

ESTIMULACIÓN DE LA ACTIVIDAD ESTRAL EN CABRAS EXPUESTAS DE MANERA DISCONTINUA A LOS MACHOS Y FALLAS REPRODUCTIVAS EN CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO MACHO

RAYMUNDO RIVAS MUÑOZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de
Doctor en Ciencias Agrarias



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
AGRARIA
ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

Torreón, Coahuila, México
Junio 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**ESTIMULACIÓN DE LA ACTIVIDAD ESTRAL EN CABRAS EXPUESTAS DE
MANERA DISCONTINUA A LOS MACHOS Y FALLAS REPRODUCTIVAS EN
CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO MACHO**

TESIS POR

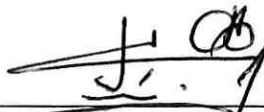
RAYMUNDO RIVAS MUÑOZ

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

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:



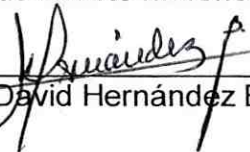
Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Asesor:



Dr. Gerardo Duarte Moreno

Asesor:



Dr. Juan David Hernández Bustamante

Asesor:

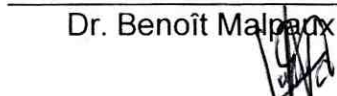


Dr. Benoît Malpaux

Asesor:



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado



Dr. José Alfredo Flores Cabrera



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

Torreón, Coahuila, México, Junio de 2007

DEDICATORIA

A DIOS NUESTRO SEÑOR

A MIS PADRES

SR. FRANCISCO RIVAS QUIÑONES

SRA. MARIA MUÑOZ DE RIVAS

Por la educación y valores familiares, así como por todas las enseñanzas que me han brindado a lo largo de mi vida, y sobre todo por el gran amor que nos han brindado a mí y a toda mi familia.

A MI ESPOSA E HIJAS

A mi esposa **Eunice** por el amor y su infinita paciencia que me ha brindado todos estos años, y a mis hijas **Brianda**, **Yehevani** e **Isabel** por comprender que el tiempo en el cual no estuve a su lado, será recompensado con cariño y comprensión.

A MIS HERMANAS

Gabriela y **Verónica Rivas** por su comprensión y apoyo en los momentos de intimidad familiar.

A mi suegra **Maria Concepción de la Torre Rivera** y a mi cuñada **Mara Jacqueline de la Torre Rivera** por apoyar a mi esposa en la atención de mi hogar e hijas.

Finalmente, y de manera muy especial a mi abuelita **Ángela Hernández de Muñoz** porque siempre ha sido el pilar de toda una gran familia. De igual manera a mi tío **Benito Muñoz** quien con su trabajo y forma de vida siempre ha sido para mí un gran ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por las facilidades otorgadas para la realización de mis estudios de Doctorado. Asimismo a todos los maestros que intervinieron en mi programa doctoral.

Al **Instituto Tecnológico de Torreón (ITT)** y a la **Dirección General de Educación Superior Tecnológica** por las facilidades administrativas que me otorgaron durante el proceso de mi formación doctoral.

Al **CONACYT** por haberme aceptado como becario y así poder realizar mis estudios de doctorado.

Al **Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez** por la amistad que siempre me ha brindado, por su brillante asesoría y apoyo incondicional para la realización y conclusión de mi preparación académica.

A mi Comité Particular de Asesoría: **Dr. Benoît Malpaux, Dr. Gerardo Duarte Moreno, Dr. José Alfredo Flores Cabrera y Dr. Juan David Hernández Bustamante**, por sus valiosas aportaciones para este trabajo.

Al **Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras** por su amistad y sobre todo por su apoyo durante mis estudios, y al **Dr. Horacio Hernández** por el valioso apoyo que me brindó.

A todos los miembros del **CIRCA**, de ahora y de antes; y a todos **mis compañeros alumnos del posgrado**.

A la Subdirección y al Departamento de Postgrado de la UAAAN-UL.

A **Benoît Malpaux y Bernard Leboeuf** por su asesoría, consejos y hospitalidad durante mi estancia en Tours y Rouillé, Francia, respectivamente.

A los caprinocultores **Gonzalo Zárate y Alejandro Sandoval** por facilitar sus cabras con las cuales realicé los experimentos que son la base de esta tesis.

COMPENDIO

**Estimulación de la actividad estral en cabras expuestas de manera
discontinua a los machos y fallas reproductivas en cabras sometidas al
efecto macho**

Por

Raymundo Rivas Muñoz

DOCTORADO

CIENCIAS AGRARIAS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Unidad Laguna**

Torreón, Coahuila, México, Junio de 2007

Director de tesis: José Alberto Delgadillo Sánchez

Palabras clave: Efecto macho, actividad estral, fotoperiodo, mortalidad embrionaria, aborto, pseudogestación

La introducción de un macho en un grupo de hembras anéstricas puede estimular y sincronizar su actividad sexual. A este fenómeno se le conoce como efecto macho. Generalmente, cuando se utiliza el efecto macho, los animales se encuentran en condiciones de confinamiento, lo que permite un contacto continuo entre ambos sexos. El contacto físico entre machos y hembras, debe ser mantenido por 24 h durante varios días para inducir el comportamiento estral y la ovulación en la mayoría de las hembras. Después de que las hembras son estimuladas mediante el efecto macho, la presencia de algunas fallas reproductivas no permiten que todas sean fecundadas o lleven a término

la gestación. Algunas hembras manifiestan actividad estral y/o ovulatoria, no quedan gestantes y retornan al estado de anestro. Otras hembras son fertilizadas, pero existe muerte embrionaria, pseudogestación o aborto, lo que disminuye considerablemente la fertilidad de un grupo de hembras expuestas al efecto macho. Por ello, se realizaron dos estudios para investigar si la presencia continua de los machos es necesaria para estimular la actividad estral de las cabras anéstricas y determinar las fallas reproductivas en las hembras sometidas al efecto macho.

Artículo 1.

Estimulación del comportamiento estral en las cabras en pastoreo mediante la exposición continua o discontinua a los machos

El objetivo de este estudio fue determinar si la presencia continua del macho es necesaria para estimular la actividad sexual de las hembras que son sometidas al efecto macho. Se utilizaron 52 hembras anovulatorias, las cuales fueron divididas en dos grupos homogéneos (n=26, cada uno) de acuerdo a su condición corporal y producción de leche. Ambos grupos, fueron manejados en pastoreo libre y suplementados con 1.5 kg de heno de alfalfa (18% PC) y 500 g de concentrado comercial con 14% de proteína cruda por animal por día. Todos los alimentos fueron proporcionados en base tal como ofrecido. Ambos grupos fueron puestos en contacto con dos machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre. En un grupo, los machos salieron al pastoreo durante el día con las hembras y permanecieron en contacto con ellas las 24 h del día (grupo continuo) durante

todo el experimento. En el otro grupo, las hembras salieron al pastoreo y los machos permanecieron todo el tiempo en el corral; el contacto diario entre las hembras y los machos en este grupo fue sólo de 16 h por día (de 1700 a 0900), durante los 18 días que duró el experimento (grupo discontinuo). La actividad estral se determinó dos veces al día. La proporción de hembras que desplegaron al menos un comportamiento estral no fue diferente ($P=0.55$) entre los grupos (96.2% y 92.3% para el grupo continuo y discontinuo, respectivamente). La latencia al estro fue semejante en el grupo continuo (3.9 ± 0.6 días) y en el grupo discontinuo (2.8 ± 0.4 días; $P=0.15$). El porcentaje de ciclos estrales de corta duración no fue diferente entre los grupos continuo (30.8%) y discontinuo (53.9%; $P=0.09$). La fertilidad obtenida al parto fue igual en ambos grupos (77%; $P=1.00$). Asimismo, la prolificidad fue similar en ambos grupos (continuo: 1.7 ± 0.2 ; discontinuo: 2.0 ± 0.1 ; $P=0.12$). Estos resultados demuestran que 16 h de contacto entre hembras y machos son suficientes para estimular la actividad sexual de las hembras que son sometidas al efecto macho en condiciones de pastoreo.

Artículo 2.

El retorno al anestro y las pérdidas post-implantación son las principales fallas reproductivas de las cabras sometidas al efecto macho

El objetivo del presente estudio fue determinar las fallas reproductivas de las cabras del México subtropical sometidas al efecto macho. Veintinueve cabras anovulatorias fueron puestas en contacto con tres machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos a partir del 1

de noviembre. La actividad estral se determinó dos veces al día. La evolución de la gestación se registró mediante ecografía transrectal 26, 33, 46 y 60 días después del último estro. Todas las hembras (100%, 29/29) desplegaron comportamiento estral al menos en una ocasión en los primeros 15 días de exposición a los machos. El 79% (23/29) de las hembras fueron detectadas gestantes a los 26 días después del último estro. El porcentaje de hembras gestantes a los 26 días no fue diferente del registrado a los 60 días de gestación (62%, 18/29; $P>0.05$). De las 23 hembras diagnosticadas gestantes a los 26 días, sólo 16 de ellas parieron. Del 44.8% (13/29) de las hembras que no parieron, el 46% (6/13) presentaron pérdida post-implantación y el otro 46% (6/13) de ellas que fueron estimuladas, no quedaron gestantes y retornaron al anestro. Una hembra (8%) fue diagnosticada pseudogestante a los 46 días después del último celo. Estos resultados demuestran que la fertilidad de las cabras sometidas al efecto macho es afectada por aquellas hembras que retornan al anestro, aquellas que presentan pérdidas post-implantación y aquellas pseudogestantes.

ABSTRACT

Stimulation of estrous behavior in female goats by discontinuous exposure to males and reproductive failures in goats submitted to the male effect

By

Raymundo Rivas Muñoz

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRARIAS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Unidad Laguna**

The introduction of a male in a group of anestrous females can stimulate and synchronize their sexual activity. This phenomenon is known as the male effect. Generally, when utilizing the male effect, animals are kept in confined conditions allowing continuous contact between sexes, a factor considered to be critical for the sexual response of females exposed to males. Physical contact between sexes must be maintained 24 h during several days to induce estrous behavior and ovulation in most females. After that females are stimulated by the male effect, some reproductive failures reduce their fertility. Therefore, two studies were conducted to investigate if the continuous presence of the males is necessary to stimulate estrous behavior in anestrous female goats and determine the reproductive failures in female goats submitted to the male effect.

Article 1.

Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males

The objective of this study was to determine if continuous presence of males is necessary to stimulate the estrous behavior of the anestrus female goats submitted to the male effect. Fifty-two anestrus female goats were used and divided in two homogeneous groups (n=26, each one) according to their body condition and milk production. Both groups were maintained under grazing conditions and at night goats were penned in two open pens. Goats received 1.5 kg of alfalfa hay (18% CP) and 500 g of commercial concentrate with 14% CP (1.7 Mcal/kg), per doe, with free access to mineral blocks and water. All feeds were provided in basis just as offered. Both groups were put in contact with three males induced to an intense sexual activity by subjecting them to 2.5 months of long days from November 1. Animals in one group grazed together in open rangeland and remained constantly in contact with males (continuous group). In the other group, males remained in the shaded pen during the day while females grazed in open rangeland. Bucks were therefore exposed to females only for 16 h daily from 1700 to 0900; this was the discontinuous group. Bucks remained with females for 18 d. Estrous behavior was detected twice daily. The percentage of females that displayed estrous behavior did not differ (P=0.55) between continuous (96.2%) and discontinuous groups (92.3%). Mean interval between introduction of males and onset of estrous behavior was not different (P=0.15) between groups (continuous: 3.9 ± 0.6 d, discontinuous: 2.8 ± 0.4 d). There was no difference (P=0.09) in the proportion of females displaying

short estrous cycles from continuous (30.8%) and discontinuous (53.9%) groups. Fertility was identical ($P=1.00$) in both groups (77%). Furthermore, prolificacy did not differ ($P=0.12$) between continuous (1.7 ± 0.2) and discontinuous (2.0 ± 0.1) groups. These results demonstrate that with only 16 h of contact between both sexes is enough to stimulate their sexual activity of females submitted to the male effect.

