

LOS MACHOS CABRÍOS SEXUALMENTE ACTIVOS INDUCEN LA
ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS ANOVULATORIAS CON
DIFERENTE PROPORCIÓN MACHO-HEMBRAS Y EN
DIFERENTES MESES DEL ANESTRO ESTACIONAL

EVARISTO CARRILLO CASTELLANOS

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 Alfredo Flores Cabrera

Torreón, Coahuila, México

Junio 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO Unidad Laguna

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**LOS MACHOS CABRÍOS SEXUALMENTE ACTIVOS INDUCEN LA
ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS ANOVULATORIAS CON
DIFERENTE PROPORCIÓN MACHO-HEMBRAS Y EN DIFERENTES MESES
DEL ANESTRO ESTACIONAL**

TESIS

POR

EVARISTO CARRILLO CASTELLANOS

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

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:

Dr. José Alfredo Flores Cabrera

Asesor:

Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Asesor:

Dr. Pascal Poindron

Asesor:

Dr. Gerardo Duarte Moreno

Asesor:

Dr. Miguel Mellado Bosque

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

M.C. Gerardo Arellano Rodríguez
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coah., México

Junio 2006

DEDICATORIAS

A DIOS NUESTRO SEÑOR

A MIS PADRES

SR. JESÚS CARRILLO SOLÍS

SRA. ESPERANZA CASTELLANOS AYALA

Por el gran cariño que siempre me brindaron y por haberme guiado por el camino de la verdad.

A MI ESPOSA E HIJOS

MA. DEL SOCORRO MORENO NAVA

DALIA IVETTE

EVARISTO

JESÚS MANUEL

Especialmente para ellos por su infinita paciencia y apoyo incondicional que me ofrecieron en todo momento y por su comprensión del tiempo que me permití tomar del que merecía estar con ellos.

A MIS HERMANOS

JESÚS T., TERESA DE J., CARLOS, JUAN FCO., COSME E.,

MA. GUADALUPE, HERMILO, D. LUZ Y M. DE JESÚS

Por su comprensión y apoyo que siempre me demostraron en las reuniones familiares y en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por su hospitalidad, asimismo a sus maestros por haberme compartido sus conocimientos.

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica, por facilitarme la licencia de estudios.

Al Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica, por los apoyos económicos para hacer posible este programa doctoral.

Al Instituto Tecnológico de Torreón, por las facilidades administrativas otorgadas durante el proceso doctoral.

Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera, por su apoyo como asesor principal durante el transcurso de este proceso.

Especialmente al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, por su apoyo científico y sus valiosos comentarios, que durante el doctorado siempre los obtuve.

Al Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras, por su amistad y apoyo incondicional que en todo momento de mi formación siempre estuvo presente.

A los doctores que forman parte de mi comité: Dr. Pascal Poindron, Dr. Miguel Mellado Bosque y Dr. Gerardo Duarte Moreno por sus comentarios tan acertados durante los procesos de evaluación.

Al Dr. Benoît Malpoux por sus consejos científicos y su hospitalidad durante mi estancia en el I.N.R.A. de Tours, Francia.

Al Dr. Bernard Leboeuf por su asesoría que me brindó durante mi estancia en la estación experimental de inseminación artificial de Rouillé, Francia.

Al Dr. Horacio Hernández Hernández por su asesoría en los análisis estadísticos.

Al M.C. Juan Jaime Guerrero Martínez, por su apoyo en los trámites administrativos antes las instancias correspondientes.

A mi compañero de estudios M.C. Jesús Vielma Sifuentes, por su amistad, apoyo y compañerismo que siempre frecuentamos durante todo el doctorado.

A mis compañeros los Maestros en Ciencias: Raymundo Rivas M., Leonardo Ivan Vélez M., Gonzalo Fitz R., Ulises Castrejón, Juan Ramón Luna y Ma. de los Ángeles de Santiago.

Al M.C. Jaime Lozano y a los Ingenieros: Raymundo Montes Carrillo, Jaime Quiñones A., Emilio Roacho S. por su apoyo moral y amistad que siempre me han ofrecido.

A los miembros del CIRCA por su apoyo técnico, a la Lic. Dolores López y Sra. Esther Peña, por su apoyo secretarial brindado en mi estancia en esta Universidad.

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores y M.C. Gerardo Arellano Rodríguez, por su apoyo en los trámites administrativos en la Universidad.

A los caprinocultores: Alejandro Sandoval, Jaime Mora y Javier Cervantes por facilitar sus cabras con las cuales realicé las investigaciones de esta tesis.

COMPENDIO

Los machos cabríos sexualmente activos inducen la actividad sexual de las cabras anovulatorias con diferente proporción macho-hembras y en diferentes meses del anestro estacional

Por

Evaristo Carrillo Castellanos

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO Unidad Laguna.

Torreón, Coahuila, México. Junio, 2006.

Se realizaron 2 estudios para determinar si los machos cabríos sexualmente activos tienen la capacidad de inducir la actividad sexual de las cabras en anestro con diferente proporción macho-hembras y en diferentes meses del anestro estacional.

El primer estudio se realizó de noviembre 2002 a mayo 2003, para determinar la influencia de la proporción macho-hembras (1:10 a 1:20 y 1:39), utilizando machos sexualmente activos, para inducir la actividad estral de las cabras en anestro. Para ello se utilizaron 7 machos cabríos locales inducidos previamente a la actividad sexual mediante días largos continuos (16 h luz/día). Asimismo se utilizaron 117 cabras anovulatorias las cuales fueron divididas en tres grupos homogéneos (n = 39). Un primer grupo fue puesto en contacto con 4 machos

(proporción 1:10; G10), un segundo grupo con 2 machos (proporción 1:20; G20), y un tercer grupo con un macho (proporción 1:39; G39). La actividad estral se registró 2 veces por día (08:00 h y 17:00 h) a través del estudio. Durante los primeros 5 días después de la introducción de los machos, la conducta sexual de éstos (automarcaje con orina, flehmen, olfateos anogenitales, aproximaciones, intento de montas y montas completas) fue registrada durante 2 h diarias (de 08:00 h a 10:00 h). El porcentaje de hembras que presentaron actividad estral durante el estudio no fue diferente ($P > 0.05$) en los tres grupos ($>90\%$). Sin embargo, el intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del estro fue menor en el G10 (57.9 ± 4.8 h; $P < 0.05$) que en el G20 (72.9 ± 4.1 h) y G39 (78.6 ± 7.6 h). El comportamiento sexual de los machos fue similar en los tres grupos, independientemente de la proporción en que fueron utilizados. Estos resultados indican que al incrementar la proporción macho-hembras no afecta el porcentaje de cabras anovulatorias inducidas a la actividad sexual, únicamente provoca un retraso en la respuesta al efecto macho.

El segundo estudio se realizó de noviembre 2003 a julio 2004, para evaluar la capacidad de los machos sexualmente activos para inducir la actividad sexual en las cabras anovulatorias en diferentes meses del anestro estacional (abril, mayo y junio). En cada mes, un grupo de cabras en anestro fue expuesto a machos previamente inducidos a una intensa actividad sexual mediante días largos continuos (16 h luz/día; machos tratados), mientras que otro grupo de cabras fue expuesto a machos que sólo percibieron las variaciones naturales

del fotoperiodo de esta región (13:41 h solsticio de verano; 10:19 h solsticio de invierno, machos testigo). La actividad estral fue determinada 2 veces por día (08:00 h y 17:00 h) a través del estudio. Durante los primeros 5 días después de la introducción de los machos, la conducta sexual de éstos (automarcaje con orina, flehmen, olfateos anogenitales, aproximaciones, intento de montas y montas completas) fue registrada 2 h diarias (de 08:00 h a 10:00 h). Cuando se utilizaron machos tratados, la mayoría de las cabras respondieron a la bioestimulación de éstos en los diferentes meses de estudio, mostrando al menos un comportamiento estral en abril (18/19), mayo (20/20) y junio (18/19); $P > 0.05$). En contraste, cuando se utilizaron machos testigo, ninguna cabra respondió en abril ($P < 0.01$, con respecto a las hembras que fueron expuestas a machos tratados). En cambio, en mayo (19/20) y junio (18/19) hembras expuestas a machos control mostraron actividad estral. En mayo, el intervalo entre la introducción de los machos y el primer estro fue mayor en las hembras expuestas a machos testigo (8.7 ± 0.8 días) que en las hembras expuestas a machos tratados (3.9 ± 0.5 días; $P < 0.001$). En cambio, en junio no hubo diferencias entre las hembras expuestas a machos tratados (4.1 ± 0.6 días) y hembras expuestas a machos testigos (4.4 ± 0.7 ; $P > 0.05$). En abril, la frecuencia de todas las conductas sexuales de los machos tratados fue más intensa que en los machos testigo ($P < 0.01$). En mayo, sólo la frecuencia de flehmen, olfateos ano-genitales, aproximaciones, y automarcajes con orina fueron mayores en los machos tratados ($P < 0.05$). En junio, no hubo diferencias en el comportamiento sexual de los machos en ambos grupos ($P > 0.05$). Estos resultados indican que los machos sexualmente activos tienen la

capacidad de inducir la actividad estral de las cabras anovulatorias en diferentes meses del anestro estacional (abril, mayo y junio).

ABSTRACT

The sexually active bucks induce the sexual activity in anovulatory female goats with different male-females ratio and on different months of the seasonal anoestrus.

By

Evaristo Carrillo Castellanos

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO Unidad Laguna.

Torreón, Coahuila, México. June 2006

Two studies were carried out to evaluate if the sexually active bucks, are capable to induce the sexual activity in anovulatory goats with different male-females ratio and in different months of the anestrous season.

The first study was carried out from November 2002 to May 2003, to determine the ability of the sexually active bucks to induce estrus in anovulatory goats with increasing male-females ratio (1:10 to 1:20 and 1:39). Seven sexually local active bucks were used. One hundred and seventeen anovulatory goats were randomly allotted in three homogeneous groups (n = 39). The first group was exposed to four bucks (ratio 1:10; G10), the second group was exposed to two

bucks (ratio 1:20; G20), and the third group to a single buck (ratio 1:39; G39). The oestrus behaviour was measured 2 times per day (08:00 h and 17:00 h) throughout of the study. During the first 5 days following the introduction of the bucks, the sexual behaviour of the bucks (self marking with urine, flehmen, ano-genital sniffing, nudging, mounting attempts, and mounts) was determined for 2 h (from 08:00 h to 10:00 h). The percentage of does that exhibited estrous during the study did not differ ($P > 0.05$) between groups ($> 90\%$). However, the interval between the bucks introduction and the onset of estrus was shorter in the G10 (57.9 ± 4.8 h; $P < 0.05$) than in G20 (72.9 ± 4.1 h) and G39 (78.6 ± 7.6 h). The sexual behavior of bucks was similar among groups, independently of the male-females ratio used. These results indicate that greater male-females ratio does not diminish the ability of sexually active bucks to induce sexual activity of anovulatory goats, however, the response of does to bucks is delayed.

The second study was carried out from November 2003 to July 2004, to evaluate the ability of sexually active bucks to induce the sexual activity in anovulatory goats during the anoestrus period (April, May and June). During each month, a group of anovulatory goats was exposed to treated bucks with continuous long days (16 h light/day; treated males), while another group of females goats was exposed to bucks under natural photoperiod (13 h 41 min of light in the summer solstice and 10 h 19 min in the winter solstice; control males). The oestrus behaviour was recorded 2 times per day (08:00 h and 17:00 h) throughout the study. During the first 5 days following the introduction of

bucks, the sexual behaviour of the bucks (self marking with urine, flehmen, ano-genital sniffing, nudging, mounting attempts, and mounts) was determined during 2 h (from 08:00 h to 10:00 h). When treated males were used, the majority of does responded to the buck exposure during the anoestrus period, showing at least one oestrus behaviour (April 18/19, May 20/20 and June 18/19; $P > 0.05$). In April there was not oestrus response when female were exposed to control bucks ($P < 0.01$, *versus* treated males). On the other hand, in May 19/20 and June 18/19 does exhibited oestrus in the groups exposed to control bucks. Nevertheless, in May the interval between the contact with bucks and first oestrus was greater in does exposed to control bucks (8.7 ± 0.8 days) than in does exposed to treated males (3.9 ± 0.5 days; $P < 0.001$). However, in June there were not differences between does exposed to treated males (4.1 ± 0.6 days) and does exposed to control males (4.4 ± 0.7 days $P > 0.05$). In April, the sexual behaviour of bucks was stronger in the treated males than in the control males ($P < 0.01$). In May, the frequency of flehmen, ano-genital sniffing, nudging, and self marking with urine were higher in treated males ($P < 0.05$), while in June there were not difference between groups. These results indicate that sexually active bucks are capable to induce oestrus activity of anovulatory goats during different months of the anoestrous season in this zone (April, May and June).

ÍNDICE

1.- Introducción	1
2.- Revisión de literatura	4
2.1 Efecto macho	4
2.2 Respuesta endocrina y conductual de cabras y ovejas expuestas al efecto macho	5
2.3 Sistemas sensoriales utilizados por la hembra en la percepción del macho	9
2.3.1 Sistemas olfatorio	9
2.3.1.1 Respuesta de las hembras al olor del macho	10
2.3.2 Sistema táctil	11
2.3.3 Sistema visual	12
2.3.4 Sistema auditivo	12
2.4 Factores que influyen en la respuesta sexual de las hembras sometidas al efecto macho	13
2.4.1 Proporción macho- hembras	14
2.4.2 Periodo en que se realiza el efecto macho	16
2.4.3 Intensidad de la conducta sexual de los machos	18
3.- Objetivo general	22
3.1 Objetivos específicos	22
4.- Hipótesis	23
5.- Artículo Científico I	24
El incremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad de los machos sexualmente activos para inducir la actividad estral de las cabras anovulatorias	25
Abstract	26
Resumen	27
Introducción	28
Materiales y métodos	30
Resultados	34
Discusión	38

Conclusión	41
Referencias	42
6.- Artículo Científico II	47
Sexually active male goats induce oestrus activity in anovulatory female goats during different months of the seasonal anoestrus	48
Abstract	49
Introduction	50
Material and methods	51
Results	56
Discussion	61
References	65
7.- Literatura citada general	70
Apéndice	79
Anexo 1. Carta de recepción de la revista Veterinaria México	80
Anexo 2. Carta de recepción de la revista Animal Science	81

1.- Introducción

La especie caprina tiene gran importancia social, ya que por sus características de rusticidad, adaptabilidad y aprovechamiento de esquilmos agrícolas, es capaz de producir leche, carne y piel en condiciones climáticas desfavorables como las observadas en las zonas semidesérticas, y así contribuye al bienestar de sectores de la población generalmente de zonas marginadas. En México aproximadamente el 40% del territorio nacional posee un clima semidesértico (Romero-Paredes, 1998). La población caprina a nivel nacional es aproximada a 9 millones distribuidas en diferentes zonas. La Comarca Lagunera es una de las más importantes regiones caprinocultoras en el país con una población de 431,589 cabras (SIAP-SAGARPA, 2006).

Las cabras locales de esta Comarca presentan una estacionalidad en su actividad reproductiva similar a la observada en otras razas caprinas de latitudes subtropicales (Restall, 1992; Rivera *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2004). El anestro estacional en las cabras locales y aisladas de los machos, se presenta de marzo a agosto, mientras que en machos cabríos el reposo sexual es de enero a mayo (Delgadillo *et al.*, 2004). La estacionalidad reproductiva es la mayor limitante en la producción caprina (Delgadillo *et al.*, 2002). Efectivamente, el periodo natural de fecundación en las cabras explotadas de manera extensiva en la Comarca Lagunera y en presencia del macho se efectúa entre junio y septiembre (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991) y los partos

ocurren de noviembre a febrero, ocasionando un incremento en la oferta de productos caprinos (leche y cabritos), y en consecuencia una disminución en los precios de estos productos. Esta situación afecta la economía de los caprinocultores (Hoyos *et al.*, 1991; Hoyos y Sáenz, 1993). Para evitar este fenómeno, es necesario manipular la actividad sexual de los caprinos, utilizando hormonas exógenas (Chemineau *et al.*, 1992; Leboeuf *et al.*, 1998) o bien, por medio de la bioestimulación como el efecto macho. Esta técnica es simple, económica y de fácil aplicación en los hatos caprinos (Delgadillo *et al.*, 2003), y consiste en inducir y sincronizar la actividad estral y ovárica de las hembras anovulatorias al ponerlas en contacto con un macho cabrío (Underwood *et al.*, 1944; Shelton, 1960; Mellado *et al.*, 1996; Véliz *et al.*, 2006). Sin embargo, la respuesta sexual de las hembras sometidas al efecto macho depende de varios factores (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Rosa y Bryant, 2002).

