue de su comportamiento sexual. Otros dos grupos de cabras ( $n=10$  cada uno), se expusieron a 2 machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos (16 horas de luz/día; SA), uno despierto y otro sedado. La secreción de LH se determinó en dos periodos: 4 horas antes y 8 después de la introducción del macho el primer día y 4 h al día siguiente. La introducción de los machos SA despierto o sedado provocó una estimulación ( $P<0.05$ ) de la pulsatilidad de la LH en las primeras 4 horas de contacto entre los sexos. La pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada por 24 horas en las hembras con el macho SA despierto, mientras que en el grupo con macho SA sedado, la frecuencia de pulsos de LH disminuyó después de las primeras 4 h del estímulo ( $P<0.05$ ). Los machos SI despierto o sedado no estimularon la secreción de la LH. Las hembras respondieron de manera diferente a la entrada de los machos SA y SI ( $P<0.05$ ). Se detectó un pulso de LH dentro de los primeros 15 min en 9 de 10 hembras del grupo SA sedado y en 7 de 10 en el grupo SA despierto, mientras que en el grupo SI sedado se observó sólo en 1 de 10 y en 0 de 10 en el grupo SI despierto. El intervalo a la aparición del primer pulso de LH fue menor ( $P<0.01$ ) en los grupos de hembras en contacto con machos SA ( $33 \pm 8.2$  min) que en los grupos con machos SI ( $125 \pm 12.5$  min), independientemente de si estaban sedados o despiertos. En conclusión, los machos cabríos sexualmente activos, despierto o sedado,

estimulan la secreción de la LH, y el comportamiento sexual de los machos es indispensable para mantener elevada la pulsatilidad de la LH en las hembras expuestas al efecto macho.

**Palabras Clave:** Macho cabrío, Efecto macho, Olor sexual, Comportamiento sexual, LH, Estacionalidad reproductiva



## Introducción

En razas de ovejas y cabras que manifiestan estacionalidad reproductiva, la actividad sexual puede inducirse por la introducción de un macho en un grupo de hembras en anovulación estacional o lactacional (Martin et al., 1986; Poindron et al., 1980). En este fenómeno denominado efecto macho intervienen distintas señales exteroceptivas provenientes del macho como el olor, las emisiones sonoras, el contacto físico, la visión y el comportamiento sexual de los machos (Shelton 1980; Walkden-Brown et al., 1999; Flores et al. 2000). Las diferentes señales sensoriales pueden actuar por separado, estimulando la actividad endocrina u ovulatoria de las hembras (Cohen-Tannoudji et al., 1986; Rosa y Bryant 2002). Sin embargo, la mayor respuesta de las hembras se obtiene cuando están en contacto físico total con los machos (Shelton 1980). Una de las señales importantes en el efecto macho es el olor sexual de los machos. La exposición de cabras al pelo de macho cabrío obtenido durante la estación sexual induce un incremento de la secreción de LH en todas las hembras (5/5), pero sólo ovulan el 40 % de éstas (2/5; Claus et al., 1990). La intensidad del comportamiento sexual del macho es otro factor importante para la obtención de un alto nivel de respuesta de las hembras sometidas al efecto macho. Los machos ovinos con una intensa libido, determinada por el número de montas en 30 min, estimulan a un mayor porcentaje (95%) de hembras a ovular que los animales con baja libido (78 %; Perkins y Fitzgerald 1994). En la especie caprina, los machos inducidos a una intensa actividad sexual a través de un tratamiento fotoperiódico estimulan a más del 80 % de las hembras a ovular. En cambio, menos del 10 % de las cabras ovulan al exponerlas a los machos no tratados, en reposo sexual (Flores et al., 2000; Véliz et al., 2002). Los tratamientos fotoperiódicos estimulan

durante el periodo de reposo sexual la secreción de la LH y testosterona, y en consecuencia incrementan el olor y el comportamiento sexual de los machos (Delgadillo et al., 2001, 2002; Sánchez 2003), haciéndolos más eficientes para estimular la actividad sexual de las hembras. En machos cabríos, el olor sexual y el comportamiento sexual se observan simultáneamente y con mayor intensidad durante la estación sexual natural (Walkden-Brown et al., 1994; Véliz et al., 2002; Delgadillo et al., 2002). Al inducir la actividad sexual de los machos a contra estación se tienen en un mismo tiempo y lugar machos sexualmente activos e inactivos, lo que permite estudiar separadamente la intervención de algunas señales exteroceptivas durante el efecto macho. Con la sedación farmacológica de los machos se pueden suprimir las conductas sexuales, pero no el olor sexual del macho. El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar la importancia del comportamiento sexual del macho en la estimulación de la secreción de la LH en hembras anovulatorias.

## **Materiales y métodos**

### **Animales, condiciones de mantenimiento y tratamientos**

El experimento se realizó con animales caprinos locales de la región Lagunera del Estado de Coahuila, México (Latitud, 26° 23' N y 104° 47' Longitud O). La población local de las cabras locales fue descrita previamente (Delgadillo et al. 1999). Los machos se alimentaron con heno de alfalfa (180 g de proteína cruda / kg-1 de materia seca) a libre acceso, más 300 g de concentrado comercial (180 g de proteína cruda / kg-1 de materia



seca, 2.5 de energía metabolizable / kg-1 de materia seca) para cada macho. El agua y sales minerales se proporcionaron a libre acceso.

Las hembras se explotaban en sistema semi-extensivo y consumían la flora nativa de los agostaderos. Además, cada cabra se suplementó con 500 g de concentrado comercial (140 g de proteína cruda / kg-1 de materia seca, 2.5 de energía metabolizable / kg-1 de materia seca) antes del inicio del estudio. El 28 de Febrero, se estabularon y se alimentaron con heno de alfalfa (180 g de proteína cruda / kg-1 de materia seca) a libre acceso y 500 g de concentrado comercial (180 g de proteína cruda / kg-1 de materia seca, 2.5 de energía metabolizable / kg-1 de materia seca), con libre acceso al agua y sales minerales hasta el final del estudio.

Los animales utilizados en este experimento fueron mantenidos bajo buenas condiciones de manejo, las cuales llenaban todos los requerimientos de confort animal. Ellos no mostraron indicaciones de estrés y no fueron sometidos a ningún sufrimiento innecesario durante el estudio.