Article 2.

Returns to anoestrus and post-implantation losses are the main reproductive failures in female goats submitted to the male effect

The objective of the present study was to determine the reproductive failures of the female goats from subtropical Mexico submitted to the male effect. Twenty-nine anestrus female goats were put in contact with three males induced to an intense sexual activity by subjecting them to 2.5 months of long days from November 1. Estrous behavior was detected twice daily and pregnancy evolution was recorded by transrectal ultrasonography 26, 33, 46 and 60 days after the last estrous behavior. All females (100%, 29/29) displayed at least an estrous behavior in the first 15 of exposure to males. Seventy-nine percent (23/29) of females were detected pregnant at 26 days after the last estrous behavior. This percentage was not different ($P>0.05$) from that registered at 60 days of pregnancy (62%, 18/29). Of the 23 females diagnosed pregnant at 26 days, only 16 (55.2%) gave a birth. From 44.8% (13/29) of females that failed to give a birth, 46% (6/13) had post-implantation losses and 46% (6/13) of them were stimulated and then returned to anestrus. A female (8%) was diagnosed

pseudopregnat 46 days after the last estrous behavior. These results demonstrate that fertility of the female goats submitted to the male effect is affected by those that return to anestrus, those with post-implantation losses and by pseudopregnancy.

Índice	Pág
COMPENDIO	V
ABSTRACT	ix
I. Introducción	1
II. Revisión de Literatura	3
A) Efecto macho y factores que influyen en su respuesta	3
2.1. Efecto macho	3
2.2. Respuesta sexual de las hembras sometidas al efecto macho	4
2.3. Factores que afectan la respuesta sexual de las hembras al efecto macho	7
2.3.1. Intensidad del comportamiento sexual del macho	7
2.3.2. Nivel de alimentación y conducta sexual de las hembras sometidas al efecto macho	9
2.3.3. Tiempo de contacto entre machos y hembras	13
B) Factores que afectan la fertilidad de las cabras sometidas al efecto macho	16
2.4. Fallas reproductivas	16
2.4.1. Hembras que retornan al anestro	16
2.4.2. Pérdidas post-implantación	18
2.4.2.1. Mortalidad embrionaria	19
2.4.2.1.1. Gonadotropinas y calidad del ovocito	19
2.4.2.1.2. Alimentación de las hembras y sobrevivencia del ovocito	19
2.4.2.1.3. Alimentación de las hembras, desarrollo y sobrevivencia embrionaria	20

2.4.2.1.4. Condición corporal de las hembras y sobrevivencia embrionaria	22
2.4.2.2. Abortos	22
2.4.3. Pseudogestación	23
III. Objetivos del estudio	25
IV. Artículos	26
1. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuos exposure to males	27
2. El retorno al anestro y las pérdidas post-implantación son las principales fallas reproductivas de las cabras sometidas al efecto macho	35
V. Discusión	58
VI. Literatura citada	62

Índice de figuras

Pág

Figura 1. Respuesta estral y ovulatoria de las cabras y ovejas sometidas al efecto macho	6
Figura 2. Porcentaje diario de cabras de la Comarca Lagunera que manifiestan estro al ser sometidas al efecto macho	9
Figura 3. Porcentaje acumulado e intervalo entre la exposición de las cabras a los machos y el inicio de la actividad estral	11
Figura 4. Niveles de LH en ovejas Merino anovulatorias antes, durante y después de ser expuestas a los machos	14
Figura 5. Porcentaje de hembras que ovulan en relación al tiempo de contacto con los machos	15
Figura 6. Porcentaje de ovejas Il-de-France que ovulan después de ser estimuladas con un macho vasectomizado	18

I. Introducción

El estado productivo de la caprinocultura mundial ha evolucionado hacia una mayor producción de carne y leche, especialmente en los países en desarrollo (Morand-Fehr y Boyasoglu, 1999). En estos países, uno de los problemas más comunes en el manejo de los hatos caprinos es la estacionalidad reproductiva, la cual provoca, a su vez, una estacionalidad en la obtención de los productos caprinos (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991; Chemineau *et al.*, 1995). Numerosas investigaciones realizadas en el mundo y específicamente en el subtrópico mexicano, han demostrado que la estacionalidad reproductiva puede romperse utilizando el efecto macho (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Flores *et al.*, 2000; Véliz *et al.*, 2004; Delgadillo *et al.*, 2006). El efecto macho es una técnica de bioestimulación consistente en estimular la actividad sexual de las hembras anéstricas al ponerlas en contacto con los machos (Chemineau, 1987; Delgadillo *et al.*, 2004; Ungerfeld *et al.*, 2004).

Generalmente, cuando se utiliza el efecto macho, los animales se encuentran en condiciones de confinamiento, lo que permite un contacto continuo entre ambos sexos (Signoret, 1990; Walkden-Brown *et al.*, 1993a). El contacto físico entre ambos sexos debe ser mantenido por 24 horas durante varios días para inducir el estro y la ovulación en la mayoría de las hembras (Oldham y Pearce, 1983), ya que cuando los machos son removidos a las pocas horas o

días, la secreción de LH en las hembras decrece inmediatamente, lo que no permite que se presente la ovulación (Pearce y Oldham, 1988; Signoret, 1990).

Por otra parte, una vez que las hembras son estimuladas mediante el efecto macho, algunas fallas reproductivas no permiten que todas las hembras sean fecundadas o lleven a término la gestación (Smith *et al.*, 1996). Algunas de estas hembras manifiestan actividad estral y ovulatoria, no se gestan y retornan nuevamente al estado de anestro (Walkden-Brown *et al.*, 1999). Otras hembras son fertilizadas, pero existe muerte embrionaria, aborto o pseudogestación, lo que disminuye considerablemente la fertilidad (número de hembras preñadas o que paren/número de hembras expuestas a los machos) de las hembras expuestas al efecto macho (Smith *et al.*, 1996; Lopes Júnior *et al.*, 2004; Kleemann y Walter, 2005). En las cabras de la Comarca Lagunera sometidas al efecto macho, más del 80% de las cabras presentan actividad estral en los primeros 14 días después del primer contacto con los machos. Sin embargo, la fertilidad al parto de estas hembras oscila entre el 60 y 70% (Flores *et al.*, 2000; Véliz *et al.*, 2004), desconociéndose las causas por las cuales el 30 ó 40% de estas hembras no llegan a parir.

Por lo antes mencionado, los objetivos de esta tesis fueron: 1) determinar si la presencia continua del macho con las hembras es necesaria para estimular la actividad sexual de las mismas y 2) determinar cuáles son las fallas reproductivas que se presentan en las hembras que son sometidas al efecto macho.

II. Revisión de literatura

A) Efecto macho y factores que influyen en su respuesta

2.1. Efecto macho

En las ovejas y cabras, la introducción súbita del macho en un grupo de hembras anovulatorias, puede inducir la actividad sexual de éstas unos días después de ponerlas en contacto con el macho (Chemineau, 1987; Delgadillo *et al.*, 2004., Martin *et al.*, 2004; Ungerfeld *et al.*, 2004). En ovejas, este fenómeno lo describieron por primera vez Prudhomme (1732) y Girard (1813). Posteriormente, Underwood *et al.* (1944) demostraron la relación entre la fecha de introducción del macho al rebaño y la época de partos, sugiriendo que las montas ocurren entre 20 y 25 días después del primer contacto entre los carneros y las ovejas. Desde entonces, el efecto macho se ha estudiado detalladamente en ovejas y cabras (ovinos: Schinckel, 1954; caprinos: Shelton, 1960). En la actualidad, el efecto macho es una técnica de bioestimulación que se utilizada exitosamente en diferentes latitudes del mundo para estimular la actividad sexual de las hembras anéstricas (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2006).

2.2. Respuesta sexual de las hembras sometidas al efecto macho

La exposición de las cabras y ovejas a un macho provoca un rápido incremento en la frecuencia de pulsos de la hormona luteinizante (LH) (Poindron *et al.*, 1980; Álvarez y Zarco, 2001). En las cabras Saanen, la secreción pulsátil de LH aumenta de 0.3 pulsos 3 h antes de la introducción del macho a 2.2 pulsos 3 h después de la introducción de éste (Chemineau *et al.*, 1986). De manera similar, en las cabras Criollas del norte de México, la secreción pulsátil de LH aumenta de 1 pulso en 4 h antes de la introducción del macho a 2.9 pulsos 4 h después del contacto con éste (Vielma, 2006). En las cabras Criollas de la isla de Guadalupe, el pico preovulatorio de LH ocurre a las 53 ± 12 h después de ser expuestas al macho, y la ovulación ocurre 24 h más tarde (Chemineau, 1987). Esta ovulación es acompañada en un 68% de un comportamiento estral entre el día 2 y 3. Sin embargo, la mayoría (76%) de las ovulaciones son seguidas por una fase lútea de corta duración que en promedio dura 5.3 días. Después de este ciclo ovárico corto se produce una segunda ovulación cuyo cuerpo lúteo es de duración normal, la cual es asociada en un 89% con la manifestación de comportamiento estral y se presenta entre los días 7 y 12 después de la introducción de los machos (Figura 1; Chemineau *et al.*, 1983; Chemineau, 1987). En las cabras Criollas del norte de México, Flores *et al.* (2000) reportaron resultados similares a los descritos por Chemineau (1987). En las ovejas, un pico preovulatorio de LH se observa alrededor de 36 h después de ponerlas en contacto con los machos, y la ovulación ocurre

alrededor de 12 horas después del pico de LH (Martin *et al.*, 1986; Rosa y Bryant, 2002; Gelez y Fabre-Nys, 2004). La mayoría de estas ovulaciones se presentan sin comportamiento estral dentro de los primeros 6 - 7 días después de la introducción de los machos; después, el primer comportamiento estral aparece en conjunción con la segunda ovulación entre los días 17 y 20 después del primer contacto con los machos (Figura1;Thimonier *et al.*,2000; Gelez y Fabre-Nys, 2004; Ungerfeld *et al.*, 2004).