Uno de estos factores es la cantidad de hembras expuestas a un macho (proporción macho-hembras) la cual puede modificar la respuesta sexual de las hembras (Signoret *et al.*, 1982/83; Chemineau, 1987). En efecto, al utilizar una proporción de 1:10 a 1:20, la respuesta estral y ovárica es mayor al 80% (Walkden-Brown *et al.*, 1993b; Rodríguez-Iglesias *et al.*, 1997; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rosa *et al.*, 2006). En cambio, al incrementar la proporción macho-hembras de 1:20 a 1:100, la respuesta ovárica disminuye del 75% al 25%, respectivamente (Signoret *et al.*, 1982/83).

Otro factor que influye en la respuesta de las hembras es el momento del año en que se realiza el efecto macho (Chemineau, 1987; Restall, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1999). En razas estacionales, el efecto macho se realiza poco antes de la época natural de reproducción, o bien poco después del final de ésta (Martin y Scaramuzzi, 1983; Mellado *et al.*, 2000), debido a la alta respuesta estral y ovárica que se obtiene durante estos periodos (Cushwa *et al.*, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1993b). Contrario a esto, cuando el efecto macho se realiza a mediados del anestro estacional, la respuesta sexual es baja y en ocasiones nula (Restall, 1992; Flores *et al.*, 2000).

La intensidad del comportamiento sexual del macho es otro factor importante que modifica la respuesta de las hembras al efecto macho (Walkden-Brown *et al.*, 1999). Por ejemplo, el 95% de las ovejas expuestas a carneros sexualmente activos manifiestan actividad ovárica, mientras que sólo el 78% de ellas ovulan cuando son expuestas a carneros con un comportamiento sexual bajo (Perkins y Fitzgerald, 1994). Asimismo, el 80% de las cabras de la Comarca Lagunera expuestas a machos cabríos sexualmente activos manifiestan actividad estral, mientras que cuando son expuestas a machos con un comportamiento sexual bajo, la respuesta estral es menor al 10% (Flores *et al.*, 2000).

En este estudio se determinó la capacidad de los machos cabríos inducidos a una intensa actividad sexual, mediante un tratamiento fotoperiódico, para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias con diferente proporción macho-hembras, así como también en diferentes meses del anestro estacional.

2.- Revisión de literatura

2.1 Efecto macho

En ovinos y caprinos de zonas templadas y subtropicales se presenta una estacionalidad en su actividad reproductiva (Restall, 1992; Delgadillo *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2003; Rosa y Bryant, 2003). En estas cabras y ovejas estacionales, la actividad sexual se estimula y sincroniza mediante la introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro. A esta técnica se le conoce como “efecto macho” (ovejas: Underwood *et al.*, 1944; Rosa *et al.*, 2000; cabras: Mellado *et al.*, 1996; Delgadillo *et al.*, 2004). La inducción y sincronización de la actividad ovárica y estral se observa durante los primeros 10 días después del primer contacto de las hembras con el macho (Martin *et al.*, 1986; Chemineau, 1987). Los primeros estudios referentes al efecto macho en ovinos fueron reportados por Girard (1813). Posteriormente se realizaron otros estudios en el oeste de Australia en ovinos de la raza Merino, en los cuales se observó que cuando los carneros eran separados de las ovejas en anestro y luego reintroducidos, éstos inducían la actividad reproductiva de las ovejas y en consecuencia adelantaban el periodo natural de reproducción (Underwood *et al.*, 1944). En caprinos los primeros estudios sobre el efecto macho fueron realizados por Shelton (1960). Después de estos reportes y hasta hoy en día, el efecto macho se utiliza ampliamente tanto en ovinos (Signoret, 1980; Martin *et al.*, 1986; Ungerfeld *et al.*, 2004) como en caprinos (Chemineau *et al.*, 1992;

Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2006) para manipular su actividad reproductiva (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2003; Pellicer-Rubio *et al.*, 2006).

2.2 Respuesta endocrina y conductual de cabras y ovejas expuestas al efecto macho

El contacto de los machos con las hembras induce un rápido incremento en la frecuencia y amplitud de los pulsos de la Hormona Luteinizante (LH; Chemineau, 1986; Martin *et al.*, 1986; Vielma *et al.*, 2004). La secreción pulsátil de la LH antes del contacto con los machos cabríos es de 0.3 pulsos por cada 3 h y una amplitud de 0.5 ng/ml. Después del primer contacto con los machos cabríos se incrementan rápidamente a 2.2 pulsos por cada 3 h y una amplitud de 1.2 ng/ml (Chemineau, 1986). El incremento en los pulsos de la LH es precedido siempre por un incremento en la secreción pulsátil de la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas (GnRH; Hamada *et al.*, 1996). Este incremento de la GnRH estimula la secreción de las gonadotropinas a nivel de la adenohipófisis (LH y Hormona Folículo Estimulante; FSH), las cuales estimulan el crecimiento y desarrollo folicular, incrementando a su vez los niveles plasmáticos de estradiol (E₂). Estos altos niveles de E₂ inducen la actividad estral en la hembra y a su vez ejercen una retroacción positiva sobre la liberación de la LH provocando la aparición de un pico preovulatorio aproximadamente 15 h después del inicio del estro (Menchaca y Rubianes,

2004), el cual provoca la ovulación al final del estro (Poindron *et al.*, 1980; Signoret, 1990).

En ovejas y cabras la primera ovulación se observa entre los 2-4 días después del primer contacto con los machos (Oldham *et al.*, 1978; Chemineau, 1987). En las ovejas la primera ovulación se presenta sin estro, en cambio la gran mayoría de las cabras manifiestan actividad estral (70%). Después se presenta un ciclo ovulatorio corto en la mayoría de las ovejas y cabras, con una duración de 5 ó 6 días. Una segunda ovulación sin estro se presenta en las ovejas, mientras que en las cabras es acompañada invariablemente de estro, 7 a 12 días después de la introducción de los machos cabríos (Chemineau, 1983). En ovejas las ovulaciones posteriores son acompañadas normalmente de estro y ocurren entre los 18 y 25 días después de la introducción del carnero (Martin *et al.*, 1986; Thimonier *et al.*, 2000; Figura 1). En cabras no gestantes, la mayoría de los siguientes ciclos estrales son de duración normal (21 días) y las ovulaciones son acompañadas de estro (Chemineau, 1987; Figura 1). Sin embargo, la respuesta estral y ovárica de las cabras sometidas al efecto macho puede variar de una cabra a otra (Delgadillo *et al.*, 2003; Figura 2).

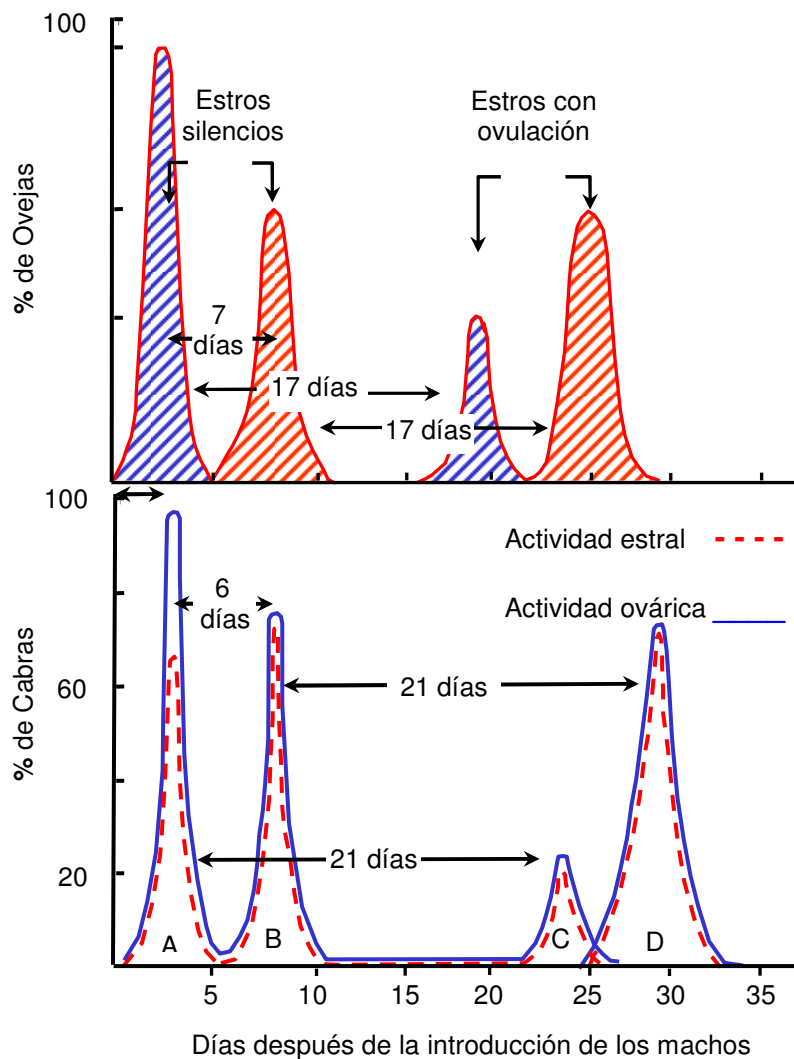


Figura 1.- Respuesta sexual de ovejas y cabras sometidas al efecto macho. Ovejas.- durante los primeros 2-4 días se presenta la primera ovulación sin estro. La mayoría de las ovejas presentan un ciclo corto, ocasionando una segunda ovulación sin estro, alrededor del día 7. Las siguientes ovulaciones son acompañadas con estro aproximadamente los días 18 y 25. Cabras.- más del 90% de las cabras ovulan alrededor del día 3 (pico A) esta primera ovulación es acompañada de estro en un 62%. La mayoría de las hembras presentan un ciclo corto, provocando una segunda ovulación con estro 5 días después de la primera ovulación (pico B). Si las hembras no han quedado gestantes, experimentan un ciclo normal después de la primera ovulación (pico C). Asimismo después de la segunda ovulación (pico D). Las ovulaciones de los picos B, C y D están asociadas con estro en más del 90% (Adaptado de: cabras, Chemineau, 1987 y ovinos, Thimonier *et al.*, 2000).

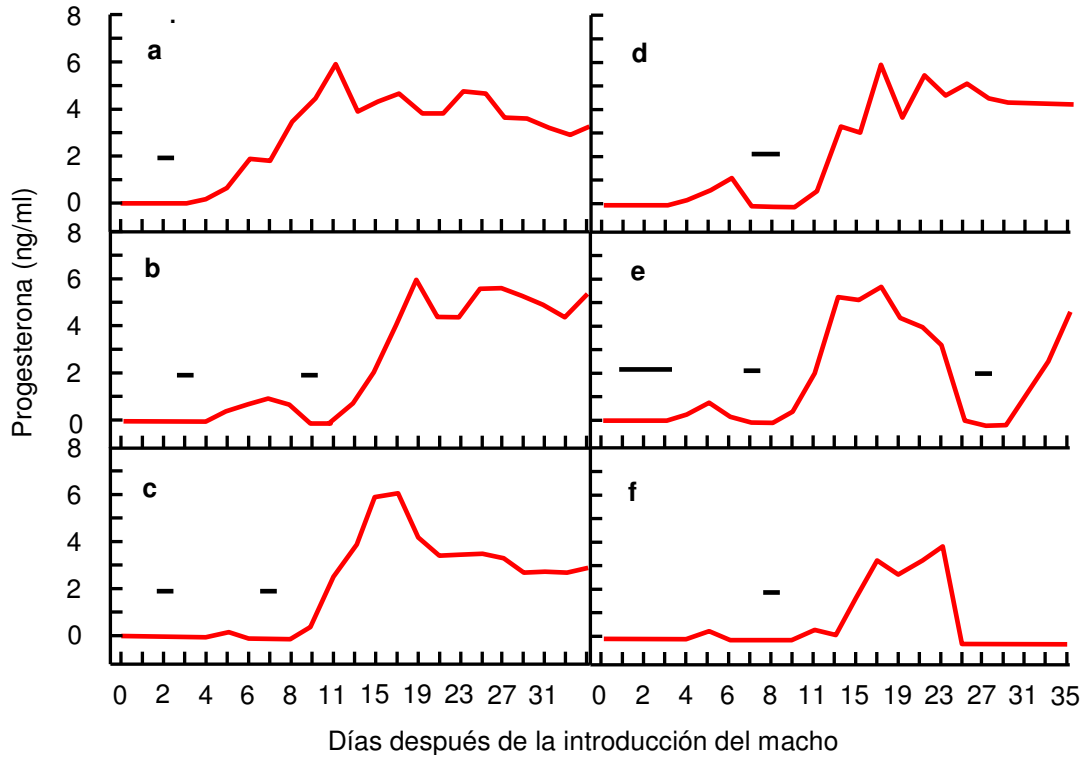


Figura 2.- Respuesta de las cabras de la Comarca Lagunera (26° N) al efecto macho: Comportamiento estral (líneas negras horizontales) y evolución de los niveles plasmáticos de progesterona después de la introducción de los machos cabríos: a) Estro asociado con una fase lútea de duración normal, b) un primer estro asociado con una fase lútea de corta duración, seguido por un celo y un ciclo ovulatorio de duración normal, c) celo sin ovulación, seguido por otro celo y fase lútea normal, d) ovulación sin celo seguido por estro y fase lútea normal, e) dos ciclos ovulatorios de duración normal, precedidos de un estro y una fase lútea de corta duración, f) anovulación seguida por un estro asociado con una fase lútea de duración normal (Adaptado de Delgadillo *et al.*, 2003).

2.3 Sistemas sensoriales utilizados por la hembra en la percepción del macho

El efecto macho es multisensorial, por lo que la percepción de las señales exteroceptivas por parte de la hembra involucra diferentes sistemas (olfatorio, táctil, visual y auditivo; cabras: Shelton, 1980; ovejas: Signoret, 1990).

2.3.1 Sistema olfatorio

En los mamíferos, las hembras perciben las señales químicas (feromonas; liberadas por los machos al medio ambiente) mediante dos sistemas olfatorios (Knight y Lynch, 1980; Signoret y Lindsay, 1982), los cuales se encuentran anatómicamente y funcionalmente separados. Estos dos sistemas tienen sus propios receptores y su propia acción en el sistema nervioso central: a) el sistema olfatorio principal recibe los estímulos sensoriales desde la mucosa olfatoria y se conecta con el resto del sistema nervioso central a través del bulbo olfatorio principal, el cual se proyecta hacia la amígdala cortical, que está conectada vía tálamo al hipocampo; b) el sistema olfatorio accesorio, está constituido por el órgano vomeronasal, en el cual los axones de las neuronas se proyectan al bulbo olfatorio accesorio que se proyectan a la amígdala medial que tiene conexiones directas a los núcleos hipotalámicos ventromediales y el área preóptica (Gelez y Fabre-Nys, 2004).