### **Activación sexual de los machos cabríos**

Se utilizaron 12 machos cabríos adultos, con experiencia sexual previa, que se alojaron en instalaciones abiertas (5 x 7 m). Un grupo de machos (sexualmente inactivo; SI; n = 6) fue expuesto a las variaciones naturales del fotoperiodo a lo largo del estudio (13 h y 41 min de luz en el solsticio de verano y 10 h y 19 min de luz en el solsticio de invierno). Otro grupo de machos (sexualmente activo; SA; n = 6) fue sometido a un tratamiento fotoperiódico de días largos (16 h de luz / 8 h de oscuridad), desde el 1 de Noviembre hasta el 15 de Enero. A partir del 16 de Enero, los días largos artificiales se suspendieron



y los machos fueron expuestos a las variaciones naturales del fotoperiodo hasta el final del estudio (06 de Abril). Este tratamiento estimula la secreción de testosterona, y en consecuencia, incrementa el olor sexual de los machos e induce un intenso comportamiento sexual de éstos durante la estación de reposo sexual (Delgadillo et al., 2002; Duarte 2003).

### **Hembras y efecto macho**

Se utilizaron 40 hembras múltiparas anovulatorias, que habían parido entre Octubre de 2002 y Enero de 2003. Todas las hembras destetaron a sus crías a los 25 días de edad; las cabras se ordeñaron manualmente una vez por día durante el experimento. Las hembras estuvieron alejadas de cualquier contacto con machos cabríos a partir del 1 de Enero, y los machos cabríos más cercanos estaban en hatos situados a más de 1 km del hato experimental. Los días 4, 11 y 18 de Marzo se les realizaron muestreos sanguíneos por venipuntura de la yugular para la determinación de progesterona por radioinmunoanálisis (RIA), y distinguir las hembras cíclicas de las anovulatorias (Thimonier 2000). De las 97 hembras muestreadas, se diagnosticaron 66 anovulatorias (68 %), de las cuales se utilizaron solamente 40 para este estudio.

Siete días antes del inicio del estímulo, las 40 hembras se dividieron en 4 grupos (n = 10 cada uno), balanceados por su condición corporal y producción de leche. Además, las hembras fueron habituadas al manejo para la venipuntura yugular, puncionando con intervalos de 15 min hasta en 8 ocasiones diariamente a cada hembra. El 05 de Abril 2003 a las 11:01 h, los machos se pusieron en contacto con las hembras. Dos machos SI

seleccionados al azar del grupo control previamente descrito, uno despierto y uno sedado (ver sedación), se metieron en dos grupos de hembras (1 macho / grupo). Dos machos SA, seleccionados al azar del grupo de machos tratados, uno despierto y uno sedado para suprimirles el comportamiento sexual, se metieron en los otros dos grupos de cabras (1 macho / grupo). Los machos permanecieron con las hembras 24 horas. La distancia entre los diferentes grupos fue de 100 m.

### **Sedación de los machos**

Los machos ayunaron las 24 horas previas a la sedación y se les privó del agua las últimas 12 horas. Para la sedación de cada macho se usó una dosis de 0.65 ml de Xilacina® al 2 % cada 2-3 horas, dependiendo de la respuesta individual de cada animal, durante 24 horas. La dosis inicial se aplicó por vía endovenosa 10 min antes de introducir los machos con los grupos de hembras. Las dosis subsecuentes se aplicaron por vía intramuscular al observar signos de restablecimiento en los machos. Este esquema de sedación impidió que el macho despertara durante las 24 horas que duró su exposición a las hembras.

### **Mediciones**

#### **Comportamiento sexual de los machos**

El día del efecto macho (05 de Abril), desde el inicio del contacto y durante 60 min, un observador entrenado para ello, registró de manera focal el comportamiento sexual del macho correspondiente en cada grupo, apuntando las conductas siguientes: olfateo

anogenital, flehmen, aproximación lateral, intento de monta, monta sin penetración y monta con penetración (Flores et al., 2000).

### **Secreción de LH**

Para determinar la pulsatilidad de la LH se realizaron dos periodos de muestreo sanguíneo, obteniendo muestras cada 15 min en los cuatro grupos. El primer periodo ocurrió el 5 de Abril del 2003, dividido en dos lapsos, uno de cuatro horas antes (07:00-11:00 h) y otro de 8 horas (11:15-19:00 h) después de la introducción del macho. Un segundo periodo de 4 horas (07:00-11:00 h) se realizó al día siguiente. Todas las muestras se obtuvieron por venipuntura de la yugular en tubos al vacío (5 ml) que contenían heparina. Inmediatamente después de obtenidas las muestras, éstas se centrifugaron a 2500 g durante 20 min y el plasma obtenido fue conservado a  $-20^{\circ}$  C hasta el momento de las determinaciones hormonales, las cuales se realizaron por RIA según la técnica descrita por Pelletier et al., (1982), validada para los caprinos por Chemineau et al., (1982) y modificada por Montgomery et al., (1985). La sensibilidad y el coeficiente de variación intraensayo fueron de 0.1ng / ml y 8.5 %, respectivamente.

### **Análisis estadísticos**

En los cuatro grupos de hembras se analizaron los perfiles para la detección de pulsos de LH utilizando el algoritmo "pulsar", desarrollado por Merriam y Wachter (1982). Los parámetros G (el número de desviaciones estándar por los cuales un pico debe exceder el nivel basal para considerarlo como un pulso) fueron  $G(1) = 3.799$ ,  $G(2) = 2.597$ ,  $G(3) =$



1.900,  $G(4) = 1.500$ , y  $G(5) = 1.200$ , siendo éstos los requerimientos por los cuales los pulsos de LH, compuestos de 1-5 muestras, debieron exceder al nivel basal. Los parámetros Baxter, los cuales describen la relación parabólica entre la concentración de la hormona en una muestra y la desviación estándar (variación del ensayo) acerca de la concentración fueron 0.05500 ( $b_1$ , intercepción y), 0.02500 ( $b_2$ , coeficiente x) y 0.00039 ( $b_3$ , coeficiente  $x^2$ ). La frecuencia media de pulsos de LH por 4 horas fue calculada para cada perfil y analizada por la prueba de Wilcoxon. Las diferencias de todas las conductas sexuales entre los machos SA y SI, se analizaron por una prueba de  $X^2$  de ajuste de bondad, con una hipótesis nula de igual repartición de frecuencias en los dos tipos de machos. El intervalo desde la introducción de los machos hasta la aparición del primer pulso de la LH fue analizado por un ANOVA a dos factores (tratamiento y estado de los machos).