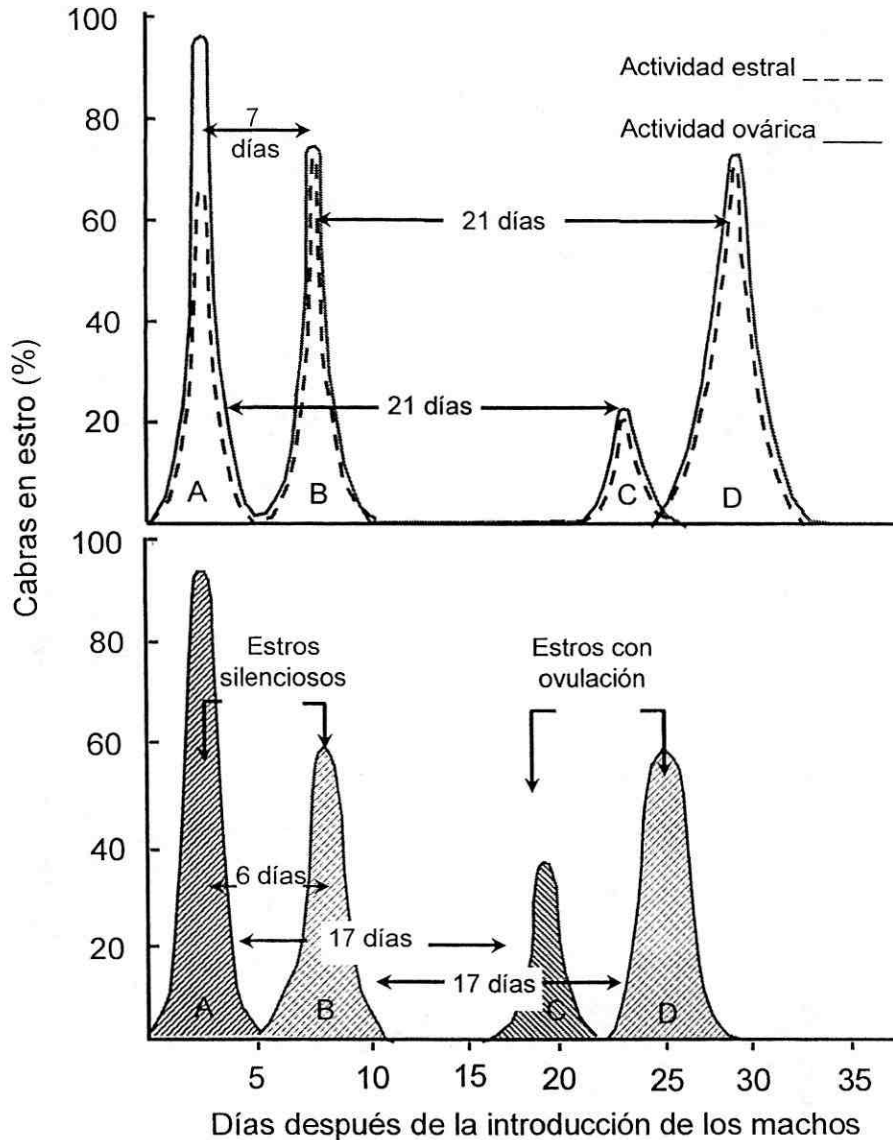


Figura 1. Respuesta estral y ovulatoria de las cabras (arriba) y ovejas (abajo) sometidas al efecto macho. En cabras, más del 90% de ellas ovulan alrededor del día 3 después del contacto con el macho. Esta primera ovulación es acompañada de estro en un 62% (pico A). La mayoría de las hembras presentan un ciclo corto, provocando una segunda ovulación acompañada de estro 5 días después de la primera ovulación (pico B). Si las hembras no quedan gestantes, presentan un ciclo de duración normal después de la primera ovulación (pico C). Lo mismo sucede después de la segunda ovulación (pico D). Las ovulaciones de los picos B, C y D están asociadas con estro en más del 90%. En las ovejas, durante los primeros 2-4 días se presenta la primera ovulación sin estro (pico A). La mayoría de las ovejas presentan un ciclo corto, ocasionando una segunda ovulación sin estro, alrededor del día 7 (pico B). Las siguientes ovulaciones son acompañadas de estro aproximadamente entre los días 18 y 25 (picos C y D) después de la introducción de los machos (Modificado de: Cabras: Chemineau, 1987; Ovejas: Thimonier *et al.*, 2000).

2.3. Factores que afectan la respuesta sexual de las hembras al efecto macho

La intensidad del comportamiento sexual del macho (Delgadillo *et al.*, 2003), el estado nutricional y la condición corporal de las hembras (Atti *et al.*, 2004), el sistema de explotación (Fowler, 1984), y el tiempo de contacto entre ambos sexos (Signoret, 1990), son algunos factores que pueden modificar la respuesta estral y ovulatoria de las hembras sometidas al efecto macho. El retorno al anestro después de que las hembras son estimuladas, la mortalidad embrionaria, los abortos y la pseudogestación, pueden afectar la fertilidad de las hembras que son sometidas al efecto macho (Smith *et al.*, 1996; Lopes Júnior *et al.*, 2004).

2.3.1. Intensidad del comportamiento sexual del macho

La intensidad del comportamiento sexual de los machos puede influir la respuesta sexual de las hembras sometidas al efecto macho. Los machos cabríos Cashmere alimentados con una dieta de alta calidad tienen niveles más altos de testosterona plasmática (hormona responsable de la libido), y un olor sexual más fuerte que los machos alimentados con una dieta de baja calidad. Los machos bien alimentados estimulan la actividad sexual del 71% de las hembras anéstricas, mientras que los subalimentados sólo estimulan el 38%, en los primeros cinco días después de su introducción con las hembras (Walkden-Brown *et al.*, 1993a). Asimismo, en las cabras Criollas del norte de México que

se encuentran en anestro estacional, más del 95% reinician su actividad sexual al ser expuestas a machos inducidos a una intensa actividad sexual mediante un tratamiento de 2.5 meses de días largos, seguidos o no de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina durante el periodo de reposo sexual, mientras que sólo el 10 % lo hacen cuando son expuestas a machos en reposo sexual (Figura 2; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2006). Los machos tratados fotoperiódicamente, son capaces de estimular la actividad sexual de las hembras mantenidas en condiciones extensivas de igual manera que aquellas mantenidas en confinamiento (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2004; Delgadillo *et al.*, 2006). En los ovinos, los carneros que manifiestan un intenso comportamiento sexual, estimulan la actividad estral y ovulatoria de la mayoría de las hembras. En cambio, esta proporción de hembras disminuye al ser expuestas a machos con un débil comportamiento sexual (Perkins y Fitzgerald, 1994; Rosa *et al.*, 2000). Estos resultados demuestran que la intensidad del comportamiento sexual de los machos es de gran importancia para estimular de manera eficaz la actividad sexual de las hembras que se encuentran en anestro estacional.

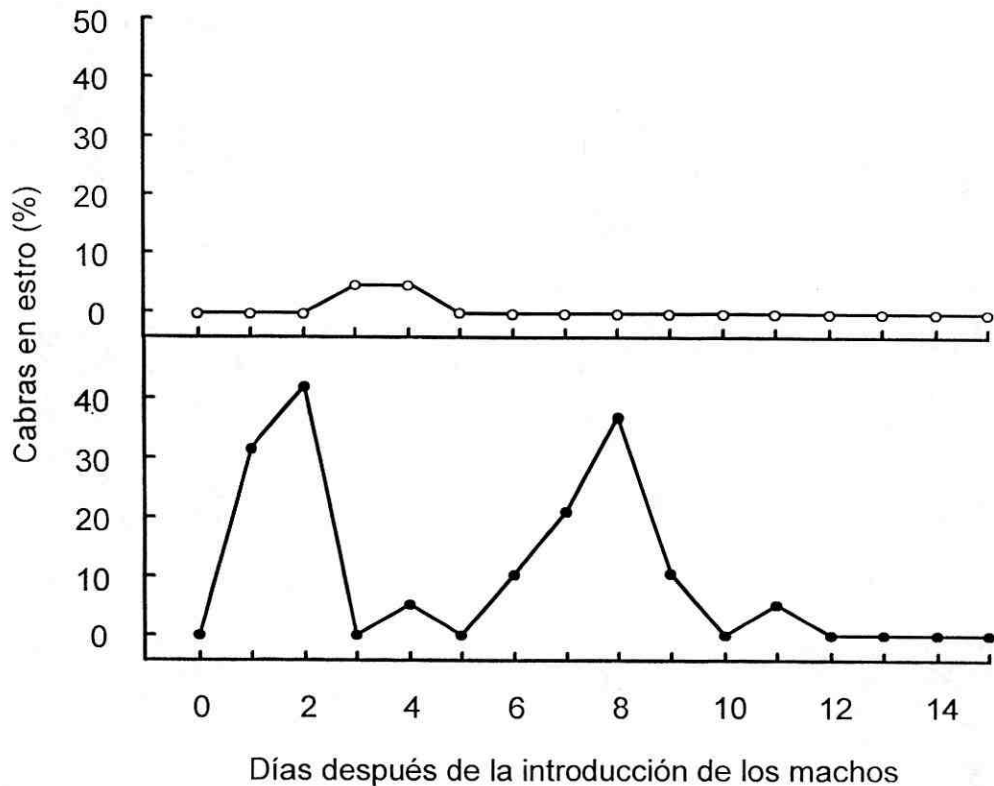


Figura 2. Porcentaje diario de cabras locales de la Comarca Lagunera que manifiestan estro al ser sometidas al efecto macho. Un grupo de cabras fue expuesto a machos en reposo sexual (○). El otro grupo de cabras fue expuesto a machos cabríos inducidos a una intensa actividad sexual durante el periodo natural de reposo, al someterlos a 2.5 meses de días largos (16 h de luz por día) a partir del 1 de noviembre (●; Modificado de Véliz *et al.*, 2002).

2.3.2. Nivel de alimentación y conducta sexual de las hembras sometidas al efecto macho

El nivel alimenticio de las cabras y ovejas puede modificar la respuesta sexual (estral y ovulatoria), la tasa ovulatoria y la fertilidad de éstas cuando son sometidas al efecto macho (Wright *et al.*, 1990; Thimonier *et al.*, 2000; Walkden-Brown y Bocquier, 2000; Martin *et al.*, 2004). En las hembras bien alimentadas, la respuesta estral y ovulatoria de las hembras expuestas a los machos es más

alta que las hembras subalimentadas (Martin *et al.*, 2004; Kusina *et al.*, 2001). En efecto, el intervalo entre la introducción de los machos y el inicio de la actividad estral, es más prolongado (5 días) en las cabras subalimentadas, que tienen una baja condición corporal, que en las hembras bien alimentadas, que tienen una alta condición corporal (2 días). Asimismo, el porcentaje de hembras que despliegan un estro en los mismos días es de 2.5% en las cabras subalimentadas, mientras que en las hembras bien alimentadas es de 18% (Figura 3; Mellado *et al.*, 1994). La misma respuesta ha sido reportada en las ovejas de la raza Pelibuey (Heredia *et al.*, 2003). Finalmente, en las ovejas de la raza Coopwoth manejadas en praderas, a las cuales se les permitió consumir aproximadamente 1 kg de MS por día antes del empadre, sólo el 45% de ellas ovuló, mientras que el 82% de las hembras ovuló cuando se les permitió consumir aproximadamente 5 kg de MS por día (Smith *et al.*, 1983).