En ovejas y probablemente en cabras, el sistema olfatorio accesorio no juega un papel tan importante en la detección de las señales químicas. Al respecto, Cohen-Tannoudji *et al.* (1989) reportaron que las ovejas a las que se destruye el órgano vomeronasal, el número de éstas que incrementan la pulsatilidad de LH al ser expuestas a la lana del macho es igual a las hembras intactas. Contrario a esto en los roedores las señales químicas son detectadas por el sistema olfatorio accesorio (Keverne, 2004). Efectivamente en roedores machos y hembras, la destrucción del órgano vomeronasal bloquea la liberación de las gonadotropinas (Gelez y Fabre-Nys, 2004).

2.3.1.1 Respuesta de las hembras al olor del macho

En ovejas y cabras, la sola exposición al olor del macho induce la actividad ovárica (cabras: Shelton, 1980; ovejas: Signoret, 1990). En efecto, en ovejas expuestas a lana o extractos de lana en máscaras colocadas sobre el hocico de las hembras es suficiente para inducir la actividad ovárica (Signoret y Lindsay, 1982). Asimismo, en cabras el olor del macho es suficiente para estimular la secreción pulsátil de la LH. Al respecto, Claus *et al.* (1990) reportaron que al exponer las cabras anovulatorias al pelo del macho cabrío, la pulsatilidad de la LH se incrementa de 1.6 pulsos a 2.6 pulsos en 6 h. Sin embargo, el porcentaje de cabras que ovulan es menor a las que están en contacto directo con los machos cabríos. Walkden-Brown *et al.* (1993b) reportaron que el 40% de las cabras en anestro de la raza cashmere ovulan cuando son expuestas sólo al pelo del macho, mientras que el 95% lo hacen cuando se exponen directamente

al macho. Lo anterior demuestra que el olor del macho juega un papel importante en la respuesta de la hembra a la bioestimulación del macho. Sin embargo, tanto en ovejas como en cabras no se obtiene una respuesta tan alta como cuando se tiene contacto directo con los machos, considerando que el olfato no es el único sentido utilizado por las hembras para percibir la presencia de los machos (Shelton, 1980; Cohen-Tannoudji *et al.*, 1986).

2.3.2 Sistema táctil

El contacto físico del macho con las hembras influye sobre la respuesta sexual de éstas cuando se someten al efecto macho (Chemineau, 1987; Pearce y Oldham, 1988; Walkden-Brown *et al.*, 1993b). En las cabras separadas de los machos por un pasillo que evita el contacto físico, la respuesta ovulatoria es menor (15%) que cuando se tiene contacto directo con los machos (88%; Chemineau, 1989). Asimismo, Pearce y Oldham (1988) demostraron que en las ovejas expuestas a diferentes grados de contacto con los carneros la respuesta de éstas es diferente. Efectivamente, en las ovejas en contacto directo con los carneros, la respuesta ovulatoria es del 95%, mientras que, al impedir el contacto de las hembras a través de una cerca clara, sólo se estimulan el 70%. Contrario a esto, las hembras que no tienen ningún contacto con los carneros la respuesta es baja (7%). Asimismo, Shelton (1980) reportó que las cabras que se someten a un contacto directo con los machos cabríos la respuesta ovulatoria es del 69% mientras que, al exponerlas al olor más el sonido del macho, la respuesta es del 20%. Lo anterior demuestra que la respuesta sexual

en las cabras como en las ovejas es influenciada por el nivel de contacto con los machos, obteniendo la máxima respuesta ovárica o estral cuando ambos sexos tienen contacto físico completo (Shelton, 1960; Pearce y Oldham, 1988).

2.3.3 Sistema visual

En caprinos existe poca información al respecto. Sin embargo, se considera que el sistema visual influye en la respuesta de las hembras a la bioestimulación del macho, ya que en cabras que son expuestas a las vocalizaciones y el olor del macho, la respuesta ovulatoria es del 20%, mientras que las cabras que se exponen a las vocalizaciones, olor y vista la respuesta ovulatoria es de 41% (Shelton, 1980).

2.3.4 Sistema auditivo

El sistema auditivo en algunas especies es importante principalmente durante la época natural de reproducción. En el ciervo rojo, las vocalizaciones del macho tienen un efecto estimulador sobre la sincronización de la actividad reproductiva y el avance de la época natural de reproducción (McComb, 1987). En la especie caprina existe poca información referente al efecto de las vocalizaciones de los machos cabríos sobre la reproducción de las cabras. Sin embargo, recientemente se reportó que la aplicación *in vivo* de las vocalizaciones de los machos cabríos producidas durante el cortejo sexual, inducen la actividad estral (83%) y ovulatoria (33%) en las cabras Criollas de la

Comarca Lagunera, mientras que en las cabras que fueron aisladas, ninguna presentó actividad estral ni ovulatoria (Vielma *et al.*, 2005).

2.4 Factores que influyen en la respuesta sexual de las hembras sometidas al efecto macho

En ovinos y caprinos, la respuesta sexual de las hembras sometidas a la bioestimulación de los machos depende de factores como la proporción macho-hembras, la época del año en que se realiza el efecto macho, así como la intensidad de las conductas sexuales desplegadas por los machos (Signoret *et al.*, 1982/83; Chemineau, 1987; Perkins y Fitzgerald, 1994; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Figura 3).

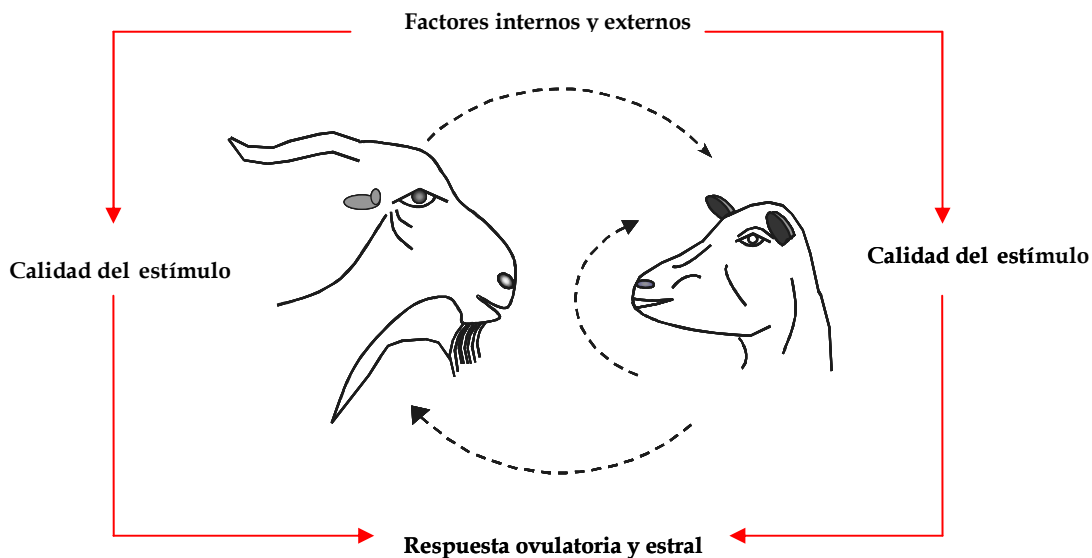


Figura 3.- Interacciones sociales que se presentan entre hembras y machos en las especies ovina y caprina. El efecto macho puede ser reforzado mediante el efecto hembra directo e indirecto. La respuesta sexual de las hembras anovulatorias a la introducción de un macho puede ser afectada por varios factores: internos y externos (madurez sexual, lactación, fotoperiodo, nutrición); calidad del estímulo (intensidad, duración, complejidad, y novedad); respuesta ovulatoria y estral (porcentaje que responden, sincronización, e intervalo; Adaptado de Walkden-Brown *et al.*, 1999).

2.4.1 Proporción macho-hembras

La cantidad de hembras expuestas a un macho (proporción macho-hembras) puede modificar la respuesta ovárica y estral de las hembras sometidas al efecto macho (Signoret *et al.*, 1982/83; Chemineau, 1987). Cuando el efecto macho se realiza en una proporción macho-hembras de 1:10 a 1:20, la respuesta es mayor al 80% (Shelton, 1980; Walkden-Brown *et al.*, 1993a; Tabla 1). Al respecto Rodríguez-Iglesias *et al.* (1997) reportaron que cuando utilizaron

una proporción de 1:6 y 1:12 la respuesta ovulatoria es mayor al 90%. Asimismo, en las cabras de la Comarca Lagunera el efecto macho se realiza en una proporción 1:10 utilizando machos cabríos previamente inducidos a una intensa actividad sexual mediante un tratamiento fotoperiódico (Delgadillo *et al.*, 2002). En estas condiciones, más del 80% de las hembras anovulatorias manifiestan actividad estral y ovárica (Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2006). Por el contrario, cuando la proporción macho-hembras se incrementa drásticamente, la respuesta sexual tiende a disminuir. Signoret *et al.* (1982/83) reportaron que el incremento en la proporción macho-hembras de 1:20 a 1:100 disminuye la respuesta ovulatoria de 71% a 25% respectivamente.

Tabla 1.- El efecto macho se realiza en diferentes proporciones macho-hembras, encontrando una alta respuesta cuando se efectúa con una proporción de 1:10 a 1:20.

Proporción	Especie	% Respuesta	Época	Autor
1:6	Ovejas	97 Ovulación	Anestro	Rodríguez-Iglesias <i>et al.</i> , 1997
1:10	Ovejas	95 Ovulación	Anestro	Perkins y Fitzgerald, 1994
1:10	Cabras	90 Ovulación	Anestro	Restall, 1992
1:20	Ovejas	92 Ovulación	Anestro	Cushwa <i>et al.</i> , 1992
1:20	Cabras	85 Ovulación	Anestro	Shelton, 1980
1:31	Ovejas	75 Estro	Anestro	Rosa <i>et al.</i> , 2003
1:100	Ovejas	25 Ovulación	Anestro	Signoret <i>et al.</i> , 1982/83

2.4.2 Período en que se realiza el efecto macho

La época del año en que se realiza el efecto macho es un factor importante en la respuesta estral y ovárica de las hembras (Restall, 1992; Figura 4).

En razas de ovinos y caprinos que muestran una estacionalidad reproductiva muy marcada, el efecto macho se realiza principalmente un mes antes del inicio de la época natural de reproducción o un mes después del final de esta época (Martin y Scaramuzzi, 1983; Cushwa *et al.*, 1992; Mellado *et al.*, 2000), debido a que la respuesta sexual de las hembras es elevada (Shelton, 1980; Rosa *et al.*, 2006). En ovejas Rambouillet y Hampshire expuestas al carnero poco antes del inicio de la época natural de reproducción, la respuesta sexual es elevada (> 80%; Nugent *et al.*, 1988; Cushwa *et al.*, 1992). Este mismo fenómeno ocurre en las cabras ya que cuando el efecto macho se realiza al final del anestro estacional, la respuesta sexual es mayor al 80% (Walkden-Brown *et al.*, 1993b).

Contrario a esto, cuando el efecto macho se realiza a mediados del anestro estacional, la respuesta sexual de las hembras anovulatorias es baja (32%; Ungerfeld *et al.*, 1999) y en algunos casos la respuesta estral y ovárica es ausente (0%; Restall, 1992; Flores *et al.*, 2000; Figura 4). Esta ausencia de respuesta puede estar asociada con la alta sensibilidad del eje hipotálamo hipofisario, a la retroacción negativa del estradiol el cual es el responsable de la baja secreción pulsátil de LH, provocando que su secreción sea insuficiente para la ciclicidad ovárica (Karsch, 1984). Sin embargo, otra posibilidad, que

podiera explicar la falta de respuesta es que el estímulo otorgado por los machos los cuales se encuentran en reposo sexual no sea suficiente para inducir la actividad sexual de las hembras (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo *et al.*, 1999).

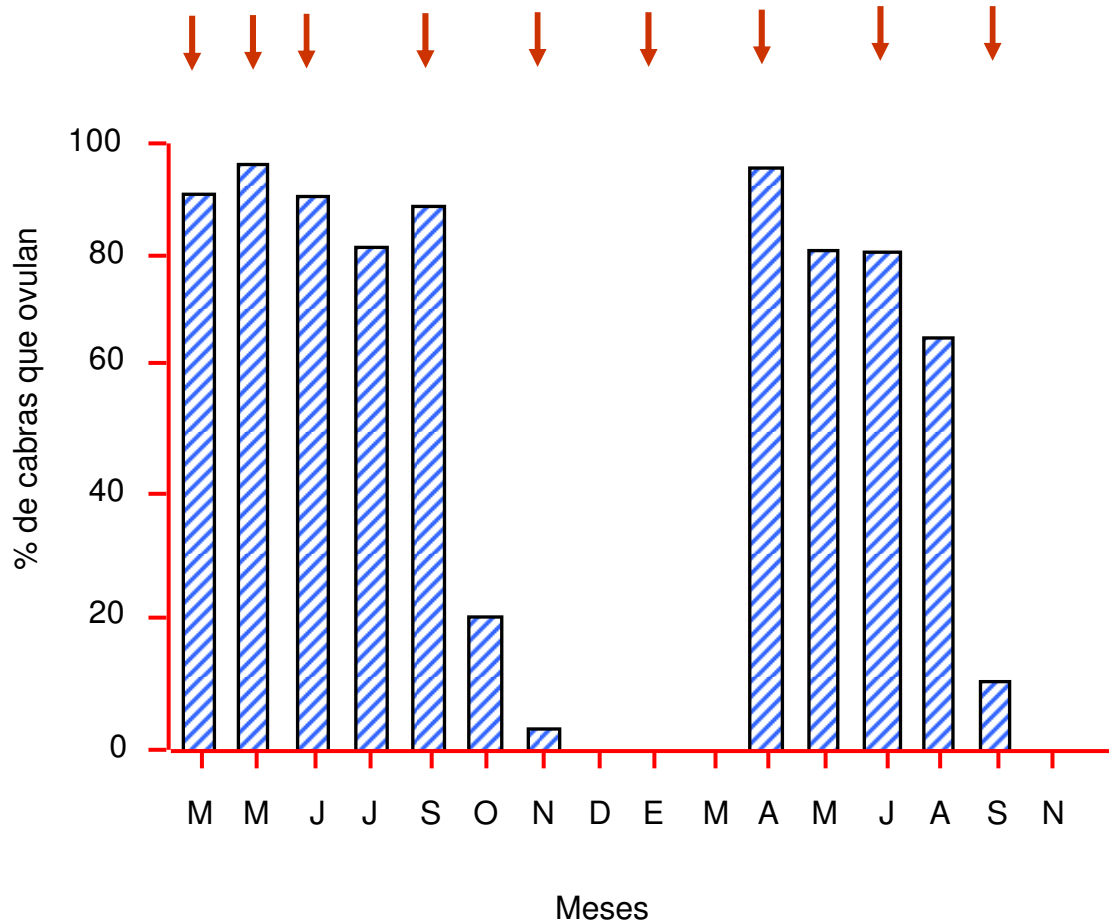


Figura 4.- Respuesta ovárica de las cabras Cashmere de Australia (29° S) a la introducción intermitente de los machos cabríos. La exposición de las hembras con los machos fue durante 2 semanas en los meses que indican las flechas (Adaptado de Restall, 1992).

2.4.3 Intensidad de la conducta sexual de los machos

La intensidad en el comportamiento sexual de los machos es un factor importante en la respuesta estral y ovárica de las hembras al ser sometidas al efecto macho (Shelton, 1980; Flores *et al.*, 2000; Rosa *et al.*, 2000; Rosa y Bryant, 2002). Así, el 95% de las ovejas que se exponen a machos con una intensa actividad sexual manifiestan actividad ovárica, mientras que sólo el 78% de ellas ovulan cuando se exponen a machos con un comportamiento sexual bajo (Perkins y Fitzgerald, 1994). De igual forma, Rosa *et al.* (2000) encontraron que cuando se induce la actividad sexual de los carneros mediante la aplicación de melatonina, la respuesta ovulatoria es mayor (56%) que cuando se utilizan machos no tratados, los cuales tenían baja libido (24%). En caprinos, la intensidad de la libido de los machos cabríos también afecta la respuesta sexual de las hembras al efecto macho. Walkden-Brown *et al.* (1993b) demostraron que los machos bien alimentados, los cuales mostraron una intensa libido, indujeron un mayor porcentaje de hembras a ovular (71%) que aquellos que fueron mal alimentados y que mostraron una libido baja (38%).