## Resultados

### Secreción de la LH

Las características de la secreción de la LH resultante de la introducción de los machos se muestran en Cuadro 1. La frecuencia de pulsos de LH antes de la introducción de los machos fue baja en los cuatro grupos y no existió diferencia significativa entre ellos ( $P > 0.05$ ; Cuadro 1). La proporción de hembras que mostraron una elevación de la LH dentro de los primeros 15 min post-estimulación fue superior en las hembras expuestas a machos sexualmente activos que en aquellas expuestas a los machos sexualmente inactivos ( $P > 0.05$ ; Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Número de pulsos de LH (promedio  $\pm$  EEM) en cabras anovulatorias sometidas al efecto macho. Dos grupos de hembras (n=10 cada uno) fueron sometidas a machos sexualmente activos (SA), uno despierto y otro sedado para suprimir su comportamiento sexual. Otros dos grupos de hembras (n=10 cada uno) fueron expuestas a dos machos sexualmente inactivos (SI), uno despierto y otro sedado. La LH se determinó 4 h antes de la introducción de los machos y 8 horas después el primer día, y de 20-24 horas postintroducción de los machos. Las muestras fueron tomadas de la vena yugular cada 15 min. La introducción del macho ocurrió a la hora 0 (las 11:00 h del primer día de estimulación).

Grupo	♀ con pulso en 15 min	Después			
		Antes (7 a 11 h)	(11 a 15 h)	(15 a 19 h)	Día Siguiente (7 a 11 h)
SA sedado	9/10 x	1.1 $\pm$ 0.1 ax	2.7 $\pm$ 0.2 bx	1.9 $\pm$ 0.3 cx	1.6 $\pm$ 0.2 acx
SA despierto	7/10 x	0.9 $\pm$ 0.2 ax	2.5 $\pm$ 0.3 bx	2.1 $\pm$ 0.3 bx	2.1 $\pm$ 0.3 bx
SI sedado	1/10 y	1.0 $\pm$ 0.1 abx	1.2 $\pm$ 0.1 ay	1.1 $\pm$ 0.1 ay	0.6 $\pm$ 0.1 by
SI despierto	0/10 y	1.2 $\pm$ 0.1 abx	1.4 $\pm$ 0.2 aby	1.7 $\pm$ 0.2 ax	0.9 $\pm$ 0.2 by

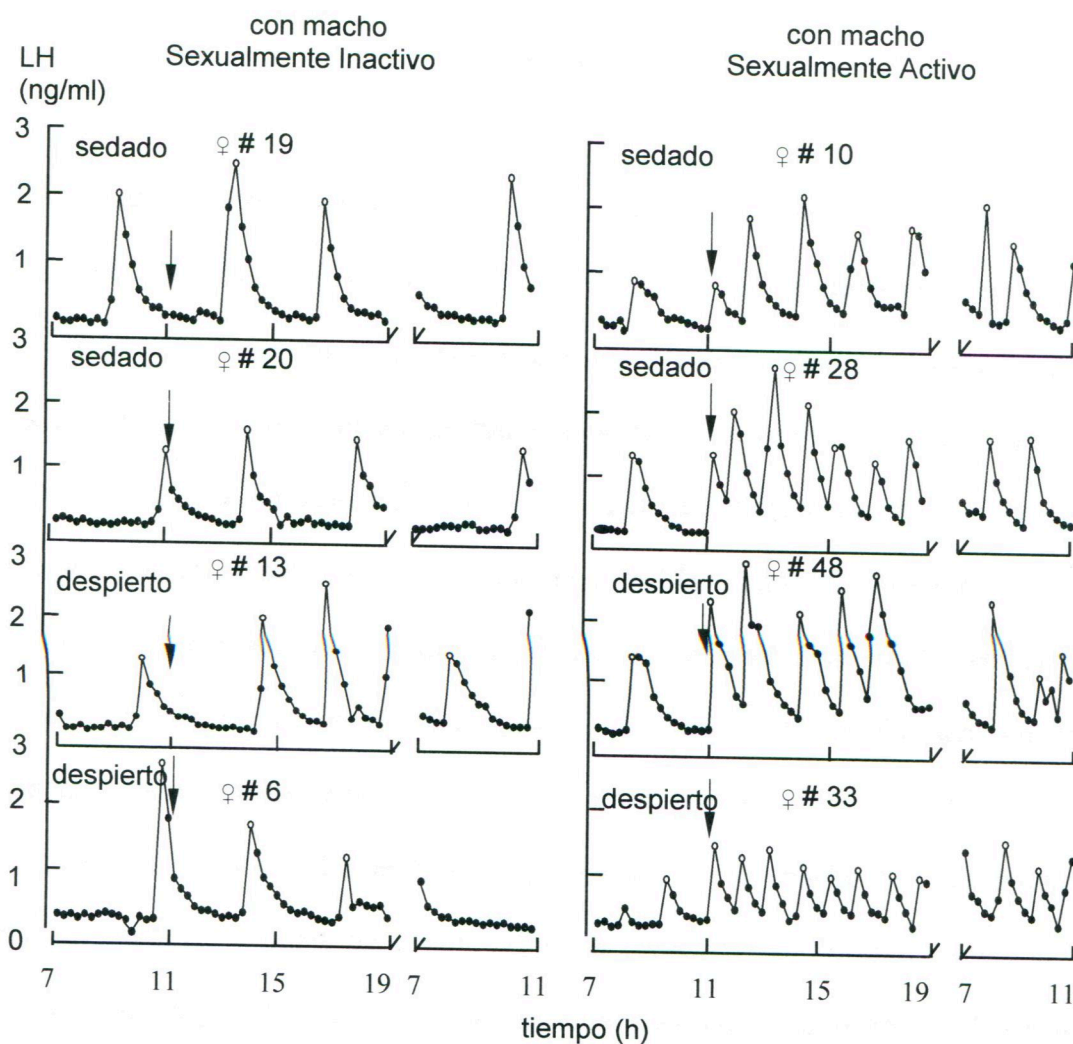
a, b, c letras diferentes dentro de cada hilera denotan diferencia significativa ( $P < 0.05$ )  
 x, y letras diferentes dentro de cada columna denotan diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

La introducción de los machos SA despierto o sedado provocó una elevación ( $P < 0.05$ ) de la pulsatilidad de la LH en las hembras durante las primeras 4 horas después de la introducción de los machos. Contrariamente, la introducción de los machos SI despierto o sedado no estimuló ( $P > 0.05$ ) la pulsatilidad de la LH en ese mismo lapso. En el lapso 4-8 h

post-estimulación, la pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada en las hembras con el macho SA despierto, mientras que en el grupo con macho SA sedado, la frecuencia de pulsos LH disminuyó ( $P < 0.05$ ). En cambio, en las hembras con machos SI despierto o sedado no se modificó la secreción de la LH y se mantuvo baja en ese mismo lapso. En el grupo de hembras expuestas al macho SA despierto, la pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada de 20-24 h, mientras que en aquellas en contacto con el macho SA sedado en el lapso 20-24 h se registraron valores que no difirieron significativamente de los encontrados antes de la introducción del macho. En las hembras con machos SI despierto o sedado no se modificó la secreción de la LH y se mantuvo baja en el lapso de 20-24 h.