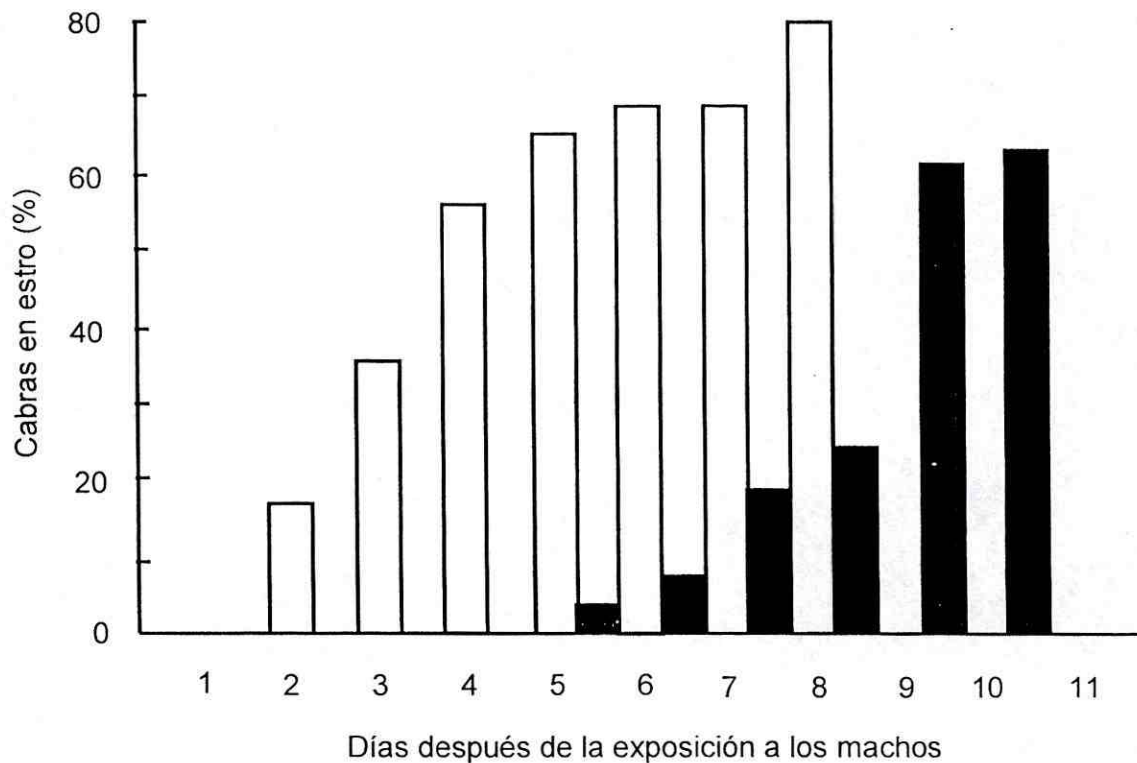


Figura 3. Porcentaje acumulado e intervalo entre la exposición de las cabras a los machos y el inicio de la actividad estral. El intervalo entre la introducción de los machos y el inicio de los estros fue más corto en las cabras con alta (\square) que en aquellas con baja condición corporal (\blacksquare). El porcentaje de las hembras en estro fue más elevado en las cabras con alta condición corporal (\square) que en aquellas con baja condición corporal (\blacksquare ; Modificado de Mellado *et al.*, 1994).

En las cabras bien alimentadas y explotadas en condiciones de confinamiento, la respuesta estral y ovulatoria después de someterlas al efecto macho es superior al 90% (Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2002), mientras que en aquellas explotadas en condiciones de pastoreo en las zonas áridas de México la respuesta es menor al 52% (Mellado y Hernández, 1996). Un complemento alimenticio proporcionado a las hembras puede mejorar la respuesta estral y ovulatoria al efecto macho. En las cabras de la Comarca Lagunera (26° N), por ejemplo, un complemento de alimento energético siete

días antes de exponerlas a los machos, incrementa la incidencia de estros (92%) durante los primeros 5 días de contacto macho-hembras y la proporción total de hembras que ovulan (100%), en comparación con aquellas cabras que no fueron complementadas (60% y 84%, respectivamente; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2005). Por otra parte, la tasa ovulatoria es generalmente más elevada en las hembras que tienen una buena alimentación o en aquellas que son complementadas antes de ser expuestas al efecto macho. En las cabras Criollas del norte de México que son explotadas en pastoreo, a las cuales se les proporciona un complemento de alimento energético siete días antes de la introducción de los machos con las hembras, la tasa ovulatoria durante los primeros 5 días es mayor (1.6) en comparación con aquellas cabras que no son complementadas, en las cuales es de 1.0 (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2006). En las ovejas de la raza Rambouillet, el porcentaje de hembras que ovulan (48%) y la tasa ovulatoria (0.57) son menores cuando se encuentran en un sistema de pastoreo que cuando son manejadas en confinamiento y alimentadas con heno de alfalfa (100% y 1.0, respectivamente; Hulet *et al.*, 1986). Asimismo, en las ovejas que son complementadas y/o que se les permite consumir aproximadamente 5 kg de MS por día antes del empadre, se presenta una mayor tasa ovulatoria que en aquellas sin suplementación o que se les restringe el consumo alimenticio aproximadamente a 1 kg de MS por día (Smith *et al.*, 1983; Nottle *et al.*, 1997).

Finalmente, en condiciones de pastoreo, la disponibilidad y calidad del alimento varía considerablemente durante el año, lo que provoca una disminución en la fertilidad de las hembras (Fowler, 1984; Atti *et al.*, 2004). En

un estudio realizado en Sudán durante la época seca del año, cuando la calidad del alimento es deficiente, se reportó que en las ovejas en pastoreo y suplementadas sólo 45 días antes del empadre, presentaron una tasa de gestación del 96%, mientras que las ovejas sin suplementación registraron sólo un 67% (El-Hag *et al.*, 1998). Una vez que existe la gestación, la fertilidad al parto también se puede ver afectada por la nutrición. En las cabras Criollas del subtrópico mexicano, la fertilidad al parto es mayor (70%) en las hembras que se encuentran en confinamiento, alimentadas con heno de alfalfa y concentrado comercial que en aquellas hembras que se encuentran en pastoreo y que alcanzan sólo el 40% (Fitz-Rodríguez, 2004). Asimismo, en las ovejas explotadas en pastoreo y complementadas, que tienen una alta condición corporal, la fertilidad es mejor (80-94%) que en aquellas en pastoreo sin complementación y que tienen una baja condición corporal (48-75%; Ramón *et al.*, 2002; Atti *et al.*, 2004). Los resultados descritos anteriormente demuestran que el nivel de la alimentación de las hembras que son sometidas al efecto macho afecta la respuesta sexual y reproductiva de las mismas.

2.3.3. Tiempo de contacto entre machos y hembras

Otro factor importante para que la mayoría de las hembras respondan adecuadamente al ser sometidas al efecto macho, es el tiempo de contacto entre ambos sexos. La exposición de las hembras a los machos estimula inmediatamente la secreción de la LH, la cual permanece elevada mientras exista el contacto macho-hembra (Chemineau *et al.*, 2006; Vielma, 2006), lo

que permite que la mayoría de ellas ovule (Figura 4; Oldham y Pearce, 1983; Cohen-Tannoudji y Signoret, 1987).

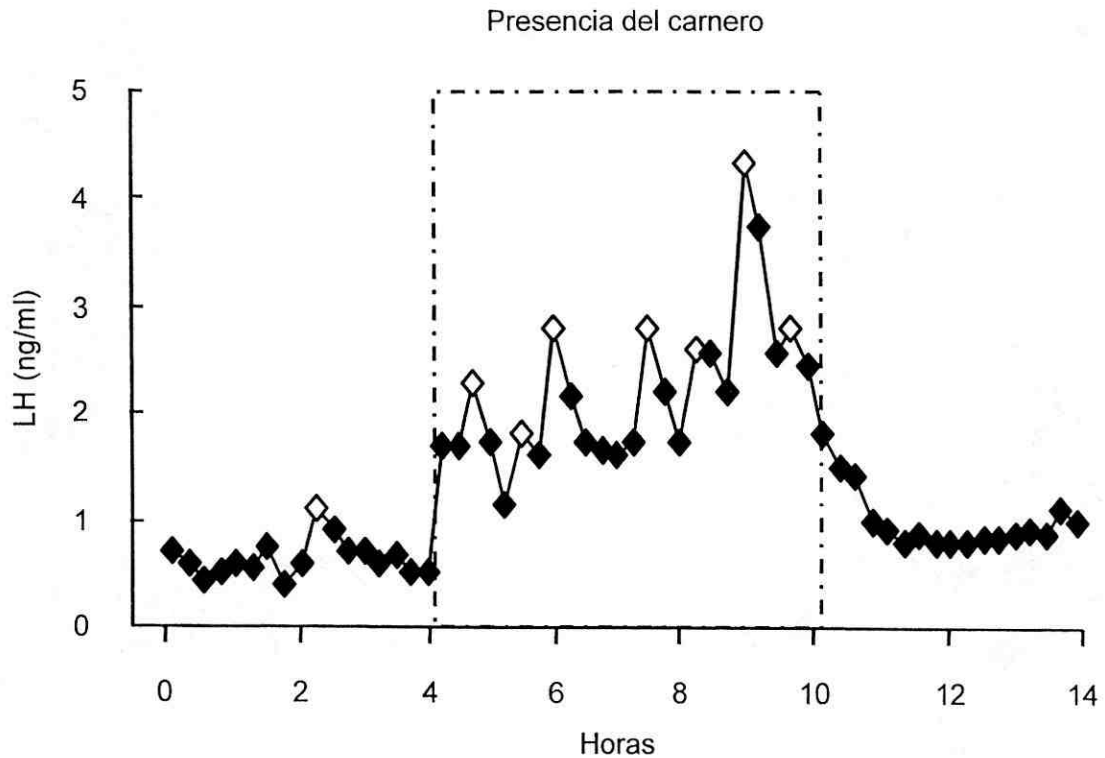


Figura 4. Niveles de LH en ovejas Merino anovulatorias antes, durante y después de ser expuestas a los machos. Las muestras fueron tomadas cada 15 min y los rombos blancos indican los picos de los pulsos. Nótese que los pulsos de LH se incrementan durante la presencia del macho y disminuyen al momento de retirarlo (Modificado de Oldham y Pearce, 1983).

Si el macho es retirado, la secreción de la LH disminuye, llegando rápidamente a los niveles basales, lo cual provoca una disminución de la proporción de hembras que ovulan. En efecto, al exponer a las ovejas Merino con los machos por diferentes periodos de tiempo, la mayoría (61%) de las hembras ovulan si permanecen con los machos durante 15 días continuos, mientras que con sólo 24 h de contacto entre los dos sexos, solamente el 18%

de las hembras alcanzan la ovulación (Figura 5; Signoret *et al.*, 1982; Signoret, 1990).