Lo anterior indica que el comportamiento sexual (aproximaciones, olfateos anogenitales, intentos de montas, montas, etc.) desplegado por los machos es un factor importante para inducir la actividad sexual de las hembras en anestro (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2004), por lo que es necesario estimular la libido y la calidad seminal de los machos durante el periodo de reposo sexual.

Los tratamientos fotoperiódicos inducen una intensa actividad sexual en los machos cabríos locales del subtrópico mexicano (26° N) durante el periodo de reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002).

Los machos cabríos locales del norte de México (Latitud 26° 23' N y Longitud 104° 47' O) inducidos a una intensa actividad sexual mediante la exposición de 2.5 meses de días largos (16 h luz/día) a partir del 1 de noviembre seguidos o no de 2 implantes de melatonina (18 mg c/u) inducen la actividad sexual a más del 80% de las cabras en anestro. Al contrario, los machos no tratados que sólo perciben las variaciones naturales del fotoperiodo de esta región (13 h 41 min de luz en el solsticio de verano y 10 h 19 min en el solsticio de invierno) solo inducen a menos del 10% de las cabras a la actividad estral y ovárica (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Figura 5).

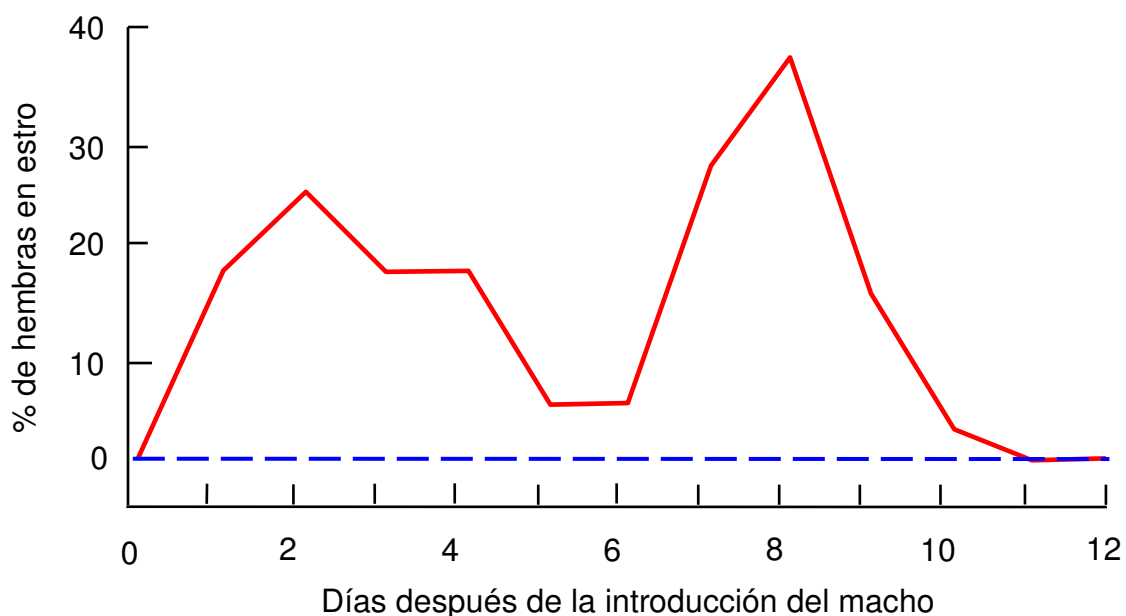


Figura 5.- Porcentaje de cabras anovulatorias que presentaron actividad estral después de la introducción de machos cabríos sexualmente activos tratados con 2.5 meses de días largos seguidos de 2 implantes de melatonina de 18 mg c/u (línea continua; n = 40). En cambio en las hembras expuestas a machos sexualmente inactivos ninguna hembra presentó celo, durante el mismo periodo (línea punteada; n = 34: P < 0.001; Adaptada de Flores *et al.*, 2000).

Lo anterior sugiere que la baja respuesta estral y ovárica de las cabras expuestas a machos cabríos no tratados (baja actividad sexual) no es por la insensibilidad de las cabras a la presencia de los machos en este periodo, si no más bien a un comportamiento sexual insuficiente por parte del macho para estimular la actividad sexual de las hembras (Figura 5). Por tal razón es

importante conocer si los machos sexualmente activos son capaces de inducir la actividad estral y ovárica de las cabras en anestro con diferente proporción macho hembras (> 1:10) y en diferentes meses del anestro estacional.

3.- Objetivo general

Determinar si los machos sexualmente activos inducen la actividad sexual de las cabras anovulatorias de la Comarca Lagunera con diferente proporción macho-hembras y en diferentes meses del anestro estacional.

3.1 Objetivos específicos

Determinar la capacidad de los machos sexualmente activos para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias sometidas al efecto macho en una proporción macho-hembras de 1:10, 1:20 y 1:39 (Artículo I).

Determinar la capacidad de los machos sexualmente activos para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias sometidas al efecto macho en diferentes meses del anestro estacional (abril, mayo y junio; Artículo II).

4- Hipótesis

Los machos cabríos sexualmente activos inducen la actividad sexual de las cabras anovulatorias utilizando diferente proporción macho-hembras (1:10, 1:20 y 1:39; Artículo I).

Los machos cabríos sexualmente activos inducen la actividad sexual de las cabras anovulatorias en diferentes meses del anestro estacional (abril, mayo y junio, Artículo II).

5.- ARTÍCULO CIENTÍFICO I

(Enviado a: Veterinaria México)

El incremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad de los machos sexualmente activos para inducir la actividad estral de las cabras anovulatorias

The increment in the male-females ratio does not diminish the capacity of the sexually active bucks to induce the estrus activity in the anovulatory female goats

Evaristo Carrillo*

Francisco Gerardo Véliz*

José Alfredo Flores*⁺

José Alberto Delgadillo*

* Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México

+ Responsable para correspondencia y envío de sobretiros: José Alfredo Flores Cabrera. Teléfono y Fax: 52 871 7331210. E-mail: flores_cabrera@yahoo.com.mx

Abstract

This study was performed in the subtropical Mexico (26° N) to determine the ability of the sexually active bucks to induce the estrus activity of the anovulatory female goats with increasing the male-females ratio from 1:10 to 1:20 and 1:39. Seven sexually active bucks were used. One hundred and seventeen anovulatory female goats were randomly divided into three homogeneous groups (n = 39). One of the groups was exposed to four bucks (ratio 1:10; G10), the second group was exposed to two bucks (ratio 1:20; G20), and the third group to one buck (ratio 1:39; G39). The percentage of does that showed estrous during the first 18 days did not differ ($P > 0.05$) between groups ($> 90\%$). However the percentage of does that exhibited estrous behavior during the first 5 days after the bucks introduction was higher in G10 (62%) than in G20 (33%) and G39 (33%; $P < 0.01$). Furthermore, the interval between the bucks introduction and the onset of the estrus was shorter in the G10 (57.9 ± 4.8 h) than in G20 (72.9 ± 4.1 h) and G39 (78.6 ± 7.6 h; $P < 0.05$). The sexual behavior of bucks was similar in the three groups independently of the buck-does ratio ($P > 0.05$). These results indicate that the increasing the male-females ratio does not diminish the capable of the sexually active bucks to induce estrus in anovulatory female goats, nevertheless the response of does with the lowest proportion of bucks is delayed.

Key words: GOATS, MALE EFFECT, SEXUAL BEHAVIOR, MALE-FEMALES RATIO, ESTRUS INDUCTION

Resumen

Este estudio se realizó en el subtrópico mexicano (26° N) para determinar la capacidad de los machos sexualmente activos para inducir la actividad estral de las cabras anovulatorias cuando se incrementa la proporción macho-hembras de 1:10 a 1:20 y 1:39. Se utilizaron 7 machos cabríos sexualmente activos. Además, se utilizaron 117 cabras anovulatorias las cuales fueron divididas en tres grupos homogéneos ($n = 39$). Un grupo fue puesto en contacto con 4 machos (proporción 1:10; G10), un segundo grupo con 2 machos (proporción 1:20; G20), y un tercer grupo con un macho (proporción 1:39; G39). El porcentaje de hembras que manifestaron actividad estral durante 18 días no fue diferente ($P > 0.05$) en los tres grupos ($> 90\%$), sin embargo, el porcentaje de hembras que manifestaron estro durante los primeros 5 días fue mayor en el G10 (61.5%; $P < 0.01$) que en el G20 (33.3%) y G39 (33.3%). Además, el intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del estro fue menor en el G10 (57.9 ± 4.8 h; $P < 0.05$) que en el G20 (72.9 ± 4.1 h) y G39 (78.6 ± 7.6 h). El comportamiento sexual de los machos fue similar en los tres grupos independientemente de la proporción en que fueron utilizados ($P > 0.05$). Estos resultados indican que el incremento de la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad de los machos sexualmente activos para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias. Sin embargo, se retarda la respuesta al efecto macho.

Palabras claves: CABRAS, EFECTO MACHO, CONDUCTA SEXUAL, PROPORCIÓN MACHO-HEMBRAS, INDUCCIÓN DEL ESTRO

Introducción

Algunas razas de ovinos y caprinos originarios o adaptados a latitudes subtropicales presentan estacionalidad en su actividad reproductiva (Restall, 1992; Delgadillo *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2003). En las cabras locales de las zonas áridas de México (26° N), el anestro estacional se presenta de marzo a agosto, mientras que en los machos de esta misma raza el periodo de reposo sexual se extiende de enero a mayo (Delgadillo *et al.*, 2004). En ovejas y cabras que presentan una estacionalidad reproductiva, la actividad sexual puede ser estimulada y sincronizada mediante el efecto macho (Underwood *et al.*, 1944; Shelton, 1960; Gelez y Fabre-Nys, 2004). La intensidad en el comportamiento sexual de los machos es un factor determinante en la respuesta sexual de las hembras sometidas al efecto macho (Shelton, 1980; Rosa *et al.*, 2000; Rosa y Bryant, 2002). Así, el 95% de las ovejas que son expuestas a machos con una intensa actividad sexual manifiestan actividad ovárica, mientras que sólo el 78% de ellas ovulan cuando son expuestas a machos con un comportamiento sexual bajo (Perkins y Fitzgerald, 1994). El mismo fenómeno es observado en las cabras locales anovulatorias del norte de México. Más del 80% de las cabras que son expuestas a machos cabríos sexualmente activos muestran al menos un celo, mientras que sólo alrededor del 10% de ellas manifiestan celo cuando son expuestas a machos en reposo sexual (Flores *et al.*, 2000a; Delgadillo *et al.*, 2003). La proporción macho-hembras es otro factor que puede modificar la respuesta sexual de las hembras al efecto macho (Signoret *et al.*, 1982/83; Chemineau, 1987). Cuando se incrementa la proporción macho-hembras de

1:10 a 1:20 ó 1:100, la respuesta sexual disminuye de 87% a 80% y 25%, respectivamente (Signoret *et al.*, 1982/83; Cushwa *et al.*, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1993). Generalmente la mayor respuesta se ha registrado cuando se realiza al final del anestro estacional (Restall, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1993), cuando los machos ya han iniciado probablemente su actividad sexual de manera natural. Contrario a esto, cuando se realiza el efecto macho a mediados del periodo de anestro con una proporción macho-hembras 1:10, la respuesta sexual es baja (8%; Nugent *et al.*, 1988) y en ocasiones es ausente (0%; Restall, 1992, Flores *et al.*, 2000a). En estos últimos estudios, no se describe el comportamiento sexual de los machos, los cuales probablemente se encontraban en el periodo de reposo sexual, por lo que asumimos que su actividad sexual se encontraba disminuida (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo *et al.*, 1999). En las cabras locales del subtrópico mexicano, el efecto macho generalmente se ha realizado en una proporción de 1:10 utilizando machos previamente inducidos a una intensa actividad sexual mediante un tratamiento fotoperiódico (Delgadillo *et al.*, 2002). En estas condiciones, más del 90% de las hembras anovulatorias manifiestan actividad estral y ovulatoria a mediados del anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2003; Véliz *et al.*, 2006). Considerando que el comportamiento sexual del macho es un factor importante para estimular la actividad sexual de las hembras, nosotros investigamos la capacidad del macho sexualmente activo para inducir la actividad estral de las cabras anovulatorias cuando se incrementa la proporción macho-hembras de 1:10 a 1:20 y 1:39.

Materiales y métodos

Localización y animales en estudio

El presente estudio se realizó en el subtrópico mexicano (Latitud 26° 23'N y Longitud 104° 47'O), de noviembre del 2002 a mayo del 2003. Se utilizaron caprinos locales de la Comarca Lagunera que tenían de 3 a 4 años de edad al inicio del estudio, cuyas características reproductivas fueron descritas por Delgadillo *et al.* (1999, 2003).

Inducción de la actividad sexual de los machos

Se utilizaron siete machos cabríos, los cuales fueron alojados en instalaciones abiertas y sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos continuos (16 h de luz/día) del 1 de noviembre al 20 de abril (Flores *et al.*, 2000b). Estos fueron puestos en un corral que media 5 X 5 m, el cual fue equipado con 6 lámparas fluorescentes que proporcionaron una intensidad luminosa entre 250 a 350 lux al nivel de los ojos de los machos. El mecanismo de encendido y apagado de las lámparas se realizó mediante un reloj automático y programable.* El encendido de las lámparas fue fijo y ocurrió diariamente a las 06:00 h y posteriormente se apagaban a las 09:00 h cuando había suficiente luz natural. Por la tarde, el encendido de las lámparas se realizó a las 17:00 h, para

*Interamic, Timerold, USA

apagarse a las 22:00 h. Este tratamiento fotoperiódico induce la actividad sexual en los machos cabríos de marzo a junio (Flores *et al.*, 2000b). Todos los machos fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 300 g de concentrado comercial (14% de proteína cruda, 2.5 Mcal/kg) por día y por animal. El agua y los minerales se proporcionaron también a libre acceso.

Selección de hembras

Se utilizaron 154 cabras, las cuales eran explotadas en un sistema extensivo antes del inicio del estudio. Los partos de estas hembras ocurrieron de noviembre a diciembre del 2002. Las hembras se ordeñaron manualmente una vez por día en la mañana durante todo el estudio. La ciclicidad fue determinada a través de los niveles plasmáticos de progesterona. Para ello, se obtuvo una muestra sanguínea de cada cabra los días 20 y 10 antes de la introducción de los machos. La determinación de los niveles plasmáticos de progesterona se realizó por radioinmunoanálisis por la técnica cualitativa descrita por Terqui y Thimonier (1974). Se consideró una hembra anovulatoria cuando en los dos muestreos sanguíneos los niveles de progesterona fueron < 1 ng/ml (Thimonier, 2000). Del total de hembras muestreadas, 117 fueron diagnosticadas anovulatorias (76%), las cuales fueron utilizadas en el presente estudio. La estabulación de las hembras se efectuó el 6 de abril (15 días antes de la introducción de los machos) en instalaciones abiertas, en una superficie de 2 m² por hembra. La alimentación de éstas consistió en heno de alfalfa a libre acceso, y 200 g de concentrado comercial (14% de proteína cruda, 2.5 Mcal/kg)

por día y por animal. El agua y los minerales se suministraron también a libre acceso.

El 15 de abril las cabras fueron divididas en 3 grupos homogéneos ($n = 39$) de acuerdo a su condición corporal y a su producción láctea. Cada grupo fue separado por más de 200 m para evitar cualquier interacción entre ellos (Walkden-Brown *et al.*, 1993).