En la Figura 1 se muestran ejemplos de perfiles de la secreción de la LH durante los dos periodos de muestreo en las hembras de los cuatro grupos en estudio. El intervalo entre la introducción de los machos y la aparición del primer pulso de LH no fue diferente ( $P > 0.05$ ) entre los grupos con machos SA despierto y SA sedado ( $37.5 \pm 13.0$  y  $28.5 \pm 10.5$  min, respectivamente). Tampoco difirió esa latencia entre los grupos con macho SI despierto y con macho SI sedado ( $121.5 \pm 17.3$  y  $129.0 \pm 18.8$  min, respectivamente). En cambio, el intervalo al primer pulso post-introducción de los machos fue menor en el grupo SA despierto ( $37.5 \pm 12.9$  min) que en el SI despierto ( $121.5 \pm 17.3$  min) y lo mismo ocurrió entre el grupo SA sedado ( $28.5 \pm 10.5$  min) y el SI sedado ( $129.0 \pm 18.8$  min;  $P < 0.05$ , en ambos casos).





**Figura 1.** Perfiles de secreción de LH en cabras anovulatorias sometidas al efecto macho. Dos grupos de hembras ( $n=10$  cada uno) fueron sometidas a machos sexualmente activos, uno despierto y otro sedado para suprimir su comportamiento sexual. Otros dos grupos de hembras ( $n=10$  cada uno) fueron expuestas a dos machos sexualmente inactivos, uno despierto y otro sedado. La LH se determinó 4 h antes de la introducción de los machos y 8 horas después el primer día, y de 20-24 horas postintroducción de los machos. Las muestras fueron tomadas de la vena yugular cada 15 min. Los pulsos de LH son indicados por los círculos abiertos. La flecha indica la introducción de los machos, que ocurrió a las 11:00 h.

## Discusión

Los resultados de este estudio demuestran que los machos sexualmente activos despierto o sedado, estimularon la secreción de la LH en cabras anéstricas sometidas al efecto macho. El macho SA despierto indujo y mantuvo una alta secreción de la LH durante 24 h, mientras que ésta se incrementó en las primeras 4 horas de contacto con el macho SA sedado, pero disminuyó posteriormente. En cambio, en las cabras expuestas a los machos SI despierto o sedado, no se modificó la secreción de la LH durante el estudio. Esto sugiere que el comportamiento sexual del macho es indispensable para mantener la secreción de LH de las hembras expuestas al efecto macho. El macho SA sedado tuvo un papel determinante durante las primeras 4 horas de la estimulación porque en este periodo la secreción de la LH no fue diferente de la provocada por el macho SA despierto. Sin embargo, después de 4 horas de estimulación, la presencia del macho SA sedado no mantuvo elevada la pulsatilidad de la LH, encontrándose en el lapso de 20-24 h valores similares a los registrados antes del estímulo. En cambio, en el grupo en contacto con el macho SA despierto, la pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada 24 horas después del contacto con el macho y fue superior a la registrada antes del inicio del estímulo. Contrariamente a lo registrado en las hembras expuestas a los machos SA, en las expuestas a los machos SI no hubo un incremento en la secreción de la LH durante el estudio. Estos resultados demuestran que al inicio del contacto entre machos y hembras, el olor sexual del macho fue suficiente para estimular la pulsatilidad de la LH, y coincide con los estudios que demuestran que la exposición de las hembras al olor de los machos a través de la lana del carnero o pelo del macho cabrío estimula la secreción de la LH (Knight y Lynch 1980;



Claus et al., 1990). Este estímulo puede provocar la ovulación en un número reducido de hembras ovinas (Pearce y Oldham 1988). El principal aporte de este estudio es la clara demostración de que después de 4 horas de contacto macho-hembra es necesario un intenso comportamiento sexual del macho para mantener elevada la secreción de la LH. Estos perfiles diferentes en la secreción de la LH podrían explicar algunos resultados obtenidos por otros autores referentes al efecto macho. Cuando se usa la lana del carnero o el pelo del macho cabrío, se incrementa la pulsatilidad de la LH en la mayoría de las ovejas y cabras, pero sólo un 40 % de ellas ovulan (Claus et al., 1990; Cohen-Tannoudji et al., 1994). Esto podría deberse a que la exposición al pelo o lana no mantiene la secreción de la LH para permitir la ovulación. Asimismo, cuando se utilizan machos en reposo sexual, éstos pueden llegar a estimular transitoriamente la secreción de la LH, sin permitir la ovulación (Minton et al., 1991; Signoret 1990). En efecto, los machos SI inducen solamente la ovulación en menos del 10 % de las hembras, mientras que los machos inducidos a un intenso comportamiento sexual a través del tratamiento fotoperiódico, inducen a más del 80 % de éstas a ovular (Flores et al., 2000; Véliz et al., 2002).

En nuestro conocimiento, estos son los primeros resultados que demuestran claramente el papel que tiene el comportamiento sexual de los machos utilizados en el efecto macho al incluir en el mismo experimento machos sexualmente activos e inactivos despiertos o sedados. En efecto, en otros estudios se han utilizado machos con baja o alta libido, la cual ha sido determinada solamente por su capacidad de monta, sin describir las características de su comportamiento sexual ni olor (Perkins y Fitzgerald 1994).