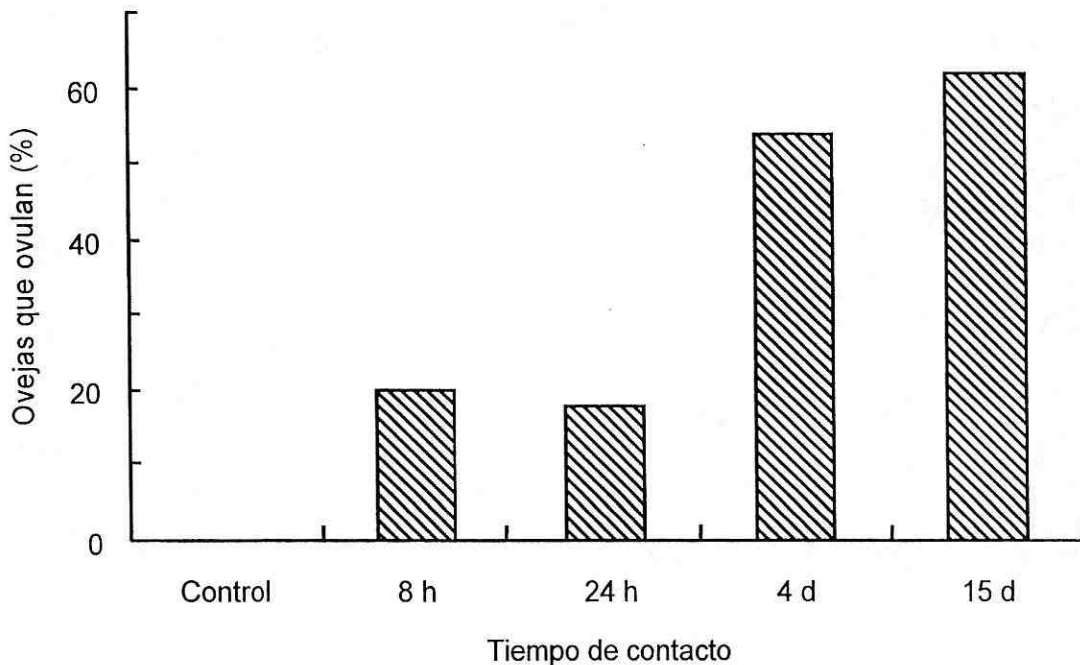


Figura 5. Porcentaje de hembras que ovulan en relación al tiempo de contacto con los machos. Grupo control, sin presencia de macho. Grupos con presencia de macho durante 8 y 24 horas, 4 y 15 días (Modificado de Signoret, 1990).

Finalmente, Rodríguez-Iglesias *et al.* (1992) mencionan también que la proporción de ovejas Corriedale que ovulan es mayor (60.3%) después de 25 que de 5 días (28.3%) de contacto continuo con los machos. Lo anterior demuestra que la presencia continua del macho es necesaria para mantener una elevada pulsatilidad de LH en las hembras, lo que permite desencadenar la ovulación en la mayoría de ellas.

B) Factores que afectan la fertilidad de las cabras sometidas al efecto macho

2.4. Fallas reproductivas

Cuando se realiza el efecto macho, algunas hembras responden al estímulo manifestando estro y ovulación, y otras no responden a la presencia del macho. Algunas hembras que responden al estímulo de los machos, no llegan a parir. Esta diferencia puede deberse a que algunas hembras manifiestan actividad estral y/o ovulatoria, no quedan gestantes y retornan nuevamente al estado de anestro. Otras hembras que sí son fecundadas pueden presentar algunas fallas reproductivas que impiden llevar a término la gestación (Pearce y Oldham, 1984; Smith *et al.*, 1996). Entre ellas, existen hembras que presentan pérdidas post-implantación (muerte embrionaria: Ashworth, 1995; abortos: Waldeland y Loken, 1991) en diferentes momentos de la gestación. Finalmente, existen hembras en las que por diversas causas se puede establecer una pseudogestación (Hesselink, 1993). Estas fallas disminuyen considerablemente la fertilidad de las hembras expuestas al efecto macho.

2.4.1. Hembras que retornan al anestro

El retorno al anestro de las hembras que responden a la presencia del macho manifestando actividad estral u ovulatoria, es un fenómeno común en cabras y ovejas expuestas al efecto macho (Pearce and Oldham, 1984;

Walkden-Brown et al., 1999) Este fenómeno se presenta aún cuando el macho se encuentra de manera permanente con las ovejas, es decir, que la presencia del macho no asegura que las hembras permanezcan cíclicas (Murtagh *et al.*, 1984). En efecto, del total de las hembras caprinas sometidas al efecto macho, una proporción de ellas no responde, otras presentan estro sin ovulación y otras tienen una ovulación silenciosa y caen después en el estado de anestro. Otras cabras presentan una fase lútea de corta duración e inmediatamente después retornan al estado de anestro, mientras otras hembras presentan estro y ovulación en una o más ocasiones y retornan al estado de anestro (Walkden-Brown *et al.*, 1999). Bajo esta perspectiva, algunos investigadores se dieron a la tarea de investigar en qué momento las hembras que fueron estimuladas por los machos retornaban al anestro. Nugent *et al.* (1998) observaron que en las ovejas Hampshire sometidas al efecto macho en mayo y que permanecen con los machos durante 33 días sin que éstos las preñaran, presentaban 1 ó 2 ciclos estrales y retornaban al estado de anestro. Asimismo, Oldham y Cognié (1980) mencionan que las ovejas Ile-de-France que se encontraban a la mitad de su estación de anestro (Mayo-Junio), y que fueron estimuladas exitosamente (100%) con un macho vasectomizado, el 98% de las hembras retornaban rápidamente al estado de anovulación, es decir que sólo un 2% de las hembras permanecían ciclando, en comparación con aquellas hembras que se encontraban aisladas de los machos (0% de hembras cíclicas; Figura 6). Estos resultados sugieren que el retorno al anestro es un evento común en las hembras que son expuestas al efecto macho y que éste, se puede presentar aún cuando las hembras tengan la presencia permanente de los machos.

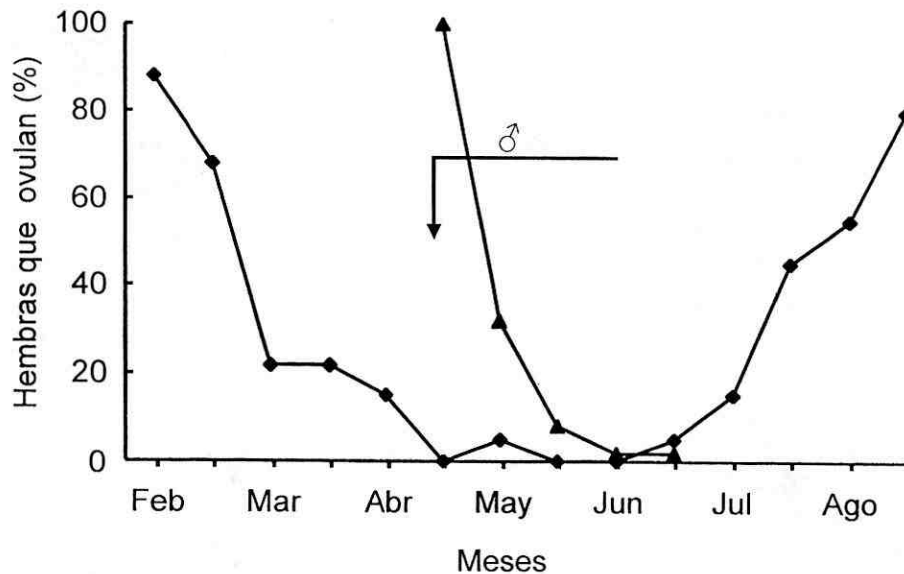


Figura 6. Porcentaje de ovejas Il-de-France que ovulan después de ser estimuladas con un macho vasectomizado (▲). A pesar de la presencia del macho con las hembras, éstas caen nuevamente en el estado de anovulación prácticamente en la misma proporción que las hembras que estuvieron aisladas de los machos (♦). La flecha indica el momento de la introducción del macho y la línea horizontal indica la permanencia de éste con las hembras (aproximadamente 60 días). Ambos grupos de hembras se encontraban a la mitad de su periodo de reposo sexual (Modificado de Oldham y Cognié, 1980).

2.4.2. Pérdidas post-implantación

Las pérdidas post-implantación, como son la mortalidad embrionaria y los abortos son fallas reproductivas que afectan la fertilidad (número de hembras preñadas o que paren/número de hembras expuestas a los machos) de las hembras expuestas a los machos (Kleemann y Walker, 2005).

2.4.2.1. Mortalidad embrionaria

Para que las hembras puedan producir un embrión viable, se requiere de un balance hormonal adecuado, de un ovocito de buena calidad y un ambiente uterino adecuado (Butler, 1998; Perry *et al.*, 2007). Estas condiciones pueden verse afectadas por el momento del año en que se produce la ovulación, la nutrición y el estado corporal de las hembras expuestas a los machos, entre otras causas (Domínguez, 1995; Molle *et al.*, 1997).

2.4.2.1.1. Gonadotropinas y calidad del ovocito

Cuando se realiza el efecto macho, los ovocitos de los folículos que llegan a ovular pueden ser de mala calidad debido al crecimiento rápido de los folículos y a un inadecuado ambiente gonadotrópico dado que las hembras se encuentran en anestro estacional (Chemineau *et al.*, 2006).

2.4.2.1.2. Alimentación de las hembras y sobrevivencia del ovocito

Además de la influencia de las gonadotropinas, la sub o sobre alimentación también pueden afectar el ambiente uterino necesario para la motilidad del ovocito y la calidad del mismo. En efecto, en las ovejas de la raza Western White-Faced alimentadas con una dieta rica en proteínas al 100 ó al 200% de sus necesidades de mantenimiento, la concentración de urea sanguínea aumenta entre los días 2 y 5 después del estro, lo cual genera un incremento en

el pH dentro del tracto reproductivo reduciendo el desplazamiento y la sobrevivencia del ovocito (Berardinelli *et al.*, 2001). Asimismo, en las ovejas alimentadas *ad libitum* con una dieta que contenía 16% de PC, se presentan ovocitos de menor calidad en comparación con aquellas alimentadas al 0.5 de sus necesidades de mantenimiento (Lozano *et al.*, 2003). Contrario a lo anterior, se ha reportado que las ovejas subalimentadas (0.5 de sus necesidades de mantenimiento) presentan una reducción en la calidad de sus ovocitos producidos (Abecia *et al.*, 2006), lo cual sugiere que la sub o sobrealimentación tienen un efecto negativo sobre la calidad del ovocito.

2.4.2.1.3. Alimentación de las hembras, desarrollo y sobrevivencia embrionaria

Una vez que los ovocitos son fertilizados, tanto por la rapidez de la respuesta al efecto macho como por el nivel de alimentación, se presenta una mayor cantidad de embriones con defectos morfológicos al momento de la implantación (Ashwort, 1995). Por lo tanto, el desarrollo y la sobrevivencia del embrión, también es influenciada por la sub o sobre alimentación (Abecia *et al.*, 2006). En efecto, se ha mencionado que en las ovejas alimentadas *ad libitum* con una dieta que contenía 16% de PC o al 0.5 de sus necesidades de mantenimiento se presenta menor desarrollo embrionario que en aquellas a las que se les proporciona una dieta control al 1.5 de sus necesidades de mantenimiento (Lozano *et al.*, 2003). De igual manera, Borowczyk *et al.* (2006), mencionan que en las ovejas de las razas Targhee y Rambouillet, se presentan

mejores tasas de desarrollo embrionario en las hembras bien alimentadas (79%) que en aquellas subalimentadas (64%). Por otra parte, tanto en las cabras como en las ovejas, la mortalidad embrionaria temprana se presenta entre los días 2 y 15 de la preñez como consecuencia de una sub o sobrealimentación de la madre (Ashwort, 1995). En efecto, se ha descrito que un cambio brusco en la dieta causa un rápido cambio en la fermentación ruminal y consecuentemente altera el pH uterino, el cual afecta la sobrevivencia del embrión (Kakar *et al.*, 2005). Asimismo, en las ovejas de la raza Sarda explotadas en pastoreo y suplementadas con soya (48% PC) durante 7 días antes de la monta, se presenta una mayor tasa de pérdida embrionaria (28%) que en aquellas hembras suplementadas durante 14 días antes de la monta y 2 después de la misma (13%), es decir, que el tiempo y el momento de la complementación tiene una influencia directa sobre la tasa de pérdida embrionaria (Molle *et al.*, 1997). Asimismo, en la ovejas de la raza Karayaka explotadas en pastoreo, se demostró que las hembras que son suplementadas con bajos niveles de proteína cruda (58 g por día), presentan mayor cantidad de pérdidas embrionarias que aquellas suplementadas con altos niveles de proteína (113 g por día), ya que bajos niveles de proteína comprometen el desarrollo embrionario y tiene un efecto adverso en la sobrevivencia del mismo (Ocak *et al.*, 2006).