Efecto macho

El 21 de abril a las 8:00 h, un grupo de hembras fue puesto en contacto con 4 machos (proporción 1:10; G10); el segundo grupo se expuso a 2 machos (proporción 1:20; G20); el tercer grupo fue expuesto a un macho (proporción 1:39; G39). En los tres grupos, los machos permanecieron con las hembras durante 18 días.

Variables evaluadas

Comportamiento sexual de los machos

Este comportamiento se determinó durante los primeros 5 días después de la introducción de los machos en los grupos de hembras. Las observaciones se realizaron por la mañana (de 08:00 h a 10:00 h) antes del suministro del alimento. Las conductas sexuales que se registraron fueron las siguientes: automarcajes con orina, flehmen, olfateos anogenitales, aproximaciones, intentos de monta y montas completas (Fabre-Nys, 2000; Véliz *et al.*, 2004).

Actividad estral

Esta actividad se registró dos veces por día (08:00 h y 17:00 h) desde el primer día de contacto con los machos hasta el final del estudio. Las hembras que permanecían inmóviles a la monta del macho se consideraron en estro (Chemineau *et al.*, 1992). Las hembras en estro fueron retiradas del corral durante el periodo de observación, con la finalidad de que el macho continuara detectando otras hembras en celo. Al final de la observación, las hembras fueron reincorporadas a su respectivo corral.

Análisis de datos

Para comparar el comportamiento sexual de los machos, se calculó la frecuencia total de cada conducta sexual en cada grupo, posteriormente se obtuvo el promedio y éste se comparó mediante la prueba exacta de probabilidades de Fisher. Las proporciones de hembras que manifestaron actividad estral y la proporción de los ciclos cortos se analizaron mediante una prueba de X^2 . El intervalo entre la introducción de los machos y el inicio de la actividad estral, así como la duración del estro se compararon mediante la prueba de t de Student. Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el paquete estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000).

Resultados

Actividad estral

El porcentaje de hembras que manifestaron actividad estral durante los 18 días de estudio no fue diferente ($P > 0.05$) entre los tres grupos (G10: 92%, G20: 95%, y G39: 90%; Figura 1). Sin embargo, el porcentaje de hembras que manifestaron actividad estral durante los primeros 5 días después de la introducción de los machos fue mayor en el G10 (61.5%) que en el G20 (33.3%) y G39 (33.3%; $P < 0.01$). En cambio, del día 6 al día 18 no hubo diferencias significativas en la respuesta estral ($P > 0.05$) entre los tres grupos (G10: 85%, G20: 92%, y G39: 85%). El intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del estro fue menor en el G10 (57.9 ± 4.8 h, $P < 0.05$) que en el G20 (72.9 ± 4.1 h) y G39 (78.6 ± 7.6 h). Ninguna diferencia se registró entre el G20 y el G39 ($P > 0.05$). La duración del estro fue menor ($P < 0.05$) en el G10 (23 ± 1.3 h) que en el G20 (30 ± 1.3 h) y G39 (30 ± 1.7 h). Ninguna diferencia existió entre los últimos dos grupos ($P > 0.05$). El porcentaje de ciclos estrales de corta duración no fue diferente entre los tres grupos (G10: 88%; G20: 92%; G39: 85%; $P > 0.05$). Asimismo, la duración de ciclos cortos fue similar entre los tres grupos (G10: 5.2 ± 0.1 ; G20: 5.2 ± 0.2 ; G39: 5.0 ± 0.1 días; $P > 0.05$).

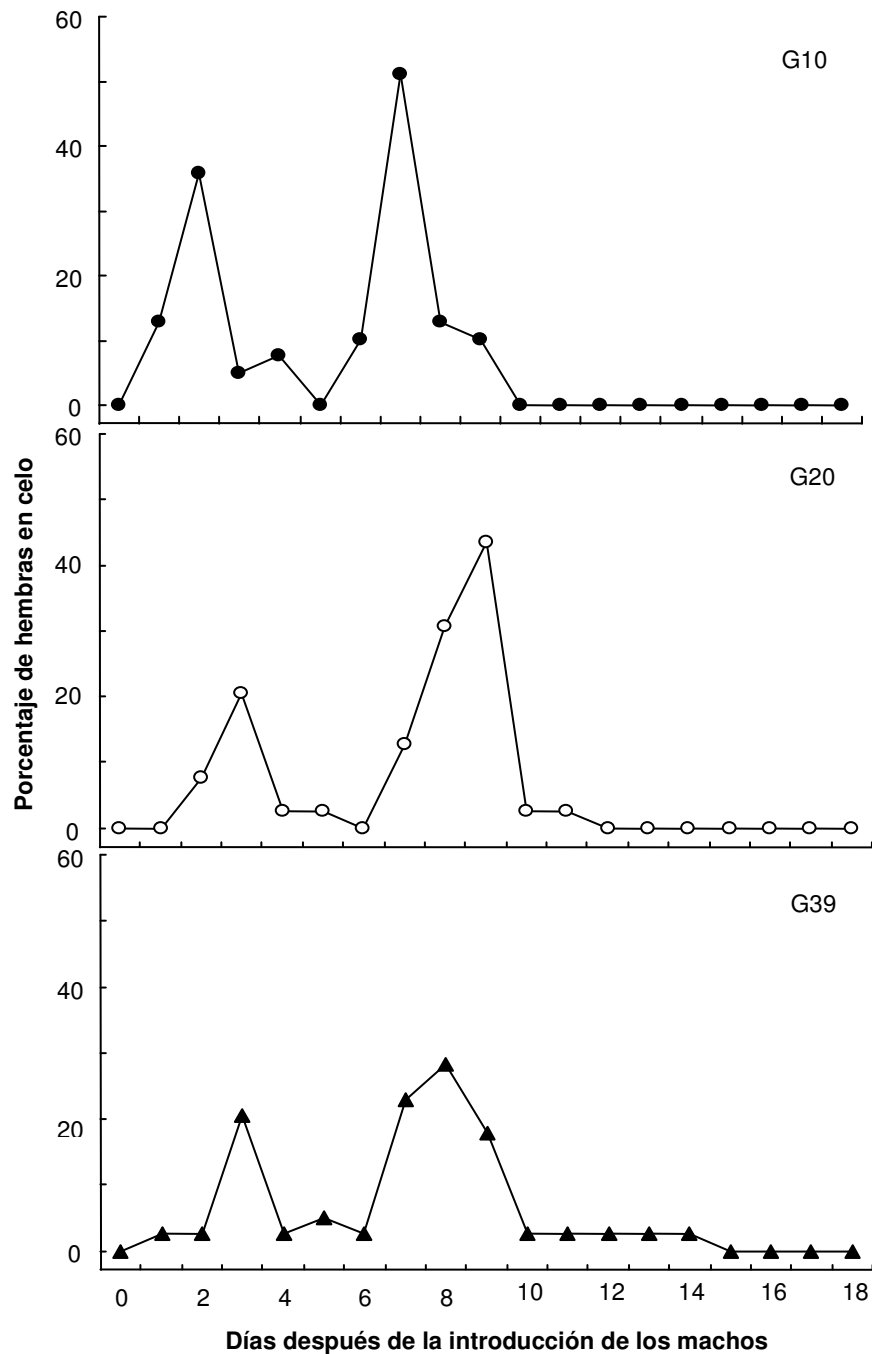


Figura 1. Porcentaje de hembras que presentaron actividad estral después de la introducción de machos previamente inducidos a una intensa actividad sexual mediante un tratamiento fotoperiódico. En el G10 se introdujeron 4 machos (proporción 1:10; n = 39). En el G20 se introdujeron 2 machos (proporción 1:20; n = 39). En el G39 se introdujo un macho (proporción 1:39; n = 39).

Comportamiento sexual de los machos

Las diferentes conductas sexuales desplegadas por los machos se muestran en la Figura 2. Los automarcajes con orina, los flehmen, los intentos de montas, las montas sin penetración y las montas con penetración, fueron similares en los tres grupos ($P > 0.05$). Los olfateos anogenitales fueron superiores en los machos del G39 que en los del G10 y G20 ($P < 0.01$), mientras que las aproximaciones fueron mayores en los machos de los grupos G10 y G39 que en los machos del G20 ($P < 0.01$).

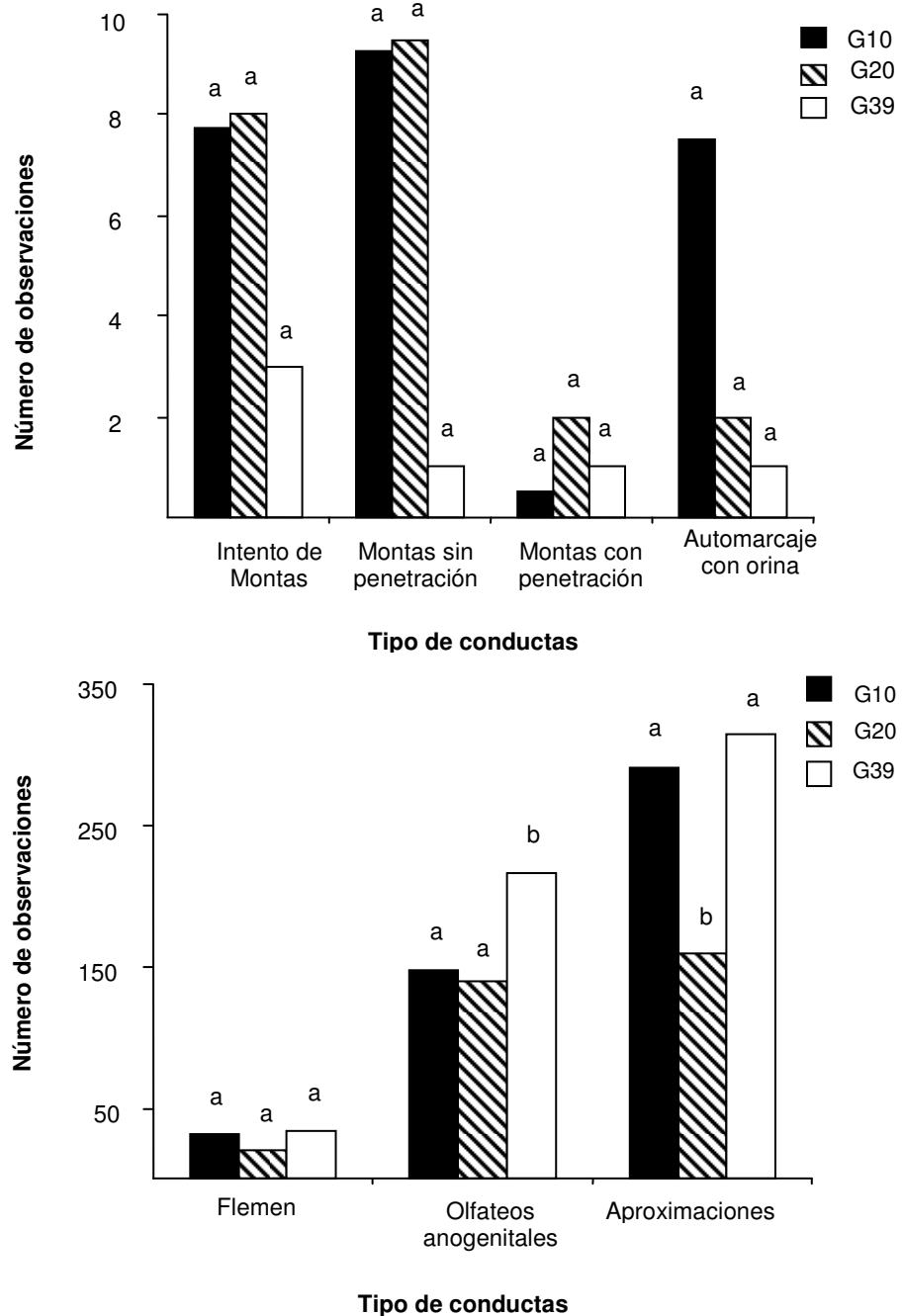


Figura 2. Número de conductas sexuales desplegadas por los machos durante dos horas diarias en los primeros cinco días después de la introducción en los grupos de hembras. En el G10 se introdujeron 4 machos (proporción 1:10; n = 39). En el G20 se introdujeron 2 machos (proporción 1:20; n = 39). En el G39 se introdujo un macho (proporción 1:39; n = 39). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P < 0.05).

Discusión

Los resultados del presente estudio demuestran que un macho sexualmente activo tiene la capacidad de inducir la actividad estral a la mayoría de las hembras hasta en una proporción de 1:39 a mediados del anestro estacional, periodo en el cual la respuesta de las cabras y ovejas estacionales expuestas al efecto macho es baja o ausente (Restall, 1992; Ungerfeld *et al.*, 1999). En el presente estudio, los machos sexualmente activos estimularon la actividad estral en más del 90% de las hembras en los tres grupos (1:10, 1:20 y 1:39). La respuesta obtenida en nuestra investigación es superior a la reportada en otros estudios donde utilizaron una proporción similar a la nuestra y machos cabríos no tratados fotoperiodicamente (Chemineau, 1987; Restall, 1992; Mellado *et al.*, 1996), esto se debió probablemente a la intensa actividad sexual desplegada por los machos estimulados con el tratamiento fotoperiódico (Delgadillo *et al.*, 2002). Existen evidencias de que el comportamiento sexual de los machos es un componente importante en la respuesta de las hembras al efecto macho (Perkins y Fitzgerald, 1994; Flores *et al.*, 2000a; Rosa *et al.*, 2006). Los resultados del presente estudio son similares a los obtenidos en varios estudios de nuestro laboratorio al utilizar machos cabríos que despliegan un intenso comportamiento sexual y en una proporción de 1:10 (Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2004). Asimismo la alta respuesta de los tres grupos fue similar a la obtenida cuando se realiza el efecto macho al final del anestro estacional, sin embargo estos estudios han utilizado generalmente una proporción de 1:10 ó 1:20 (Shelton, 1980; Chemineau *et al.*, 1984; Cushwa *et al.*, 1992), mientras

que en el presente estudio se utilizó hasta una proporción de 1:39. La alta respuesta al efecto macho reportada en la literatura probablemente es debida a que los machos de manera natural ya han iniciado su actividad reproductiva (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo *et al.*, 1999).

El incremento en la proporción macho-hembras modificó el intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del estro, el cual fue menor en el G10 que en el G20 y G39. Asimismo, el porcentaje de hembras en celo durante los primeros 5 días fue mayor en el G10 que en el G20 y G39. El tiempo de respuesta a la introducción del macho puede estar relacionado con la intensidad del comportamiento sexual del macho, así como con la adecuada recepción del estímulo sensorial por parte de la hembra. Con una proporción de 1:10, la respuesta es más rápida y el número de hembras que responden es mayor cuando se utilizan machos sexualmente activos que con machos sexualmente inactivos (Perkins y Fitzgerald, 1994; Flores *et al.*, 2000a; Delgadillo *et al.*, 2003). Los machos cabríos utilizados en el presente estudio desplegaron una intensa actividad sexual y no existió ninguna diferencia entre los machos de los tres grupos, lo que sugiere que la diferencia en la respuesta de las hembras se debe a otros factores asociados con la percepción de los estímulos emanados del macho. Estas diferencias podrían deberse al menos a dos factores que no son excluyentes: 1) Al incrementar el número de hembras por macho, es posible que las señales emitidas por éste no sean percibidas de la misma manera por todas las hembras del grupo, retardando la respuesta y reduciendo el número de ellas que manifestaron estro en los primeros 5 días posteriores a

la introducción del macho, 2) El incremento en el número de hembras por macho pudo favorecer que las hembras de mayor jerarquía accedieran al macho respondiendo más rápidamente a la presencia de éste. Al respecto se reportó que las hembras dominantes tienen mayor interacción con el macho lo que provoca que la respuesta sexual sea más rápida que en las hembras subordinadas (Rodríguez-Iglesias *et al.*, 1991; Álvarez *et al.*, 2003). Además, estas hembras pudieron estimular la actividad sexual a otras hembras (Restall, 1995; Álvarez *et al.*, 1999), lo que permitió que al final del estudio el número de hembras en celo fuera similar en los 3 grupos.