Dadas las condiciones de nuestro experimento al utilizar machos sedados SA y SI, no se puede excluir que la vista y el contacto físico, además del olfato, hayan intervenido en la respuesta de las hembras, tal y como se reportó previamente (Shelton 1980; Walkden-



Brown et al., 1993). En efecto, aunque los machos sedados no desplegaron movimientos voluntarios ni vocalizaciones, las hembras observaron, olfatearon y tocaron el cuerpo del macho. Sin embargo, la respuesta de las hembras expuestas a los machos SA fue superior a las expuestas a los machos SI. Esto sugiere que el olor de los machos, el cual era más intenso en los SA, fue el factor que desencadenó el incremento de la secreción de LH.

En el presente estudio, no se determinó la ovulación de las hembras, debido a que no existieron las condiciones para mantener sedados a los machos por más de 24 h sin el riesgo de dañar su salud, lo que hubiese permitido evaluar separadamente el valor de las conductas sexuales del macho para estimular la ovulación. Aún así, podríamos esperar que el número de ovulaciones resultara menor en las hembras expuestas al macho SA sedado, dado que se ha demostrado que el comportamiento sexual del macho es necesario, en adición con las señales olfatorias, auditivas y visuales, para obtener una elevada respuesta de las cabras al efecto macho (Véliz et al., 2002; Delgadillo et al., 2002). Estudios realizados en ovejas han demostrado que el estímulo olfatorio como disparador de la liberación de la LH, puede ser reemplazado por otras señales sensoriales (Cohen-Tannoudji et al., 1986). Las hembras del grupo SA sedado presentaron una caída importante en la pulsatilidad de la LH después de 4 horas de iniciada la estimulación, mientras que en el grupo SA despierto la pulsatilidad de la LH se mantuvo elevada las 24 horas del experimento, lo que demuestra la importancia de las conductas sexuales y sugiere que éstas, solas podrían ser suficientes para estimular la secreción de la LH y la ovulación. Esta hipótesis podría probarse poniendo en contacto hembras anósmicas con machos sexualmente activos. El porcentaje de hembras anósmicas que responden con ovulaciones al efecto macho es menor que el de las hembras intactas (50% vs. 89 %, Chemineau et al., 1986). Finalmente, es probable que la respuesta en el grupo con macho SA sedado hubiera sido menor si las hembras no hubieran contado con

experiencia sexual, pues en ovejas se ha demostrado que la experiencia sexual previa facilita la respuesta de las hembras al olor del carnero (Gelez et al., 2004).

### **Conclusiones**

Los resultados de este estudio permiten concluir que los machos sexualmente activos, despierto o sedado, estimulan la secreción de la LH, y que el comportamiento sexual de los machos es indispensable para mantener elevada la pulsatilidad de la LH en las hembras expuestas al efecto macho.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen al laboratorio de determinaciones hormonales de la Station de Physiologie de la Reproduction et des Comportements del INRA de Nouzilly, Francia, por realizar las determinaciones hormonales. Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, por su asistencia técnica. A Dolores López y Esther Peña por su eficiente asistencia secretarial y administrativa. Al Sr. Gonzálo Zárate productor del Ejido "El Sacrificio," del Municipio de Matamoros, Coahuila, por facilitar los animales experimentales. Al programa de cooperación científica entre México (ANUIES-SEP-CONACyT) y Francia (ECOS; M02-A04).

### Literatura citada

- Cohen-Tannoudji, J., J. Einhorn, J.P. Signoret. 1994. Ram sexual pheromone: first approach of chemical identification. *Physiol Behav* 56:955-961.
- Cohen-Tannoudji, J., A. Locatelli, J.P. Signoret. 1986. Non pheromonal stimulation by the male on LH release in the anoestrous ewe. *Physiol Behav* 36:921-924.
- Chemineau, P., D. Gauthier, J.C. Poirier, J. Saumande. 1982. Plasma levels of LH, FSH, prolactin, oestradiol-17 beta and progesterone during natural and induced oestrus in the dairy goat. *Theriogenology* 17:313-323.
- Chemineau, P., F. Levy, J. Thimonier. 1986. Effects of anosmia on the LH secretion, ovulation and oestrus behaviour induced by males in anovular creole goat. *Anim Reprod Sci* 10:125-132.
- Claus, R., R. Over, M. Dehnhard. 1990. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Anim Reprod Sci* 22:27-38.
- Delgadillo, J.A., E. Carrillo, J. Morán, G. Duarte, P. Chemineau, B. Malpoux. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *J Anim Sci* 79:2245-2252.
- Delgadillo, J.A., J.A. Flores, F.G. Véliz, H.F. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron, P. Chemineau. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci* 80:2780-2786
- Delgadillo, J.A., G.A. Canedo, P. Chemineau, D. Guillaume, B. Malpoux. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male goats in subtropical Northern Mexico. *Theriogenology* 52:727-737.



- Duarte, G., R. Tomas, D. Sánchez, F.G. Véliz, J.A. Flores, B. Malpaux, J.A. Delgadillo. 2003. La secreción de las glándulas sebáceas parietales (olor) es inducida durante el reposo sexual de los machos cabríos explotados en sistema extensivo y tratados con días largos. Memorias de la XVIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura; Octubre 8-10; Puebla (Puebla), México: Asociación Mexicana de Producción Caprina, AC, 2003:64-66.
- Flores, J.A., F.G. Véliz, J.A. Pérez-Villanueva, G. Martínez de la Escalera, P. Chemineau, P. Poindron, B., Malpaux, J. A. Delgadillo. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol Reprod* 62:1409–1414.
- Gelez, H., E. Archer, D. Chesneau, R. Campan, C. Fabre-Nys. 2004. Importance of learning in the response of ewes to male odor. *Chem Senses* 29;7:555-763.
- Knight, T.W., P.R. Lynch. 1980. Source of ram pheromones that stimulate ovulation in the ewe. *Anim Reprod Sci* 3;133:136.
- Martin, G.B., C.M. Oldham, Y. Cognié, D.T. Pearce. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livest Prod Sci* 15:219-247.
- Merriam, G.R., K.N. Wachter. 1982. Algorithms for the study of episodic hormone secretion. *Am J Physiol* 243:310-318.
- Minton, J.E., T.R. Coppinger, C.W. Spaeth, L.C. Martin. 1991. Poor reproductive response of anestrous suffolk ewes to ram exposure is not due to failure to secrete luteinizing hormone acutely. *J Anim Sci* 69:3314-3320.