2.4.2.1.4. Condición corporal de las hembras y sobrevivencia embrionaria

Por otra parte, la condición corporal, la cual es reflejo de la alimentación (Molle *et al.*, 1995; Morand-Fehr, 2005), afecta de manera importante la tasa de sobrevivencia embrionaria. En efecto, en las ovejas de la raza Rambouillet con una baja condición corporal (2.5), presentan un 28% más de mortalidad embrionaria que las hembras con una buena condición corporal (3.5; Meza-Herrera *et al.*, 2006). De acuerdo con las razones anteriores, podemos suponer que la alimentación afecta de manera importante la calidad del ovocito y el ambiente uterino necesario para el desarrollo y la sobrevivencia del embrión (Lozano *et al.*, 2003).

2.4.2.2 Abortos

Además de la mortalidad embrionaria, los abortos son otro factor importante dentro de las pérdidas post-implantación. En un estudio realizado en cabras (Criollas X Alpino Francés), observaron que la mayoría de los abortos ocurren entre el día 102 y 134 de la gestación (Romero-R *et al.*, 1998). Los abortos en un hato pueden ser causados por diferentes causas como lo son la influencia de las altas temperaturas y de agentes infecciosos, la nutrición y el estatus social. En efecto, en cabras noruegas, se encontró que existe una relación entre el calentamiento del agua de bebida y la incidencia de abortos, ya que los microorganismos que se reproducen en el agua caliente; producen toxinas que generan la luteólisis, provocando los abortos (Engeland *et al.*,

1998). Por otra parte, la *Brucela melitensis* es uno de los principales agentes infecciosos asociados a la presencia de abortos en las cabras a nivel mundial. En México, el 15% de abortos en los hatos caprinos se producen por la presencia de brucelosis en el último tercio de la gestación (Arbiza, 1986). Otro factor al cual se asocian los abortos es la nutrición (Waldeland y Loken, 1991) y/o la condición corporal de las hembras (Mellado *et al.*, 2004). En las hembras que son explotadas en condiciones de pastoreo, la complementación alimenticia reduce el porcentaje de hembras que abortan. En efecto, El-Hag *et al.* (1998), encontraron que en las ovejas del desierto de Sudán, la incidencia de abortos se disminuye hasta en un 41% en aquellas hembras que son suplementadas 45 días antes de la época de empadre y en el último tercio de la gestación, en comparación con aquellas que no son suplementadas. Finalmente, un bajo estatus social es una causa importante de abortos (Engeland *et al.*, 1997). En efecto, en las cabras con un bajo estatus social se genera un estrés crónico, y esto predispone la pérdida fetal, en comparación con las hembras que tienen un estatus medio y alto (Engeland *et al.*, 1997; Mellado *et al.*, 2006). De acuerdo a los criterios vertidos anteriormente, la incidencia de abortos en un hato, es debida principalmente a la alimentación, al estatus social de las hembras y agentes infecciosos como la brucela.

2.4.3. Pseudogestación

La pseudogestación es un fenómeno que se presenta tanto en hembras aisladas de los machos, como en aquellas en presencia de éstos y que son o

no inducidas a ovular con la administración de hormonas exógenas o bioestimulación (Hesselink, 1993; Leboeuf *et al.*, 1998; Wittek *et al.*, 1998; Chemineau *et al.*, 1999). La pseudogestación o hidrometra se caracteriza por la acumulación de líquido dentro del útero y la persistencia del cuerpo lúteo. La incidencia promedio de pseudogestación en las hembras de razas lecheras es de 9 % (rangos: de 3 a 20%; Hesselink, 1993). La pseudogestación es consecuencia de una perturbación de los mecanismos luteolíticos. En las hembras que están ciclando, una falla en la actividad luteolítica del último cuerpo lúteo de la estación sexual (Lopes Júnior *et al.*, 2004), puede provocar que se establezca una pseudogestación. La pseudogestación también puede establecerse después de ocurrida la muerte embrionaria (Ashworth, 1995). En efecto, si muere el embrión una vez que se establece el reconocimiento maternal de la preñez (Spencer y Bazer, 2004), no se produce la luteólisis del cuerpo lúteo y se acumula líquido en el lumen uterino ocasionando la presencia de la pseudogestación (Leboeuf *et al.*, 1998; Chemineau *et al.*, 1999). Con el análisis de la información anterior se concluye que es factible encontrar la presencia de algunas hembras pseudogestantes en los hatos caprinos que son sometidos al efecto macho.

III. Objetivos del estudio

Una mayor respuesta estral y ovulatoria de las hembras se obtiene al permanecer en contacto con los machos 24 h durante 15 días continuos. El primer objetivo de esta tesis fue determinar si 16 horas de contacto diario entre machos y hembras son suficientes para estimular la actividad sexual de las cabras anéstricas

No todas las cabras que son estimuladas por el efecto macho llegan a parir. Las causas de esta diferencia son desconocidas. El segundo objetivo de esta tesis fue determinar cuáles son las fallas reproductivas que se presentan en las cabras que son sometidas al efecto macho, mediante la evaluación de la respuesta estral y ovulatoria, así como la evolución de la gestación de las hembras.

IV. Artículos

Artículo 1, publicado en Journal of Animal Science. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuos exposure to males

Artículo 2, enviado a Veterinaria de México. El retorno al anestro y las pérdidas post-implantación son las principales fallas reproductivas de las cabras sometidas al efecto macho

Artículo 1. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuos exposure to males

Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males^{1,2}

R. Rivas-Muñoz,* G. Fitz-Rodríguez,* P. Poindron,† B. Malpoux,† and J. A. Delgadillo*³

*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; and †Physiologie de la Reproduction et des Comportements, UMR 6175 INRA-CNRS-Université de Tours-Haras Nationaux, IFR 135, 37380 Nouzilly, France

ABSTRACT: Two experiments were conducted during the anestrus period to determine: (1) whether males rendered sexually active by exposure to artificial long days stimulate estrous activity of female goats under grazed conditions (Exp. 1); and (2) whether continuous presence of the buck is necessary to stimulate this estrous activity (Exp. 2). In Exp. 1, 2 groups of females (n = 20/group), one in confinement and another under grazing conditions, were exposed to 4 bucks subjected to natural photoperiod (2 males/group). Two other groups of females (n = 20/group), in confinement or grazing, were exposed to 4 males treated with artificial long days (2 males/group). All groups were exposed to males for 15 d. The percentage of does detected in estrus during these 15 d was greater ($P < 0.001$) in the

2 groups exposed to males sexually prepared by long days (confined, 95%; grazed, 90%) than in groups exposed to males in natural photoperiod (confined, 15%; grazed, 45%). Does in Exp. 2 were allowed to graze and were exposed continuously (n = 26) or discontinuously (from 1700 to 0900; n = 26) for 18 d to males that had been stimulated to enter the breeding season by exposure to long days. The proportion of does that displayed estrous behavior in 18 d did not differ ($P = 0.55$) between groups (96.2 and 92.3% for continuous and discontinuous groups, respectively). The results indicate that anestrus goats managed under grazing conditions can be stimulated to express estrus by joining with males previously exposed to artificial long days. Continuous presence of the male is not necessary for this male effect.

Key words: anestrus female, estrous activity, male effect, management system, photoperiod

©2007 American Society of Animal Science. All rights reserved.

J. Anim. Sci. 2007. 85:1257–1263
doi:10.2527/jas.2006-115

INTRODUCTION

Induction of synchronous estrous behavior and ovulation in anovulatory females after introduction of a ram or buck is called the male effect (Chemineau, 1987; Ungerfeld et al., 2004). Generally, when utilizing the male effect, animals are kept in confined conditions, allowing continuous contact between sexes, a factor con-

sidered to be critical for the sexual response of the females exposed to males (Signoret, 1990; Walkden-Brown et al., 1993). Physical contact between sexes must be maintained for several days and be continuous to induce estrous behavior and ovulation in most females (Oldham and Pearce, 1983). When males are removed too early, LH secretion in the females decreases immediately, thus not allowing ovulation to occur (Pearce and Oldham, 1988; Signoret, 1990).

These conditions are not always possible under range conditions, where animals graze about 8 h/d without supplemental feed and remain in pens only at night. Under grazing conditions, estrous behavior and fertility of females exposed to males is low compared with that observed in confined conditions (Hulet et al., 1986; Mel-lado et al., 1994; Atti et al., 2004). Another critical factor for success of the male effect is use of sexually active males (Fitzgerald and Stellflug, 1991). Bucks treated with long days can stimulate ovulation and estrous behavior in female goats raised in confined conditions, whereas control males cannot (Flores et al., 2000).

¹This work was supported in part by the ANUIES, SEP, CONA-CyT-ECOS exchange program between Mexico and France (M02-A04).

²The authors are grateful to Rogelio Muñoz and Gonzalo Zárate for providing the female goats necessary for these studies; to Dolores López for her excellent and kind secretarial assistance. Raymundo Rivas-Muñoz (grateful to Instituto Tecnológico de Torreón-DGEST) and Gonzalo Fitz-Rodríguez were supported by a CONACyT scholarship during their doctoral studies.

³Corresponding author: joaldesa@yahoo.com

Received February 28, 2006.

Accepted October 26, 2006.

Therefore, to optimize the use of the male effect under grazing conditions, the aims of this study were to determine if males exposed to long days can stimulate estrous activity of female goats maintained under grazing conditions and whether the continuous presence of the males is necessary to stimulate estrous activity in anestrus female goats.

MATERIALS AND METHODS

The procedures used in these experiments were in accordance with the Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching (FASS, 1999).

The experiments were performed using Mexican goats (*Capra hircus*) from the Laguna region in the State of Coahuila, Mexico (latitude, 26°23' N and longitude, 104°47' W). The area is characterized by a dry climate, with an average annual rainfall of 27 cm (16 to 50 cm). The rainy season lasts from June to September, with a high interyear variability. Mean annual maximum and minimum temperatures are 36.6°C between May and August and 5.7°C between December and January, respectively.

Goats from the Laguna region were derived from the Spanish Granadina, Murciana, and Malagueña breeds, with repeated crosses with Alpine, Saanen, and Anglo-Nubian breeds. Females are generally anestrus from March to August, and bucks are in sexual rest from January to April (Delgadillo et al., 1999; Delgadillo-Sánchez et al., 2003). Female goats are used to produce milk and meat and are generally allowed to graze from 0900 to 1800 without supplemental feed. At night, does remain in outdoor pens.

Experiment 1

The aim of this study was to determine if males exposed to long days can stimulate estrus in seasonally anestrus female goats maintained under grazing conditions.