La duración del celo fue menor en el G10 que en los otros 2 grupos, esta reducción puede estar relacionada con el número de montas recibidas por cada hembra. En efecto, aunque el número de montas que recibió cada hembra no fue registrado, es muy probable que éste haya sido superior en el G10 que en el G20 y G39. Al respecto, Romano *et al.* (1997) demostraron que a mayor número de servicios la duración del celo es menor. Por otro lado el porcentaje y la duración de ciclos estrales de corta duración, fue similar en los tres grupos. La duración de estos ciclos es similar a lo reportado previamente en hembras sometidas al efecto macho utilizando machos sexualmente activos (Véliz *et al.*, 2004). Desde el punto de vista de aplicación, estos resultados son interesantes porque demuestran que un incremento en la proporción macho-hembras de 1:10 a 1:20 y 1:39, no disminuye la capacidad de los machos sexualmente activos para inducir la actividad estral de las cabras locales anovulatorias, a mediados del anestro estacional. Lo que nos permite optimizar el programa

reproductivo de los hatos caprinos. Sería interesante determinar si el incremento en la proporción macho-hembras no disminuye la fertilidad de éstas, o si es necesario realizar una fecundación controlada.

Conclusión

Estos resultados indican que el incremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad de los machos cabríos sexualmente activos para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias. Sin embargo, se retarda la respuesta al efecto macho.

Agradecimientos

Agradecemos a Jaime Mora y Javier Cervantes por facilitar las hembras utilizadas en el presente estudio, a los miembros del CIRCA por su asistencia técnica y a Dolores López por el apoyo secretarial. Evaristo Carrillo Castellanos fue apoyado por una beca de DGEST (ITT), CoSNET durante su estudio de doctorado. El presente trabajo fue apoyado por COECyT-Coahuila (Clave: COAH.-2002-C01-4220).

Referencias

- Álvarez L, Ducoing WAE, Zarco QL, 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;30:25-31.
- Álvarez L, Martin GB, Galindo F, Zarco LA. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Appl Anim Behav Sci* 2003;84(2):119-126.
- Chemineau P, Poulin N, Cognié Y. Sécrétion de progestérone au cours du cycle induit par l'introduction du mâle chez la chèvre créole en anoestrus: effets de la saison. *Reprod Nutr Dev* 1984;24(5A):557-561.
- 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, Daveau A, Maurice F, Delgadillo JA. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin Res* 1992;8:299-312.
- Cushwa WT, Bradford GE, Stabenfeldt GH, Berger YM, Dally MR. Ram influence on ovarian and sexual activity in anestrous 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, Malpoux B. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male

- Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 1999;52:727-737.
- Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Hernández HF, Duarte G, Vielma J, *et al.* 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 FG, Duarte G, Vielma J, Poindron P, *et al.* Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiodicos y efecto macho. Revisión. *Vet Méx* 2003;34:69-79.
- Delgadillo JA, Fitz-Rodríguez G, Duarte G, Véliz FG, Carrillo E, Flores JA, *et al.* Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:471-478.
- 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, *et al.* Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol Reprod* 2000a;62:1409-1414.
- Flores JA, Hernández H, Martínez de la Escalera G, Malpoux B, Delgadillo JA, Poindron P. Artificial long days are sufficient for induction of sexual behavior in male goats during the spring period of sexual inactivity. In "Proceeding of the 7th International Conference on Goats; 2000b 17-22 May; Tours, France: Institut de l'Élevage and INRA, 2000b:446.

- 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.
- Lincoln GA, Short RV. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent Prog Horm Res* 1980;36:1-52.
- Mellado M, Hernández JR. Ability of androgenized goat wethers and does to induce estrus in goats under extensive conditions during anestrus and breeding seasons. *Small Rumin Res* 1996;23:37-42.
- Nugent III RA, Notter DR, McClure WH. Effects of ram preexposure and ram breed on fertility of ewes in summer breeding. *J Anim Sci* 1988;66:1622-1626.
- Perkins A, Fitzgerald JA. The behavioral 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.
- Restall BJ. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim Reprod Sci* 1992;27:305-318.
- Restall BJ, Restall H, Walkden-Brown SW. The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrus females. *Anim Reprod Sci* 1995;40:299-303.
- 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.

- Rodríguez-Iglesias RM, Ciccioli N, Irazoqui H, Rodríguez BT. Importance of behavioural stimuli in ram-induced ovulation in seasonally anovular Corriedale ewes. *Appl Anim Behav Sci* 1991;30:323-332.
- Romano JE, Fernandez Abella D. Effect of service on duration of Oestrus and ovulation in dairy goats. *Anim Reprod Sci* 1997;47:107-112.
- Rosa HJD, Juniper DT, Bryant MJ. The effect of exposure to oestrous ewes on rams' sexual behavior, plasma testosterone concentration and ability to stimulate ovulation in seasonally anoestrous ewes. *Appl Anim Behav* 2000;67:293-305.
- 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, Silva CC, Bryant MJ. The effect of ram replacement and sex ratio on the sexual response of anoestrous ewes. *Small Rumin Res*. 2006:In press.
- Shelton M. The influence of the presence of the male on initiation of oestrus cycling and ovulation in Angora does. *J Anim Sci* 1960;19:368-375.
- Shelton M. Goats: Influence of various exteroceptive factors on initiation of estrus and ovulation. *Int Goats Sheep Res* 1980;1:156-162.
- Signoret JP, Fulkerson WJ, Lindsay DR. Effectiveness of testosterone- treated wethers and ewes as teasers. *Appl Anim Ethol* 1982/83;9:37-45.
- Thimonier J. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone. *INRA Prod Anim* 2000;13(3):177-183.
- Terqui M, Thimonier J. Nouvelle méthode radio-immunologique rapide pour l'estimation du niveau de progestérone plasmatique. Application pour le

diagnostic précoce de la gestation chez la brebis et la chèvre. CR Acad Sc Paris 1974;D279:1109-1112.

Underwood EJ, Shier FL, Davenport N. Studies in sheep husbandry in West Australia. V. The breeding season of Merino, crossbreed and British breeds ewes in the agricultural districts. J Agric W Aus 11, Series 1944;2:135-143.

Ungerfeld R, Pinczak A, Forsberg M, Rubianes E. Response of Corriedale ewes to the “ram effect” after priming with medroxyprogesterone, fluorogestone, or progesterone in the non-breeding season. Acta Vet Scand 1999;40:299-305.

Véliz FG, Vélez LI, Flores JA, Duarte G, Poindron P, Malpaux B, *et al.* La presencia del macho en un grupo de cabras anéstricas no impide su respuesta estral a la introducción de un nuevo macho. Vet Méx 2004;35(3):169-178.

Véliz FG, Poindron P, Malpaux B, Delgadillo JA. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrous female goats. Anim Reprod Sci. 2006;92:300-309.

Walkden-Brown SW, Restall BJ, Henniawati. The male effect in Australian cashmere goats 1. Ovarian and behavioural response of seasonally anovulatory does following the introduction the buck. Anim Reprod Sci 1993;32:41-53.

6.- ARTÍCULO CIENTÍFICO II

(Enviado a: Animal Science)

Sexually active male goats induce oestrus activity in anovulatory female goats during different months of the seasonal anoestrus

Carrillo, E.¹, Véliz, F.G.¹, Flores, J.A.¹†, Delgadillo J.A.¹

¹ *Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Carretera a Santa Fe y Periférico Raúl López Sánchez CP.: 27054, Torreón, Coahuila, México*

Abstract

We investigated the ability of sexually active bucks to induce oestrus activity in anovulatory goats during different months of the seasonal anoestrus (April, May and June). During each month, a group of anovulatory goats was exposed to treated bucks with continuous long days (16 h light/day; treated males), while another group of female goats was exposed to males kept under the normal photoperiod of this region (control males). Oestrus behaviour was measured 2 times per day (08:00 h and 17:00 h) during 18 days. When treated males were used, the majority of the females responded to the buck's biostimulation during the different evaluated months, showing at least one oestrus behaviour (April 18/19, May 20/20 and June 18/19; $P > 0.05$). In April there was no oestrus response when female were exposed to control males ($P < 0.01$, *versus* treated males). On the other hand in May 19/20 and June 18/19 female came into oestrus in the groups exposed to control males. Nevertheless, in May the time interval between the female contact with males and the first oestrus was greater in the females exposed to control males (8.7 ± 0.8 days) than in females exposed to treated males (3.9 ± 0.5 days; $P < 0.001$). In April, sexual behaviour of males was stronger in the treated males than in the control males ($P < 0.01$). In May, the frequency of flehmen, ano-genital sniffing, nudging, and self marking with urine was higher in treated males ($P < 0.05$), while in June there was no difference between both groups. These results indicate that sexually active males have the ability to induce the oestrus activity of the anovulatory goats during different months of the seasonal anoestrus (April, May and June).

Key words: Male effect, Reproduction, Seasonal anoestrous, Goats, Biostimulation

Introduction

Local goats of the arid zones of Mexico show a similar reproductive seasonal cycle to the observed in other native or adapted to subtropical latitudes goat breeds (Restall, 1992; Delgadillo *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2003). These Mexican does present a period of anoestrus from March to August, while in bucks of the same breed the sexual rest extends from January to May (Delgadillo *et al.*, 2004). In seasonal breeds of goats and sheep, sexual activity can be induced by means of the male effect (Underwood *et al.*, 1944; Shelton, 1960; Gelez and Fabre-Nys, 2004). The sexual response of the female can be modified by the intensity of the sexual behaviour displayed by the males (Flores *et al.*, 2000a; Rosa and Bryant, 2002). For example, 0.95 of the ewes exposed to rams that show an intense libido ovulate, while ewes exposed to rams with low libido only have a 0.78 response (Perkins and Fitzgerald, 1994). The time of the year in which the male effect is carried out also influences the female's response (Chemineau, 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1999). In very seasonal breeds the male effect is carried out mainly a month before the beginning of the natural breeding season or a month after the season is over (Chemineau, 1983; Martin and Scaramuzzi 1983; Mellado *et al.*, 2000), due to a high sexual response of the females exposed to the males (Cushwa *et al.*, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1993). Indeed, in ewes Rambouillet exposed to rams in May have a sexual response of 0.80, while in June this response was increased to 0.92

(Cushwa *et al.*, 1992). The same phenomenon occurs in Hampshire sheep, in which the ovulatory response is weaker in May (0·80) than in June (0·84; Nugent *et al.*, 1988). Contrary to this, when the male effect is carried out in the middle of the seasonal anoestrus, the sexual response is low (0·32; Ungerfeld *et al.*, 1999) and in some cases is absent (0·0; Restall, 1992). It has been postulated that this is due to that the female become insensitive to the males (Chemineau *et al.*, 1987; Restall, 1992). However, another possibility is that the stimulus offered by the males, which are in sexual rest, is not sufficient to induce sexual activity of the females (Lincoln and Short 1980; Delgadillo *et al.*, 1999). Furthermore it has been shown that when the male effect takes place in the middle of the seasonal anoestrus using control males, in rest sexual, the percentage of females in oestrous is lower than 0·10 *versus* more than 0·80 when using sexually active males during the same period of time (Flores *et al.*, 2000a; Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2006). This proves that the intensity of the sexual behaviour of the males is a very important factor in the female response to the male effect. Taking this in consideration, the purpose of this research was to determine the ability of sexually active male goats to induce oestrus activity in the anovulatory goats during different months of the seasonal anoestrus.

Material and methods

Location and animals in research

The research was performed in the subtropical Mexico (Latitude 26° 23' N and Longitude 104° 47' W) from November 2003 to June 2004. We worked with local female goats of northern Mexico 3 to 4 years old at day 1 of research. The reproductive characteristics of the animals were described by Delgadillo *et al.* (1999, 2003).

Sexual activation of bucks

Six males were induced to an intense sexual activity (treated males) by a photoperiodic treatment of continuous artificial long days (16 h of light/day) from 1 November 2003 to the day they were introduced in the corresponding group of females during each month of the research (April, May and June; Flores *et al.*, 2000b). Five males were exposed only to the natural photoperiod variations that occur in the Lagunera Region (13 h 41 min of light in the summer solstice and 10 h 19 min in the winter solstice; control males). The 2 groups of males were housed separately in 5 x 5 m shed. The shed of the treated males was equipped with 6 fluorescent lamps that provided a luminous intensity between 250 to 350 Lx at the level of the animals' eyes. The on and off operation of the lamps was rendered by a programmable and automatic clock. The switching on of lights was fixed and performed daily at 06:00 h and subsequently they were put out at 09:00 h when there was enough natural daylight. In the afternoon, the lights went on at 17:00 h, to be put out at 22:00 h. This photoperiodic process induces an intense sexual activity in the male goats from March to June (Flores *et al.*, 2000b). All the bucks were fed *ad libitum* with alfalfa hay and 300 g of

commercial feed (0.14 crude protein, 2.5 Mcal/kg) per day and per animal. Water and minerals were also offered *ad libitum*.

Female

Multiparous females, who were farmed in an extensive way before the beginning of the research, were surveyed. They had given birth in November and December, 2003. The goats were milked by hand once a day in the morning during all the research. The cyclicity of the females was determined with progesterone plasmatic levels. A blood sample was taken from each doe 20 and 10 days before the male effect. The analysis of the plasmatic progesterone levels was carried out through radioimmunoassay using the qualitative technique described by Terqui and Thimonier (1974). A female was considered anovulatory when progesterone levels in the two blood samples were <1 ng/ml (Thimonier, 2000). In April 1.00 of the females sampled were diagnosed anovulatory (49/49), in May, 0.83 (60/72) and in June, 0.99 (74/75). Of the 196 goats sampled, 183 (0.93) were anovulatory. From these, 107 females were selected at random for the research (Table 1). Every month, eight days before beginning the buck effect, the females were withdrawn from the herd and confined independently in open air quarters of 5 x 5 m, with 9 or 10 females each one. The diet of the goats included alfalfa hay *ad libitum* and 200 g of commercial feed (0.14 of crude protein, 2.5 Mcal/kg) per day and per animal. Water and minerals were also offered *ad libitum*.

Male effect

Every month the anovulatory goats that were selected at random were divided into 2 homogeneous groups according to their milk production and corporal condition. One group of females was put in contact with treated males and the other group to control males. The male effect was carried out on April 21, May 22 and June 25 (Table 1).

Table 1 *Females exposed to treated bucks with continuous long days (treated), and females exposed to bucks that only perceived the natural photoperiod variations of the Comarca Lagunera (26 °N; control).*

Groups	April 21		May 22		June 25	
	Females (n)	Bucks (n)	Females (n)	Bucks (n)	Females (n)	Bucks (n)
Treated	19	2	20	2	19	2
Control	10	1	20	2	19	2

Evaluated variables

Sexual behaviour of the males

This behaviour was determined during the first 5 days after of the introduction of males with females. The observations were carried out in the morning before the food supply, for 2 hours daily (from 08:00 h to 10:00 h). The sexual activities registered were the following: self marking with urine, flehmen, ano-genital sniffing, nudging, mounting attempts, and mounts (Fabre-Nys, 2000; Véliz *et al.*, 2004).

Oestrus activity

The detection of oestrus was carried out two times per day (08:00 h and 17:00 h), beginning the first day of contact with the bucks until the end of this research. The females which stood immobile when mounted by a buck were considered in oestrus (Chemineau *et al.*, 1992). These females in oestrus were withdrawn from the corral during the period of observation, so the male would continue detecting other females in oestrus. After the observation period, the females were taken back to their corresponding corral.

Fertility and prolificacy

In May and June, the percentage of pregnant females was determined by abdominal echography 50 days after the last registered oestrus. In addition, fertility and prolificity were determined at partum.