- Montgomery, G.W., G.B. Martin, J. Pelletier. 1985. Changes in pulsatile LH secretion after ovariectomy in the Ile-de-France ewes in two seasons. *J Reprod Fertil* 73:173-183.
- Pearce, G.P., C.M. Oldham. 1988. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J Reprod Fertil* 84:333-339.
- Pelletier, J., D.H. Garnier, M.M. de Reviers, M. Terqui, R. Ortavant. 1982. Seasonal variation in LH and testosterone release in rams of two breeds. *J Reprod Fertil* 64:341-346.
- Perkins, A., J.A. Fitzgerald. 1994. The behavioural 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.
- Poindron, P., Y. Cognié, F. Gayerie, P. Orgeur, C.M. Oldham, J.P. Ravault. 1980. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol Behav* 25:227-237.
- Rosa, H.J.D., M.J. Bryant. 2002. The 'ram effect' as a way of modifying the reproductive activity in the ewe: A review. *Small Rumin Res* 45:1-16.
- Sánchez, D., F.G. Véliz, J. Vielma, B. Malpoux, J.A. Delgadillo, G. Duarte. 2001. La producción espermática de los machos caprinos Criollos del subtrópico mexicano, es influenciada por el sistema de explotación. *Memorias del II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos y XI Congreso Nacional de Producción Ovina*; 2001 Mayo 22-25; Mérida (Yucatán) México. Mérida Yucatán, Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovicultura, AC, 2001:s/p.

- Shelton, M. 1980. Goats: influence of various exteroceptive factors on initiation of oestrus and ovulation. *Int Goat Sheep Res* 1:156-162.
- Signoret, J.P. 1991. Sexual pheromones in the domestic sheep: importance and limits in the regulation of reproductive physiology. *J Steroid Biochem Molec Biol* 39:639-645.
- Thimonier, J. 2000. Détermination de l'état physiologique des females par analyse des niveaux de progesterone. *INRA Prod Anim* 13(3):177-183.
- Véliz, F.G., S. Moreno, G. Duarte, J. Vielma, P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpoux, J.A. Delgadillo. 2002. Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Anim Reprod Sci* 72:197-207.
- Walkden-Brown, S.W., G.B. Martin, B.J. Restall. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J Reprod Fertil Suppl*;52:243-257.
- Walkden-Brown, S.W., B.J., Restall, Henniawati. 1993. The male effect in the Australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrus females. *Anim Reprod Sci* 32: 69-84.
- Walkden-Brown, S.W., B.J. Restall, B.W. Norton, R.J. Scaramuzzi, G.B. Martin. 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* 102:351-360.



## V. Literatura citada

- Aboul-Naga AM, Aboul-Ela MB, Hassan F. Manipulation of reproductive activity in subtropical sheep. *Small Rumin Res* 1992;7:151-160.
- Aboul-Naga AM, Aboul-Ela MB. Oestrous of Egyptian fat-tailed Ossimi ewes raised at different locations. *J Agric Sci Camb* 1984;103: 481-486.
- Álvarez-Ramírez L, Ducoing WAE, Zarco QLA, Trujillo GAM. Conducta estral, concentraciones de LH y función lútea en cabras en anestro estacional inducidas a ciclar mediante el contacto con cabras en estro. *Vet Méx* 1999; 30(1): 25-31.
- Arellano V, Aguilar J, Moreno S, Sánchez D, Duarte G, Malpoux B, Delgadillo JA. El inicio de la estación sexual en las hembras caprinas de la Comarca Lagunera se debe al establecimiento del estado refractario a los días largos. *Memorias del XLIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A.C., 2001 agosto 26-30; Monterrey, (Nuevo León) México, (DF): Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A.C. 2001. O 28.*
- Asher GW, Fisher MW, Fennessy PF. Environmental constraints on reproductive performance of farmed deer. *Anim Reprod Sci* 1999;42:35-44.
- Bielli A, Pedrana G, Gastel MT, Castrillejo A, Moraña A, Lundeheim N, Forsberg M, Rodríguez-Martínez H. Influence of grazing management on the seasonal change in testicular morphology in Corriedale rams. *Anim Reprod Sci* 1999; 56:93-105.

- Brockway BF. Stimulation of ovarian development and egg laying by male courtship vocalization in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Anim Behav* 1965;13:575-578.
- Bronson FH, Heideman PD. Seasonal regulation of reproduction in mammals. In: Knobil E, Neill JD. (Editors) *The physiology of reproduction*. 1994. 2<sup>nd</sup> edition, Raven Press, Ltd, New York. P 573-583.
- Chemineau P, Daveau A, Maurice F, Delgadillo JA. Seasonality of oestrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin Res* 1992;8:299-312.
- Chemineau P, Levy F, Thimonier J. Effects of anosmia on the LH secretion, ovulation and oestrus behaviour induced by males in the anovular creole goat. *Anim Reprod Sci* 1986;10:125-132.
- Chemineau P. Effect on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the year. *J Reprod Fertil* 1983;67:65-72.
- Chemineau P. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. A review. *Livest Prod Sci* 1987;17:135-147.
- Chemineau P. Reproducción de las cabras originarias de zonas tropicales. *Rev Latamer Peq Rumin* 1993;1:2-14.
- Claus R, Over R, Dehnhard M. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Anim Reprod Sci* 1990; 22:27-38.
- Cohen-Tannoudji J, Locatelli A, Signoret JP. Non pheromonal stimulation by the male on LH release in the anoestrous ewe. *Physiol Behav* 1986;36:921-924.

- Cohen-Tannoudji J, Signoret JP. Effect of short exposure to the ram on later reactivity of anoestrous ewes to the male effect. *Anim Reprod Sci* 1987;13: 263-268.
- Cushwa WT, Bradford GE, Stabenfeldt GH, Berger YM, Dally MR. Ram influence on ovarian and sexual activity in anestrus ewes: effects of isolation of ewes from rams before joining and date of ram introduction. *J Anim Sci* 1992;70: 1195-1200.
- Delgadillo JA, Canedo GA, Chemineau P, Guillaume D, Malpaux B. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male goats in subtropical Northern Mexico. *Theriogenology* 1999;52:727-737.
- Delgadillo JA, Carrillo E, Morán J, Duarte G, Chemineau P, Malpaux B. Induction of sexual activity of male Creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *J Anim Sci* 2001;79:2245-2252.
- Delgadillo JA, Cortez ME, Duarte G, Chemineau P, Malpaux B. Evidence that photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reprod Nutr Dev* 2004;44:183-193.
- Delgadillo JA, Fitz-González G, Duarte G, Véliz FG, Carrillo E, Flores JA, Vielma J, Hernandez H, Malpaux B. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:471-478.
- Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Hernández HF, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Chemineau P, Malpaux B. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci* 2002;80:2780-2786.



- Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FJ, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Malpaux B. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet Méx* 2003;34(1): 69-79.
- Delgadillo JA, Flores JA, Villarreal O, Flores MJ, Hoyos G, Chemineau P, Malpaux B. Length of postpartum anestrus in goats in subtropical Mexico: effect of season of parturition and duration of nursing. *Theriogenology* 1998;49:1209-1218.
- Delgadillo JA, Leboeuf B, Chemineau P. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology* 1991;36:755-770.
- Devendra C, McLeroy GB. Producción de cabras y ovejas en los trópicos. 1986. Editorial El Manual Moderno, México, DF. 295 p.
- Dewulf M, Lahloue-Kassi A. Seasonal sexual activity and post-partum anoestrus in two Moroccan breeds of sheep: Beni-Guil and Sardi. *Anim Reprod Sci* 1986; 10:99-104.
- Duarte G, Flores JA, Vielma J, Véliz FG, Malpaux B, Delgadillo JA. Stimulation of testosterone secretion during the non-breeding season in subtropical male goats maintained in extensive management and treated with artificial long days. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:42.
- Duarte G. Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas de la Comarca Lagunera (tesis de doctorado). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2000.

- Elwishy AB, Elsayaf SA, Elmikkawi F, Omar AA. Monthly and seasonal variations in sexual activity of male Damascus goats. *Indian J Anim Sci* 1971;41:562–569.
- Flores JA, Véliz FG, Perez-Villanueva JA, Martinez De La Escalera G, Chemineau P, Poindron P, Malpoux, 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.
- Fulkerson WJ, Adams NR, Gherardi PB. Ability of castrate male sheep treated with oestrogen or testosterone to induce and detect oestrus in ewes. *Appl Anim Ethol* 1981;7:57–66.
- Gaspar-García TA. Estimulación de la actividad sexual durante la estación de reposo reproductivo en machos cabríos Criollos manejados en sistema extensivo y tratados con días largos (tesis de licenciatura).. Torreón, Coahuila, México: UAAAN-UL. 2005
- Gastel T, Bielli A, Perez R, Lopez A, Castrillejo A, Tagle R, Franco J, Laborde D, Forsberg M, Rodriguez-Martinez H. Seasonal variations in testicular morphology in Uruguayan Corriedale rams. *Anim Reprod Sci* 1995;40:59-75.
- Gelez H, Fabre-Nys C. The “male effect” in sheep and goats: a review of the respective roles of the two olfactory systems. *Horm Behav* 2004;46:257-271.
- Goldman B, Gwinner E, Karsh FJ, Saunders D, Zucker I, Ball GF. Circannual rhythms and photoperiodism. In: *Chronobiology..Biological time keeping* (Dunlap JC, Loros JJ, I de Coursey, eds). 2004. 1<sup>st</sup> ed., pp107-142 Sinaver Associates, Inc., 23 Plumtree Road Sunderland.



- Greyling JPC, Grobbelaar JAN. Seasonal variation in semen quality of Boer and Angora goat rams using different collection techniques. *S Afr J Anim Sci* 1983;13:250-253.
- Hernández X, Bodin L, Chesneau D, Guillaume D, Chemineau P, Malpoux B. Relationship between MT1 melatonin receptor gene polymorphism and seasonal physiological responses in Ile-de-France ewes. *Reprod Nutr Dev* 2005;45:151-162.
- Hinde RA, Steele E. The influence of day length and male vocalizations on the estrogen-dependent behavior of female canaries and budgerigars, with discussion of data from other species. In: *Advances in the Study of Animal Behavior* (Rosenblatt JS, Hinde RA, Beer C, Bunsel M, eds). 1978:pp.,39-73.: Academic Press. New York,
- Hötzel MJ, Walkden-Brown SW, Blackberry MA, Martin GB. The effect of nutrition on testicular growth in mature Merino rams involves mechanisms that are independent of changes in GnRH pulse frequency. *J Endocrinol* 1995;147(1):75-85
- Hötzel MJ, Walkden-Brown SW, Fisher JS, Martin GB. Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: responses to a nutritional stimulus in the breeding and non-breeding seasons. *Reprod Fertil Dev* 2003;15:1-9.
- Iwata E, Wakabayashi Y, Kakuma Y, Kikusui T, Takeuchi Y, Mori Y. Testosterone-dependent primer pheromone production in the sebaceous gland of male goat. *Biol Reprod* 2000;62:806-810.



- Knight TW, Lynch PR. Source of ram pheromones that stimulate ovulation in the ewe. *Anim Reprod Sci* 1980; 3: 133-136.
- Lincoln GA, Short RV. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent Prog Horm Res* 1980;36:1-52.
- Malpoux B. The neuroendocrine control of seasonal rhythms. In: *Neuroendocrinology in physiology and medicine*. P. Michael Conn and M.E. Freeman (Editors). 2000. Humana Press Inc., 999 Riverview Drive, suite 208, Totowa, New Jersey 07512.
- Martin GB, Hötzel MJ, Blache D, Walkden-Brown SW, Blackberry MA, Boukhliq R, Fisher JS, Miller DW. Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: modification of responses to photoperiod by an annual cycle in food supply. *Reprod Fertil Dev* 2002;14: 165-175.
- Martin GB, Milton JTB, Davidson RH, Banchero-Hunzicker GE, Lindsay DR, Blache D. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Anim Reprod Sci* 2004;16(4):231-246.
- Martin GB, Oldham CM, Cognie Y, Pearce DT. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livest Prod Sci* 1986;15:219-247.
- Martin GB, Walkden-Brown SW. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *J Reprod Fertil Suppl* 1995;49:437-449.