Males. Twenty adult male goats were used. Bucks were 2 to 4 yr old at the beginning of the study. Males were divided into 2 groups, according to BW, testicular weight, BCS, and male odor (see below for methodology) and kept in 2 outdoor pens (1 pen/group) from November 1 to March 28, when they were introduced into the groups of females. Control males (sexually inactive; $n = 10$) were exposed to natural photoperiod (13 h 41 min of light at the summer solstice and 10 h 19 min of light at the winter solstice) throughout the study. Treated males (sexually active; $n = 10$) were submitted to 16 h of light/d from November 1 to January 15. Artificial light was provided from 0600 to 0800 and from 1800 to 2200. The light intensity was at least 300 lx positioned laterally to the eyes of the animals. On January 16, the light treatment was stopped, and males were exposed only to the natural photoperiod until April 12. This treatment stimulates testosterone secretion, ano-

genital sniffing, nudging, and mounts during the sexual rest (Delgadillo et al., 2002; Véliz et al., 2006). Males were fed alfalfa hay (18% CP, DM basis) ad libitum and 300 g/d of commercial concentrate (14% CP; 1.7 Mcal/kg; DM basis) per buck, with free access to mineral blocks and water during the outdoor photoperiod treatment.

Females. Eighty multiparous, anovulatory female goats selected from a larger flock were used in this experiment. In these females, progesterone concentrations had been determined by RIA for plasma obtained from blood collected on March 2, 11, and 28 to verify the absence of ovarian activity until introduction of the males (Terqui and Thimonier, 1974). Does had given birth between August 1 and November 30, and kids were weaned between 20 and 30 d of age. All females were hand-milked daily during the experiment and isolated from any male from December 15 until March 28, when exposure to males was implemented. All female goats were allowed to graze for 8 h/d before the study.

On March 15, half of the females ($n = 40$) were maintained under grazing conditions; the other half ($n = 40$) was kept in confinement (open pens; 10×10 m). Allocation of animals between these conditions was done by BCS and milk production. On March 26, animals in both management conditions were further divided into 2 halves, by BCS and milk production, to constitute the experimental groups ($n = 20$ /group). Before exposure of does to the males, 1 doe in the confined group was eliminated due to sanitary problems. The 2 confined groups were kept in 2 shaded pens (4×5 m). The 2 grazed groups were kept during the night in 2 pens (4×5 m). The distance between 2 groups was at least 200 m.

Does in confined conditions were fed alfalfa hay (18% CP, DM basis) ad libitum and 200 g of commercial concentrate (14% CP; 1.7 Mcal/kg; DM basis), with free access to water and mineral blocks. Grazing females were kept on natural pasture from 0900 to 1800 without supplemental feed. At night, does remained in the pens. The natural vegetation consisted mainly of shrubs (*Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplex acan- tocarpa*, *Agave scabra*, and *Mimosa biuncifera*), herbaceous plants (*Heliantus ciliaris*, *Salsola kali*, and *Solanum elaeagnilolium*), and grasses (*Sorghum halepense*, *Chloris virgata*, *Setaria verticillata*, *Eragrostis pectinacea*, *Bouteloua curtipendula*, *Aristida purpurea*, and *Bouteloua barbata*).

Male Effect. On March 28 at 1800 (d 0), females in confined and grazing conditions were exposed to randomly selected control or light-treated bucks ($n = 2$ /group). Males remained with the females for 15 d.

Measurements. Body and testicular weights were measured every 2 wk throughout the experiment. Testicular weight was determined by comparative palpation with an orchidometer (Oldham et al., 1978). Body condition score and male odor were determined weekly. Male odor and BCS were determined according to Walkden-Brown et al. (1993, 1997). Measurements were performed by the same operator. Sexual behavior of the

bucks was observed from 0730 to 0900 and from 1800 to 1930 during the first 5 d after their introduction to females. Trained observers followed the bucks individually and recorded the following behaviors: self-urination, flehmen, ano-genital sniffing, nudging, mounting attempts, and mounts (with or without vaginal intromission; Gonzalez et al., 1988; Véliz et al., 2004). For females, estrous behavior was checked twice daily (0800 and 1800) throughout the experiment (Chemineau et al., 1992).

Experiment 2

The aim of this study was to determine if the continuous presence of males exposed to long days is necessary to stimulate estrous behavior in seasonally anestrous female goats maintained under grazing conditions.

Males. Six adult male goats were submitted to the same photoperiod treatment as in Exp. 1 to induce their sexual activity during the nonbreeding season (Delgado et al., 2002). Bucks were 3 to 5 yr old at the beginning of the study.

Females. Fifty-two multiparous anovulatory goats selected from a larger flock were used in this experiment. As in Exp. 1, these females were selected on the basis of ovarian inactivity, which was verified by plasma progesterone assay from blood samples taken on March 17, 26, and April 4 (Terqui and Thimonier, 1974). Does had given birth between August 1 and November 30, and kids were weaned at about 25 d of age. All females were hand-milked once daily during the experiment and isolated from any males from December 15 to March 30. All female goats were maintained under grazing conditions during the study. On March 31, females were divided into 2 groups ($n = 26$) balanced for BCS and milk production. From March 31 onward, both groups grazed separately in open range from 0900 to 1700. At night, the goats were penned in 2 pens. Goats received 1.5 kg of alfalfa hay (18% CP, DM basis) and 500 g of a commercial concentrate with 14% CP (1.7 Mcal/kg of BW, DM basis) and had free access to mineral blocks and water during the entire study.

Male Effect. On April 4 at 1700 (d 0), females were exposed to randomly selected, long day-treated bucks ($n = 3/\text{group}$). Animals in 1 group grazed together in open range and remained constantly in contact with the males (continuous group). In the other group, males remained in the shaded pen during the day whereas females grazed in open range; bucks were therefore exposed to females only for 16 h daily from 1700 to 0900. This was the discontinuous group. Bucks remained with the females for 18 d.

Measurements and Definitions. Sexual behavior of bucks was observed from 0800 to 0900 during the first 3 d after their introduction to the females, as described for Exp. 1. Trained observers followed the bucks individually and recorded the following behaviors: self-urination, flehmen, ano-genital sniffing, nudging, mounting attempts, and mounts (Gonzalez et al., 1988; Véliz

et al., 2004). For the females, estrous behavior was checked twice daily at 0800 and 1800 throughout the experiment (Walkden-Brown et al., 1993). The interval between introduction of the males and the onset of estrous behavior was recorded. Estrous cycle duration is the number of days between 2 consecutive estrus. Duration of a short estrous cycle is <17 d (Chemineau et al., 1992). Fertility (number of does kidding/number of does exposed to males) and prolificacy (number of kids born/number of does giving birth) were recorded at parturition after the experiment.

Statistical Analyses

The statistical design used in these experiments was completely randomized, with a 2×2 factorial arrangement of treatments. Animals were divided into 2 (males) or 4 (females) groups, which then served as the experimental units for allocations to treatments. In Exp. 1, variables concerning males (BW, testicular weight, BCS, male odor) were analyzed by a 2-way ANOVA, with repeated measurements to test effects of photoperiod treatment and time, followed by *t*-test or Mann Whitney test (males odor) for 2×2 comparisons. Differences in the number of male sexual behaviors recorded were analyzed using χ^2 . The proportion of females exhibiting estrus on each day, the cumulative percentage of females exhibiting estrus, the proportion of does exhibiting short estrous cycles, and fertility were compared by χ^2 . The interval between introduction of the males and onset of the estrous behavior was analyzed by a 2-way ANOVA to test the effects of photoperiod treatment of bucks and management, followed by *t*-test. The duration of the short estrous cycles and the prolificacy were analyzed using *t*-test. In Exp. 2, the effect of discontinuous exposure to males was tested by a 1-way ANOVA. Analyses were computed using Systat 10 (Evanston, IL).

RESULTS

Experiment 1

Body Weight. Mean BW of males (Figure 1A) increased throughout the experiment (effect of time, $P < 0.001$) and these changes differed between males exposed to long days and control bucks (group \times time interaction, $P = 0.046$). However, a comparison of groups at individual time points did not reveal differences in BW ($P > 0.05$).

Body Condition Score. Body condition score (Figure 1B) increased during the study (effect of time, $P < 0.001$), and these changes differed between males exposed to long days and control bucks (group \times time interaction, $P < 0.001$). Time point comparisons indicated that BCS was greater ($P < 0.05$) in males exposed to long days at the end of December and the beginning of January, which was the later part of photoperiod manipulation.

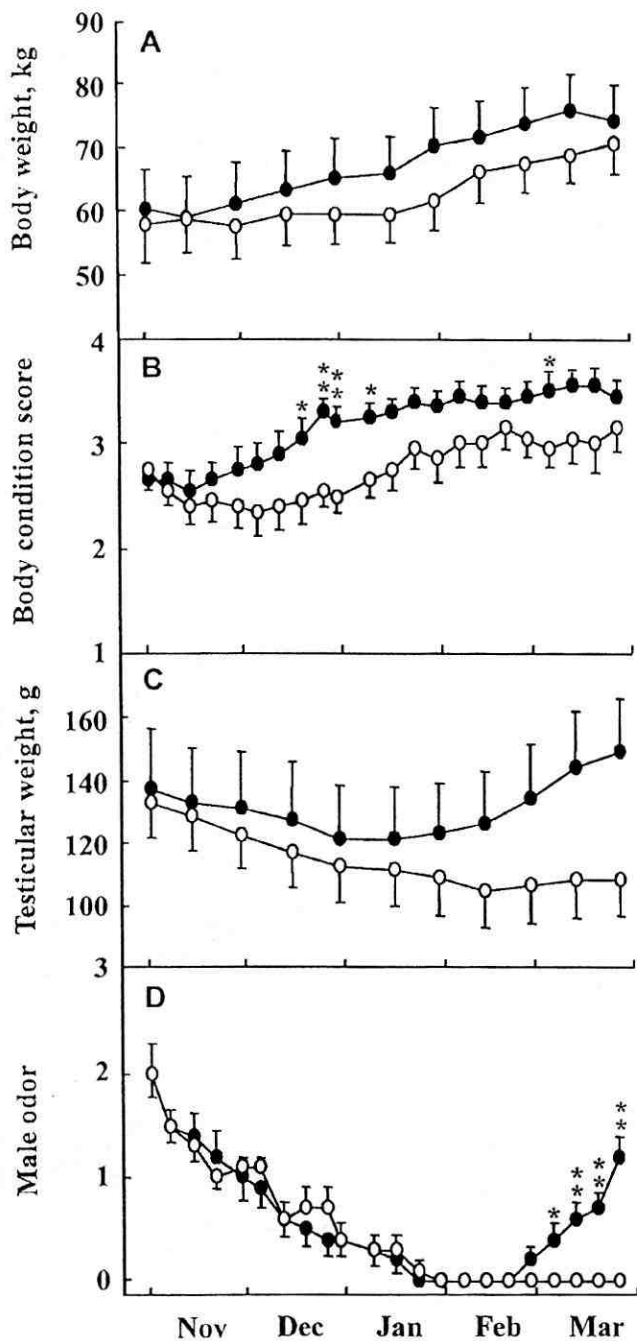


Figure 1. Temporal measures (mean \pm SEM) of (A) BW, (B) BCS, (C) testicular weight, and (D) male odor score in 2 groups of male goats from subtropical Mexico subjected to natural changes in day length (sexually unprepared males, \circ ; $n = 10$) or to artificial long days (16 h of light/d) between November 1 and January 15 (sexually prepared males, \bullet ; $n = 10$). Body and testicular weights were measured twice each month, whereas BCS and male odor were determined weekly. For all variables, there was a group \times time interaction ($P < 0.05$). Time point differences are indicated by * $P < 0.05$ and ** $P < 0.01$.

Testicular Weight. Testicular weight (Figure 1C) was influenced by the group \times time interaction ($P < 0.001$). However, a comparison of groups at individual time points did not reveal differences in testicular weight ($P > 0.05$).