Statistical analyses

The sexual behaviour of the treated and control males during the different months (April, May and June) was compared with the Fisher test. The

percentage of females that showed oestrus as well as the fertility were compared between the groups of females mated with treated and control males in April, May and June by means of the X^2 test. The time interval between the female contact with males and the first oestrus, as well as prolificacy were compared with a t test (Student). All statistical analyses were performed with the SYSTAT 10 statistical package (Evenston, ILL, USES, 2000).

Results

Oestrus activity

When using sexually active males, the majority of the females responded every month of the research, showing at least one oestrus behaviour during the study (April 18/19, May 20/20 and June 18/19; $P > 0.05$). On the contrary, when using control males, females did not respond in April ($P < 0.001$, in regard with females mated with treated males). Otherwise, during May 19/20 and June 18/19 females showed oestrus activity among the groups exposed to control males ($P > 0.05$, with regard to the females that were exposed to treated males during the same months). In May, the length of time between the contact of females with the males and the does first oestrus was longer in females exposed to control males (8.7 ± 0.8 days) than in females exposed to treated males (3.9 ± 0.5 days; $P < 0.001$). In May and June the pregnancy rate at day 50, fertility at partum and prolificacy were similar between females mated with treated males and females mated with control males ($P > 0.05$; Table 2).

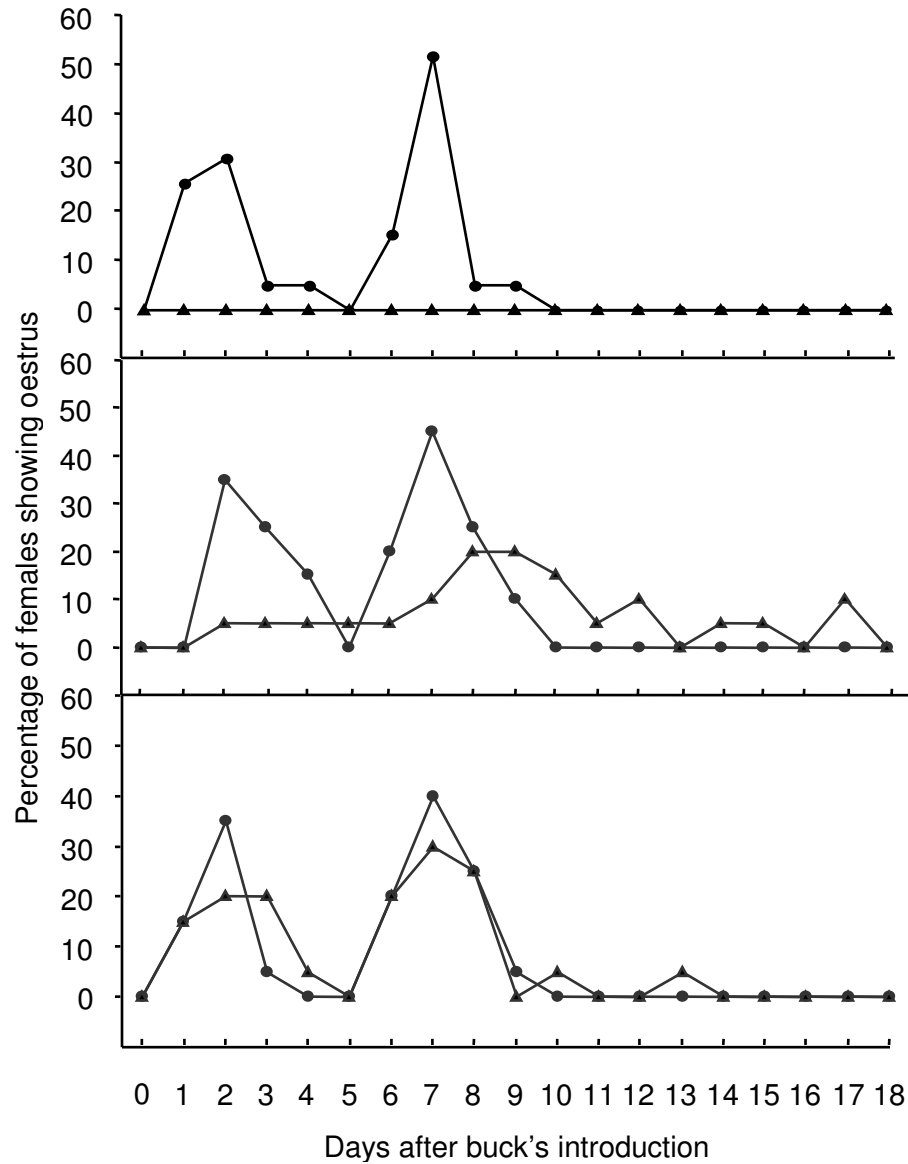


Figure 1. Percentage of females showing oestrous activity after the introduction of the treated bucks with continuous long days (●) in April (n = 19; top), in May (n = 20; middle), and in June (n = 19; bottom), and percentage of females showing an oestrous activity after the introduction of the control bucks (▲) that only perceived the natural photoperiod variations of the Comarca Lagunera (26° N) in April (n = 10; top), in May (n = 20; middle), and June (n = 19; bottom).

Table 2. Sexual response of the anovulatory goats exposed to bucks treated with continuous long days (treated), and females exposed to bucks that only perceived the natural photoperiod variations of the Comarca Lagunera (26° N; control), in different months of the seasonal anoestrus (April, May and June).

	April		May		June	
	Treated	Control	Treated	Control	Treated	Control
Females in oestrus (%)	18/19 (0.95)	-	20/20 (1.0)	19/20 (0.95)	18/19 (0.95)	18/19 (0.95)
Mean Interval to oestrus (Days) s.e.	3.5 0.6	-	3.9 0.5	8.7 0.8 [†]	4.1 0.7	4.4 0.8
Fertility at 50 days (%)			17/20 (0.85)	16/20 (0.80)	17/19 (0.90)	13/19 (0.69)
Fertility at partum (%)			16/20 (0.80)	15/20 (0.75)	17/19 (0.90)	12/19 (0.63)
Prolificity s.e.			1.9 0.2	1.7 0.1	1.7 0.2	1.7 0.1

† Indicates differences statistically significant among groups (treated vs control; $P < 0.01$)

Sexual behaviour of the males

Sexual behaviour of the treated and control males during the different months of the research is shown in Figure 2. The sexual behaviour displayed by the treated males was very intense during every month of the research (April, May and June; $P > 0.05$). Indeed, in April the frequency of the all sexual behaviour was greater in the treated males than in the control males ($P < 0.01$). More than 0.94 of all behaviour observed were recorded in the treated males (8/8 self marking with urine, 32/32 flehmen, 148/159 ano-genital sniffing, 291/291

approaching, 8/8 mounting attempts, 10/10 mounts). In May, more than 0.77 of the behaviour of flehmen (56/84), ano-genital sniffing (485/688), nudging (729/925) and self marking with urine (21/27) were recorded in the treated males ($P < 0.05$). However, there was no difference in mount attempt and mounts ($P < 0.05$). Finally, in June the sexual behaviour was similar in both groups ($P > 0.05$).

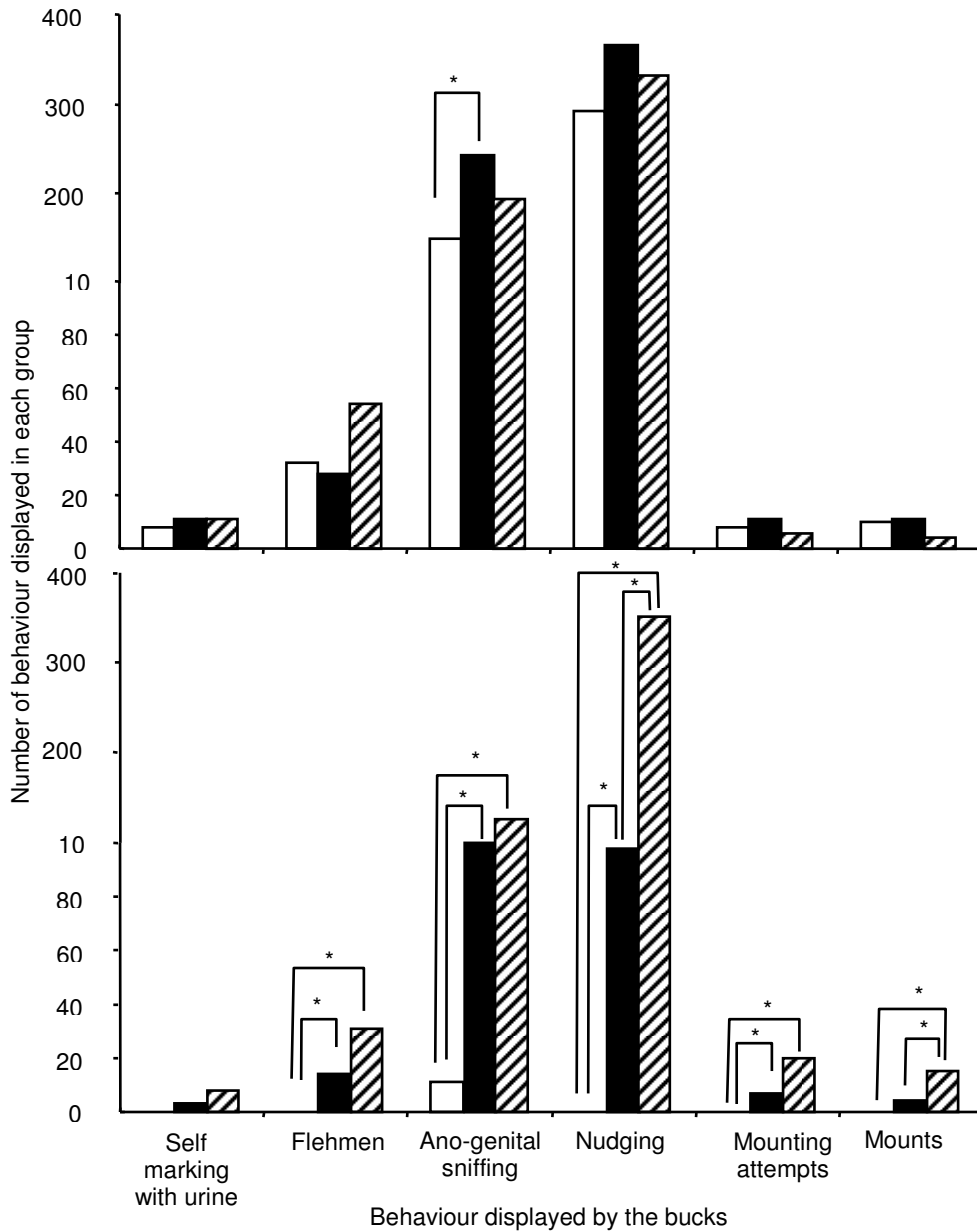


Figure 2. Number of observation of each sexual behaviour in treated bucks with continuous long days (top) in April (□), in May (■) and June (▨) and control bucks that only perceived the natural photoperiod variations of the Comarca Lagunera (bottom; 26° N). Recorded during 2 h in the first five days following their introduction of the males in the groups of the anovulatory goats. (*P < 0.05).

Discussion

These results demonstrate that sexually active bucks are capable to induce oestrus activity in anovulatory goats in April, May and June, while control males carry out only in May and June. The difference of oestrus onset was observed only in April, since all female goats exposed to treated males came into oestrus, while none of the females exposed to control males showed oestrus. Later this difference in the ability to induce oestrus disappeared and treated males as control males stimulated the oestrus activity in more than 0.90 of the females in May and June. The results obtained in April are similar to other studies performed in our laboratory in March and April (Flores *et al.*, 2000a; Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2006). The females used in our study were from the same herd and they were exploited the same way. The only difference found between the groups was the intensity of the male's sexual behaviour. However, all the sexual activity observed and measured was higher in the treated than in the control males. The higher sexual response of the females in contact with control males in May and June was possibly due to the difference in the intensity of the male's sexual behaviour. In fact, many research studies have shown that the intensity of the male's sexual behaviour is a determinant fact in the induction of the female sexual response (Walkden-Brown *et al.*, 1993; Perkins and Fitzgerald, 1994; Flores *et al.*, 2000a). Our results do not agree with prior studies that show that during the seasonal anoestrus the females have a period in which they are not sensitive to the biostimulation of the male (Chemineau, 1987, Restall, 1992). In fact, when the male effect is carried out halfway through

the seasonal anoestrus, the oestrus and/or ovarian response, as well as the fertility rate are low or absent (Restall, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1993; Mellado *et al.*, 1996). However, our research shows that the female goats respond to the male effect when are exposed to sexually active males. This hypothesis is corroborated with the results obtained in May and June where no difference was observed between the females stimulated by the treated males and the control male. During both months the percentage of induction was over 0.90. It is interesting to note that the sexual behaviour of the treated and control males was similar in May and June, giving no differences in the response of the females stimulated with treated and control males. This is due to the fact that the natural breeding season of the local male goats from subtropical Mexico begins naturally in May. In fact, during this month, the levels of testosterone and the sexual behaviour are increased considerably (Delgadillo *et al.*, 1999). Nevertheless, in May, in spite of the fact that there was no difference in the percentage of females that showed oestrus activity, the time interval between the female contact with males and the first oestrus was longer in females exposed with control males than in those mated with treated males. These results agree with those reported by Véliz *et al.* (2004) who demonstrated that in the beginning of the seasonal anoestrus, the libido of the control males induce a high percentage of females into sexual activity although the resting period of time to the oestrus onset is longer than in females exposed to treated males. During June, there was no significant difference in the percentage of females who came in oestrus nor in their resting period of time to the first oestrus with regard to the females that were put in contact with treated males, due possibly

to the fact that the sexual behaviour displayed by control and treated males was similar, considering that these males were already going through their natural breeding season (Delgadillo *et al.*, 2004). The fertility rate and the high prolificacy in the females mated with control males during the months of May and June was similar to the one rendered in females served with treated males, supporting the hypothesis that treated and control males were by then ready to breed. This is similar to data found in other studies reporting that sexual response of goats and sheep is higher when the male effect is carried out near the natural breeding season (Oldham *et al.*, 1984; Nugent *et al.*, 1988; Cushwa *et al.*, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1999). However, this response is probably not due to the females being already sensible to the biostimulation from the male as the natural breeding season comes near, but most probably, to the intense male sexual activity, being already in their natural breeding season, considering that the males begin their breeding activity before the females (Lincoln and Short, 1980; Delgadillo *et al.*, 1999). In all, these results show that the intense sexual activity displayed by the males is a determinant factor in the sexual response of the anovulatory females subject to the male effect. Likewise, they show that the females are not insensible to the male effect and that their response depends on the intensity of the male's sexual behaviour. It would be interesting to determine if females of other breeds and latitudes are capable of responding to sexually active males during different phases of the seasonal anoestrus. The results obtained in this research paper allow to conclude that the sexually active males have the ability to induce anovulatory female goats to oestrus activity during the different months of the seasonal anoestrus.

Acknowledgements

We thank Dr. Pascal Poindron for their scientific support, to Javier Cervantes, Javier Mora and Alejandro Sandoval for providing the females goats for this study; to all members of the Centro de Investigación en Reproducción Caprina from the Antonio Narro University for their technical assistance; Dolores López and Esther Peña for their excellent secretarial assistance; Evaristo Carrillo Castellanos, was supported by DGEST (ITT) and CoSNET scholarship during his doctoral studies.

References

- Chemineau, P. 1983. Effect on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of year. *Journal of Reproduction and Fertility* 67: 65-72.
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. A review. *Livestock Production Science* 17: 135-147.
- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., and Delgadillo, J. A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research* 8: 299-312.
- Cushwa, W. T., Bradford, G. E., Stabenfeldt, G. H., Berger, Y. M., and Dally, M. R. 1992. Ram influence on ovarian and sexual activity in anestrous ewes: effects of isolation of ewes from rams before joining and date of ram introduction. *Journal of Animal Science* 70: 1195-1200.
- Delgadillo, J. A., Canedo, G. A., Chemineau, P., Guillaume, D., and Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 52: 727-737.
- Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Véliz, F. G., Hernández, H. F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., and Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *Journal of Animal Science* 80: 2780-2786.
- Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Véliz, F. G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., and Malpoux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del

subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Veterinaria México* 34: 69-79.