- Martínez-Rojero RD, Zarco QLA, Rubio GI, Cruz LC, Valencia MJ. Efecto de los implantes subcutáneos de melatonina y la suplementación alimentaria, sobre la inducción de la actividad ovárica en ovejas Pelibuey durante la época de anestro. *Vet Méx* 2001;32(4):237-247.
- McComb K. Roaring by red deer stags advances the date of oestrus in hinds, *Nature* 1987;330:648-649.
- Oldham CM, Adams NR, Gherardi PB, Lindsay DR, Mackintosh JB. The influence of level of feed intake on sperm-producing capacity of testicular tissue in the ram. *Aust J Agric Res* 1978;29:173-179.
- Oldham CM, Lindsay DR, Martin GB. Effect of seasonal variation of live weight on the breeding activity of Merino ewes. In: Oldham CM, Martin GB, Purvis IW editors. *Reproductive Physiology of Merino Sheep*. 1<sup>st</sup> ed. The University of Western Australia. 1990:41-58.
- Over R, Cohen-Tannoudji J, Dehnhard M, Claus R, Signoret JP. Effect of pheromones from male goats on LH-secretion in anoestrus ewes. *Physiol Behav* 1990;48:665-668.
- Pearce GP, Oldham DM. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J Reprod Fertil* 1988; 84: 333-339.
- Pellicer-Rubio MT, Leboeuf B, Bernelas D, Forgerit Y, Pougard JL, Bonné JL, Senty E, Chemineau P. Highly synchronous and fertile reproductive activity induced by the male effect during deep anoestrus in lactating goats subjected to treatment with artificially long days followed by a natural photoperiod. *Anim Reprod Sci* 2006; (In press).

- Pérez-Clariget R, Forsberg M, Rodríguez-Martínez H. Seasonal variation in live weight, testes size, testosterone, LH secretion, melatonin and thyroxine in Merino and Corriedale rams in a subtropical climate. *Acta Vet Scand* 1998;39:35-47.
- Perkins A, Fitzgerald JA. The behavioural component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J Anim Sci* 1994;72:51-55.
- Peters AR, Lamming GE. Lactational anoestrus in farm animals. *Oxf Rev Reprod Biol* 1990; 12: 244-285.
- Pittroff W. Perspectives for goat production. *Memorias de la XIX Reunión Nacional Sobre Caprinocultura, 2004 octubre 13-15; Acapulco, (Guerrero) México. México (DF):, Asociación Mexicana de Producción Caprina, A.C.,2004: 28-43.*
- Poindron P, Cognie Y, Gayerie F, Orgeur P, Oldham CM, Ravault JP. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol Behav* 1980; 25: 227-237.
- Restall BJ, Restall H, Walkden-Brown SW. The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrus females. *Anim Reprod Sci* 1995; (40): 299-303.
- Restall BJ. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim Reprod Sci* 1992;27:305-18.
- Ritar AJ. Seasonal changes in LH, androgens and testes in the male Angora goat. *Theriogenology* 1991;36:959-972.



- Rivera GM, Alanis GA, Chaves MA, Ferrero SB, Morello HH. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Rumin Res* 2003; 48: 109–117.
- Romero-Paredes RJ. Programa de investigación e innovación tecnológica de la cadena alimentaria de carne y leche de caprinos. INIFAP. Memorias de la XIX Reunión Nacional Sobre Caprinocultura, 2004 octubre 13-15; Acapulco, (Guerrero) México. México (DF): Asociación Mexicana de Producción Caprina, A.C., 2004: P 78-89.
- Rosa HJD, Bryant MJ. Seasonality of reproduction in sheep. *Small Rumin Res* 2003;48:155-171.
- Rowell JE, Sousa MC, Shipka MP. The male effect, mounting behavior, and the onset of estrus in farmed muskoxen. *J Anim Sci* 2003;81:2669-2674.
- Saénez-Escárcega P, Hoyos LG, Salinas H, Martínez M, Espinoza JJ, Guerrero A, Contreras G. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En: INIFAP-CIID (Ed.), 1991. Reunión de evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. México: Memorias de la 1ª reunión Informativa, Matamoros, Coahuila, pp 24-34.
- Santa Maria A, Cox J, Muñoz E, Rodríguez R, Caldera L. Estudio del ciclo sexual, estacionalidad reproductiva y control del estro en la cabra Criolla en Chile. In Proc of Final Research Co-ordination Meeting. FAO, Bogotá, Colombia, 1990; 363–385.
- Shackleton DM. A review of the social behavior of feral and wild sheep and goats. *J Anim Sci* 1984;58:(2):500-509.

- Shelton M. Goats: influence of various exteroceptive factors on initiation of oestrus and ovulation. *Int Goat Sheep Res* 1980;1:156-162.
- Signoret JP, Fulkerson WJ, Lindsay DR. Effectiveness of testosterone treated wethers and ewes as teasers. *Appl Anim Ethol* 1982;9:37-45.
- Signoret JP. Rôle des différentes informations sensorielles dans l'attraction de la femelle en oestrus par le mâle chez les Porcins. *Ann Biol Anim Bioch Biophys* 1974;14:747-755.
- Signoret JP. The influence of the ram effect on the breeding activity of ewes and its underlying underlying physiology. In: Oldham CM, Martin GB, Purvis IW (Eds), *Reproductive physiology of merino sheep*, University of Western Australia ed, 1990, p 59-70.
- Underwood EJ, Shier FL, Davenport N. Studies in sheep husbandry in Western Australia. V. The breeding season of Merino crossbred and British breed ewes in the agricultural districts. *J Dep Agric West Aust* 1944; (11): 135-143.
- Ungerfeld R, Forsberg M, Rubianes E. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:479-490.
- Véliz FG, Moreno S, Duarte G, Vielma J, Chemineau P, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Anim Reprod Sci* 2002;72:197-207.
- Véliz FG, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrous goats. *Anim Reprod Sci* 2006;92:300-309.

- Walkden-Brown SW, Bocquier F. Nutritional regulation of reproduction in goats. In Gruner L, Chebert Y, (Editors). Proc 7th Int Conf Goats. 2000. Tours France; 1:389-395.
- Walkden-Brown SW, Martin GB, Restall BJ. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. J Reprod Fertil Suppl 1999;52:243-257.
- Walkden-Brown SW, Martin GB. Seasonal breeding in sheep and goats: making sense of the diversity of reproductive strategies. Proc Aust Soc Reprod Biol 1997;28:4.
- Walkden-Brown SW, Restall B, Henniawati. The male effect in the Australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. J Reprod Fertil 1993;32:69-84.
- Walkden-Brown SW, Restall BJ, Norton BW, Scaramuzzi RJ, 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 Fertil 1994;102:351-360.
- Yenikoye A. Variations annuelles du comportement d'oestrus, du taux et des possibilités d'ovulation chez la brebis Peulh du Niger. Reprod Nutr Dev 1984;24:11-19.
- Zarco L, Rodríguez EF, Angulo MRB, Valencia J. Female to female stimulation of ovarian activity in the ewe. Anim Reprod Sci 1995;39:251-258.