Delgadillo, J. A., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F. G., Carrillo, E., and Flores, J. A. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reproduction, Fertility and Development* 16: 471-478.

Fabre-Nys, C. 2000. Le comportement sexuel des caprins: contrôle hormonal et facteurs sociaux. *INRA Production Animal* 13:11-23.

Flores, J. A., Véliz, F. G., Pérez-Villanueva, J. A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., and Delgadillo, J. A. 2000a. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction* 62: 1409-1414.

Flores, J. A., Hernández, H., Martínez de la Escalera, G., Malpoux, B., Delgadillo, J. A., and Poindron, P. 2000b. Artificial long days are sufficient for induction of sexual behavior in male goats during the spring period of sexual inactivity. In *“Proceeding of the 7th International Conference on Goats, Tours, France”* (Eds L. Gruner and Y. Chebert) p. 446. (Institut de l'Élevage and INRA: Paris, France) Abstract.

Gelez, H., and Fabre-Nys, C. 2004. The male effect in sheep and goats: a review of the respective roles of the two olfactory systems. *Hormones and Behavior* 46: 257-271.

Lincoln, G. A., and Short, R. V. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent Progress in Hormone Research* 36: 1-52.

- Martin, G. B., and Scaramuzzi, R. J. 1983. The induction of oestrus and ovulation in seasonally anovular ewes by exposure to rams. *Journal of Steroid Biochemistry* 19 (1): 869-875.
- Mellado, M., and Hernández, J. R. 1996. Ability of androgenized goat weathers and to induce estrus in goats under extensive conditions during anestrus and breeding seasons. *Small Ruminant Research* 23: 37-42.
- Mellado, M., Olivas, R., and Ruiz, F. 2000. Effect of buck stimulus on mature and pre-pubertal norgestomet-treated goats. *Small Ruminant Research* 36 (3): 269-274.
- Nugent III, R. A., Notter, D. R., and McClure, W. H. 1988. Effects of ram preexposure and ram breed on fertility of ewes in summer breeding. *Journal of Animal Science* 66: 1622-1626.
- Oldham, J. D. 1984. Protein-energy interrelationships in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 67: 1090-1114.
- Perkins, A., and Fitzgerald, J. A. 1994. The behavioral component of the ram effect: The influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *Journal of Animal Science* 72: 51-55.
- Restall, B. J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Animal Reproduction Science* 27: 305-318.
- Rivera, G. M., Alanis, G. A., Chaves, M. A., Ferrero, S. B., and Morello, H. H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Ruminant Research* 48: 109-117.
- Rosa, H. J. D., and Bryant M. J. 2002. The "ram effect" as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. A review. *Small Ruminant Research*

45: 1-16.

Shelton, M. 1960. Influence of the presence of a male goat on the initiation of estrous cycling and ovulation of Angora does. *Journal of Animal Science* 19: 368-375.

Thimonier, J. 2000. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone. *INRA Production Animal* 13 (3): 177-183.

Terqui, M., and Thimonier, J. 1974. Nouvelle méthode radio-immunologique rapide pour l'estimation du niveau de progestérone plasmatique. Application pour le diagnostic précoce de la gestation chez la brebis et la chèvre. *C. R. Academic. Science. Paris D279*: 1109-1112.

Underwood, E. J., Shier, F. L., and Davenport, N. 1944. Studies in sheep husbandry in Western Australia. V. The breeding season of Merino crossbred and British breed ewes in the agricultural districts. *Journal of Agriculture West Australian* 11 (2): 135–143.

Ungerfeld, R., Pinczak, A., Forsberg, M., and Rubianes, E. 1999. Response of Corriedale ewes to the “ram effect” after priming with medroxyprogesterone, fluorogestone, or progesterone in the non-breeding season. *Acta Veterinaria Scandinavica* 40: 299-305.

Véliz, F. G., Vélez, L. I., Flores, J. A., Duarte, G., Poindron, P., Malpaux, B., and Delgadillo, J. A. 2004. La presencia del macho en un grupo de cabras anéstricas no impide su respuesta estral a la introducción de un nuevo macho. *Veterinaria México* 35 (3): 169-178.

Véliz, F. G., Poindron, P., Malpaux, B., and Delgadillo, J. A. 2006. Maintaining

contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrous female goats. *Animal Reproduction Science* 92: 300-309.

Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J., and Henniawati. 1993. The male effect in the Australian Cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Animal Reproduction Science* 32: 69-84.

Walkden-Brown, S. W., Martin, G. B., and Restall, B. J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement* 52: 243-257.

7.- Literatura Citada General

- Chemineau, P. 1983. Effect on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of year. *J. Reprod. Fertil.* 67:65-72.
- Chemineau, P. 1986. Sexual behaviour and gonadal activity during the year in the tropical Creole meat goat. I. Female oestrous behaviour and ovarian activity. *Reprod. Nutr. Dev.* 26:441-452.
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. A review. *Livest. Prod. Sci.* 17:135-147.
- Chemineau, P. 1989. L'effet bouc: mode d'action et efficacité pour stimuler la reproduction des chèvres en anoestrus. *Prod. Anim.* 2:97-104.
- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, J.A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.* 8:299-312.
- Claus, R., Over, R., Dehnhard. 1990. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Anim. Reprod. Sci.* 22:27-38.
- Cohen-Tannoudji, J., Locatelli, A., Signoret, J.P. 1986. Non-pheromonal stimulation by the male on LH release in the anoestrous ewe. *Physiol. Behav.* 36:921-924.

- Cohen-Tannoudji, J., Lavenet, C., Locatelli, A., Tillet, Y., Signoret, J.P. 1989. Non-involvement of the accessory olfactory system in the LH response of anoestrous ewes to male odour. *J. Reprod. Fertil.* 86:135-144.
- Cushwa, W.T., Bradford, G.E., Stabenfeldt, G.H., Berger, Y.M., Dally, M.R. 1992. 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.* 70:1195-1200.
- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpaux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 52:727-737.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpaux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci.* 80:2780-2786.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpaux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. Méx.* 34(1):69-79.
- Delgadillo, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F.G., Carrillo, E., Flores, J.A., Vielma, J., Hernández, H., Malpaux, B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:471-478.

- Flores, J.A., Véliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62:1409-1414.
- Gelez, H., Fabre-Nys, C. 2004. The “male effect” in sheep and goats: a review of the respective roles of the two olfactory systems. *Horm. Behav.* 46(3):257-271.
- Girard, L. 1813. Moyens employés avec succès, par M. Morel de Vindé, Membre de la Société d’ Agriculture de Seine et Oise, pour obtenir, dans le temps le plus court possible, la fécondation du plus grand nombre des brebis portières d’un troupeau. *Éphémérides de la Société d’ Agriculture du Département de l’Indre pour l’An 1813, Séance du 5 Septembre, VIII Cahier, Château-Roux, Département de l’Indre, VII:66-68.*
- Hamada, T., Nakajima, M., Takeuchi, Y., Mori, Y. 1996. Pheromone-induced stimulation of hypothalamic gonadotropin-releasing hormone pulse generator in ovariectomized, estrogen-primed goats. *Neuroendocrinology* 64(4):313-319.
- Hoyos, G., Sáenz, P., Salinas, G. 1991. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. En: “Desarrollo de módulos caprinos en la Región Lagunera”. 1ª Reunión informativa; INIFAP-CIID. Matamoros, Coahuila, México. 1-11.
- Hoyos, G., Sáenz, P. 1993. La utilización de residuos agrícolas en la alimentación del ganado caprino en la Comarca Lagunera. En: “Reporte

- del proyecto de sistemas de producción caprina en la Comarca Lagunera y Zacatecas". INIFAP-CIID. Matamoros, Coahuila, México. 10:8-17.
- Karsch, F.J., Bittman, E.L., Foster, D.L., Goodman, R.L., Legan, S.J., Robinson, J.E. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Rec. Prog. Horm. Res.* 40:185-232.
- Keverne, E.B. 2004. Importance of olfactory and vomeronasal systems for male sexual function. *Physiol. Behav.* 83:177-187.
- Knight, T.W., Lynch, P.R. 1980. Source of ram pheromone that stimulates ovulation in the ewe. *Anim. Reprod. Sci.* 3:133-136.
- Leboeuf, B., Manfredi, E., Boue, P., Piacère, A., Brice, G., Baril, G., Broqua, C., Humblot, P., Terqui, M. 1998. Artificial insemination of dairy goats in France. *Livest. Prod. Sci.* 55:193-203.
- Lincoln, G.A., Short, R.V. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Rec. Prog. Horm. Res.* 36:1-43.
- Martin, G.B., Scaramuzzi, R.J. 1983. The induction of oestrus and ovulation in seasonally anovular ewes by exposure to rams. *J. Steroid. Biochem.* 19(1):869-875.
- Martin, G.B., Oldham, C.M., Cognié, Y., Pearce, D.T. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livest. Prod. Sci.* 15:219-247.
- McComb, K. 1987. Roaring by red deer stags advances the date of oestrus in hinds. *Nature* 330:648-649.
- Menchaca, A., Rubianes, E. 2004. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:403-413.

- Mellado, M., Hernández, J.R. 1996. Ability of androgenized goats weathers and does induce estrus in goats under extensive conditions during anestrus and breeding season. *Small Rumin. Res.* 23:37-42.
- Mellado, M., Olivas, R., Ruiz, F. 2000. Effect of buck stimulus on mature and pre-pubertal norgestomet-treated goats. *Small Rumin. Res.* 36:269-274.
- Nugent III, R.A., Notter, D.R., McClure, W.H. 1988. Effects of ram preexposure and ram breed on fertility of ewes in summer breeding. *J. Anim. Sci.* 66:1622-1626.
- Oldham, C.M., Adams, N.R., Gherardi, P.B., Lindsay, D.R., McKintosh. 1978. The influence of level of feed intake on sperm-producing capacity of testicular tissue in the ram. *Austr. J. Agric. Res.* 29:173-179.
- Pearce, D.T., Oldham, C.M. 1988. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J. Reprod. Fertil.* 84:333-339.
- Pellicer-Rubio, M.T., Leboeuf, B., Bernelas, D., Forgerit, Y., Pougard, J.L., Bonné, J.L., Senty, E., Chemineau, P. 2006. Highly synchronous and fertile reproductive activity induced by male effect during deep anoestrus in lactating goats subjected to treatment with artificially long day followed by a natural photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.* In Press.
- Perkins, A., Fitzgerald, J.A. 1994. The behavioral component of the ram effect: The influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J. Anim. Sci.* 72:51-55.
- Poindron, P., Cognié, Y., Gayerie, F., Orgeur, P., Oldham, C.M., Ravault, J.P. 1980. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated

(seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction rams. *Physiol. Behav.* 25:227-236.

Restall, B.J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27:305-318.

Rivera, G.M., Alanis, G.A., Chaves, M.A., Ferrero, S.B., Morello, H.H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Rumin. Res.* 48:109-117.

Rodríguez-Iglesias, R.M., Ciccioli, N.H., Irazoqui, H. 1997. Ram-induced reproduction in seasonally anovular Corriedale ewes: MAP doses for oestrous induction, ram percentages and post-mating progestagen supplementation. *Anim. Sci.* 64:119-125.

Romero-Paredes, J. 1998. Utilización de forrajes nativos del desierto en la alimentación de la cabra. XIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 21-23 de Octubre. San Luis Potosí, S. L. P. México. 74-84.

Rosa, H.J.D., Juniper, D.T., Bryant, M.J. 2000. The effect of exposure to oestrous ewes on rams' sexual behaviour, plasma testosterone concentration and ability to stimulate ovulation in seasonally anoestrous ewes. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 67:293-305.

Rosa, H.J.D., Bryant, M.J. 2002. The "ram effect" as a way of modifying the reproductive activity in the ewe: A review. *Small Rumin. Res.* 45:1-16.

Rosa, H.J.D., Bryant, M.J. 2003. Seasonality of reproduction in sheep. A review. *Small Rumin. Res.* 48:233-237.

- Rosa, H.J.D., Silva, C.C., Bryant, M.J. 2006. The effect of ram replacement and sex ratio on the sexual response of anoestrous ewe. *Small Rumin. Res.* In Press.
- Sáenz-Escárcega, P., Hoyos, G., Salinas, G., Martínez, M., Espinoza, J.J., Guerrero, A., Contreras, E. 1991. Establecimiento de los módulos caprinos con productores cooperantes. En: "Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera". 124-134. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias: Torreón, Coahuila, México).
- Shelton, M. 1960. Influence of the presence of a male goat on the initiation of oestrous cycling and ovulation of Angora does. *J. Anim. Sci.* 19:368-375.
- Shelton, M. 1980. Goats: Influence of various exteroceptive factors on initiation of estrus and ovulation. *Int. Goat Sheep Res.* 1(2):156-162.
- SIAP-SAGARPA, 2006 'Base de datos' en línea <http://sagarpa.com.mx> [acceso el 23 de mayo]
- Signoret, J.P. 1980. Effect de la présence du mâle sur les mécanismes de reproduction de la femelle des mammifères. *Reprod. Nutr. Dev.* 20:1457-1468.
- Signoret, J.P., Lindsay, D.P. 1982. The male effect in domestic mammals: effect on LH secretion and ovulation-importance of olfactory cues. In: *Olfaction and Endocrine Regulation*. Ed. W. Breiphtol. IRL Press, London. 63-70.
- Signoret, J.P., Fulkerson, W.J., Lindsay, D.R. 1982/83. Effectiveness of testosterone-treated weathers and ewes as teasers. *Appl. Anim. Ethol.* 9:37-45.

- Signoret, J.P. 1990. The influence of the ram effect on the breeding activity of ewes and its underlying physiology. In: Oldham, C.M., Martin, G.B., Purvis, I.W. Editors Reproductive Physiology of Merino Sheep: Concepts and consequences. University of Western Australia: Perth. 59-70.
- Thimonier, J. 2000. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone. INRA Prod. Anim. 13(3):177-183.
- Underwood, E.J., Shier, F.L., Davenport, N. 1944. Studies in sheep husbandry in Western Australia. V. The breeding season of Merino, crossbred and British breed ewes in the agricultural districts. J. Agric. West Aust. 11(2):135-143.
- Ungerfeld, R., Pinczak, A., Forsberg, M., Rubianes, E. 1999. Response of Corriedale ewes to the "ram effect" after priming with medroxyprogesterone, fluorogestone, or progesterone in the non-breeding season. Acta Vet. Scand. 40:299-305.
- Ungerfeld, R., Forsberg, M., Rubianes, E. 2004. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. Reprod. Fertil. Dev. 16:479-490.
- Véliz, F.G., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2006. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrous female goats. Anim. Reprod. Sci. 92:300-309.
- Vielma, J., Hernández, H., Véliz, F.G., Flores, J.A., Duarte, G., Chemineau, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2004. Effect of sedation of does on LH release in does submitted to buck. 8th International Conference on Goats. 4-9 July, University of Pretoria, South Africa. p147. [Abs.]

- Vielma, J., Hernández, H., Véliz, F.G., Flores, J.A., Duarte, G., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2005. Buck vocalizations stimulate estrous behavior in seasonal anovulatory female goats. *Reprod. Dom. Anim.* 40:360 (Abs.70).
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati. 1993a. The male effect in Australian cashmere goats. 1. Ovarian and behavioural response of seasonally anovulatory does following the introduction the buck. *Anim. Reprod. Sci.* 32:41-53.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati. 1993b. The “male effect” in the Australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 32:69-84.
- Walkden-Brown, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 52:243-257.

APÉNDICE

Anexo 1. Carta de recepción de la revista Veterinaria México

Anexo 2. Carta de recepción de la revista Animal Science