Male Odor. The intensity of male odor (Figure 1D) varied during the study (effect of time, $P < 0.001$), and these changes were modified by photoperiod treatment (group \times time interaction, $P < 0.05$). Odor of males exposed to long days was stronger ($P < 0.05$) than that of control bucks in March when bucks were under natural photoperiod.

Male Sexual Behavior. The number of all sexual behaviors during d 0 to 5 of exposure to does was greater ($P < 0.05$) in males exposed to long days than in control bucks. More than 75% of all behaviors observed were recorded in males exposed to long days (40/47 self urination, 244/334 flehmen, 1,082/1,449 ano-genital sniffing, 1,485/1,941 nudging, 97/113 mounting attempts, and 50/58 mounts).

Response of Females to Male Effect. The daily and cumulative percentages of does displaying estrous behavior are shown in Figure 2. The total cumulative proportion of does that exhibited estrus in the 15 d of buck exposure was greater ($P < 0.001$) for does exposed to photoperiod treated males (93%) than for those exposed to control bucks (30%; Figure 2C, 2D). There was no difference ($P = 0.579$) in the total daily proportion of females showing estrus during the 15-d period between females maintained in confined (95%, 18/19) or grazed (90%, 18/20) conditions and exposed to males treated with long days. However, the cumulative percentages of females in estrus were greater in confined females on d 2, 3, and 7 of exposure to males ($P < 0.05$). In contrast, the proportion of females showing estrus when exposed to control bucks was less ($P = 0.038$) in confined goats (15%, 3/20) than in those under grazing conditions (45%, 9/20). There was an effect of preparation of bucks by photoperiod on latency to first estrous behavior ($P = 0.011$) and an interaction between preparation of bucks and management conditions ($P = 0.044$). For females displaying estrus following exposure to males treated with long days, this interval was shorter ($P = 0.045$) in females under confinement (2.5 ± 0.4 d) than those in grazing females (4.3 ± 0.7 d). In contrast, this interval was similar ($P = 0.87$) in females exposed to control bucks in confined (6.5 ± 0.5 d) or grazing conditions (6.3 ± 0.9 d). The proportion of females exposed to long day-treated males that displayed a short estrous cycle did not differ ($P = 0.75$) between does in confined (58%, 11/20) or grazing conditions (50%, 10/20; Figure 2A). Furthermore, the duration of the short estrous cycles was similar ($P = 0.68$) in confined (5.4 ± 0.2 d) and grazing groups (5.6 ± 0.4 d). Only 1 female exposed to control males displayed a short estrous cycle (estrous behavior on d 3 and again on d 6 after male introduction, duration of 3.3 d; Figure 2B).

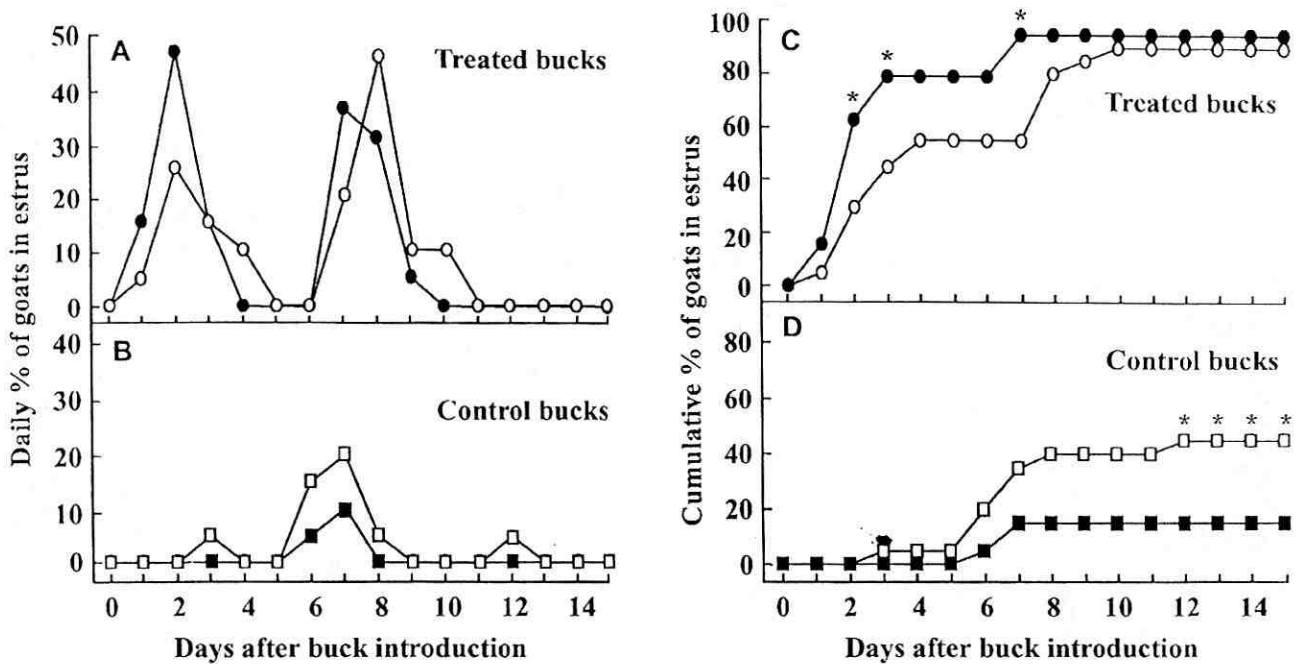


Figure 2. Left panel: Daily percentage of female goats exhibiting estrus (A) when maintained in confined ($n = 19$, ●) or grazed ($n = 20$, ○) management and exposed to male goats rendered sexually active by treatment with long days (2 males/group), and (B) when maintained in confined ($n = 20$, ■) or grazed ($n = 20$, □) management and exposed to control males (2 males/group). Right panel: Cumulative percentage of goats exhibiting estrus (C) when females are maintained in confined ($n = 19$, ●) or grazed ($n = 20$, ○) management after exposure to male goats rendered sexually active by treatment with long days (2 males/group), and (D) when females are maintained in confined ($n = 20$, ■) or grazed ($n = 20$, □) management and exposed to control males (2 males/group). Data for daily estrous behavior included short and normal estrous cycles. Control bucks: bucks exposed to natural photoperiod. Treated bucks: bucks subjected to 2.5 mo of artificial long days (16 h of light/d) between November 1 and January 15. Day 0 is the day on which the bucks were placed with the does. *Time point differences are indicated by $P < 0.05$. There was a significant interaction between the type of bucks used for teasing and management on the latency of females to first estrus after introduction of the bucks ($P = 0.044$).

Experiment 2

Male Sexual Behavior. The number of self-urination (6 vs. 1), mounting attempts (13 vs. 6), and complete mounts (13 vs. 8) during d 0 to 3 of exposure to does was not different ($P > 0.15$) between continuous and discontinuous groups. The number of nudging was greater ($P = 0.03$) in the continuous (500) than in the discontinuous group (406). In the discontinuous group, the number of ano-genital sniffing (154; $P < 0.001$) and flehmen (30; $P = 0.03$) was greater than in the continuous group (54 and 11, respectively).

Response of Females to Male Effect. The daily and cumulative percentages of females that displayed estrus behavior did not differ ($P = 0.55$) between continuous (96.2%, 25/26) and discontinuous groups (92.3%, 24/26; Figure 3). Mean interval between introduction of males and onset of estrous behavior was not different ($P = 0.15$) between groups (continuous: 3.9 ± 0.6 d, discontinuous: 2.8 ± 0.4 d). There was no difference ($P = 0.09$) in the proportion of females displaying short

estrous cycles from continuous (30.8%, 8/26) and discontinuous (53.9%, 14/26) groups. In addition, duration of these short estrous cycles was similar ($P = 0.65$) between groups (continuous: 5.4 ± 0.3 d, discontinuous: 5.2 ± 0.2 d).

Fertility and Prolificacy. Fertility was identical ($P = 1.00$) in both groups (77%, 20/26). Furthermore, prolificacy did not differ ($P = 0.12$) between continuous (1.7 ± 0.2) and discontinuous (2.0 ± 0.1) groups.

DISCUSSION

These studies demonstrate that male goats that have been treated with artificial long days can stimulate estrous and ovulatory activities of seasonally anovulatory goats even without confinement between sexes. Furthermore, our results show that continuous presence of bucks is not necessary to stimulate reproductive activity in such goats. The fact that bucks kept under natural photoperiod were unable to stimulate reproductive activity as efficiently as bucks treated with long

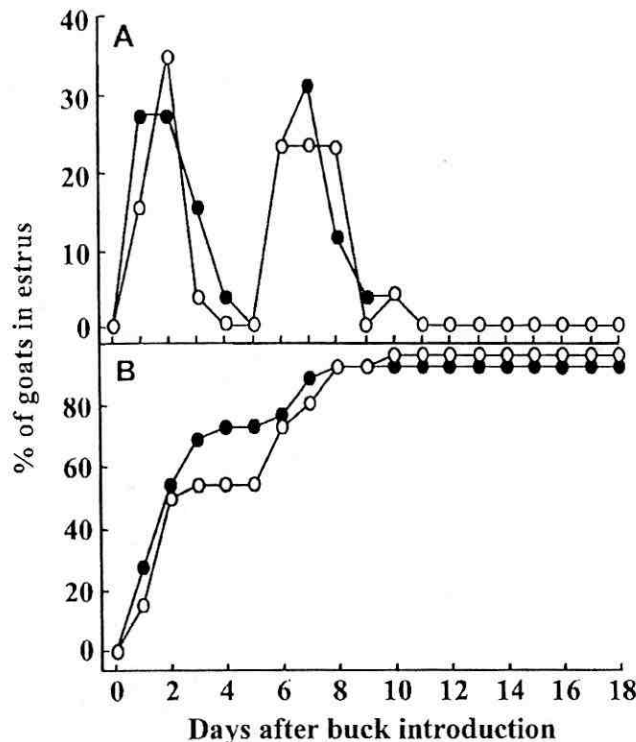


Figure 3. (A) Daily and (B) cumulative percentage of female goats that displayed estrous behavior after continuous (24 h/d; ○) or discontinuous (16 h/d; ●) exposure to sexually prepared male goats for 18 d. Males were subjected to 2.5 mo of artificial long days (16 h of light/d) between November 1 and January 15. Day 0 is day on which the bucks were placed with the does.

days could be due to the lower emission of pheromones and display of sexual behavior by these control males, as reported previously (Chemineau et al., 1986; Delgadillo et al., 2004). Nonetheless, the fact that control bucks were able to induce some reproductive activity in grazed females, as also reported by Mellado et al. (1996), suggests that, under grazing conditions, some unknown factors can facilitate the response of females to the male effect.

Small pens were postulated to increase physical contact between sexes, thereby enhancing response of females to male exposure (Walkden-Brown et al., 1993; Restall et al., 1995). Nonetheless, when bucks exposed to long days were used, the effect of confinement appeared only marginal because it was only limited to the first week of stimulation by bucks. Furthermore, when control bucks were used, reproductive response of females was greater under grazing conditions. These data are consistent with those reported by Rosa et al. (2003) who showed that the response of ewes exposed to the ram effect did not differ between females managed in a low (12 ewes/ha) or high (84 ewes/ha) stocking rate. As a whole, preparation of bucks with artificial photoperiod is clearly more important than confinement for the quality of the response.

As for duration of daily exposure to males, results of Exp. 2 showed that continuous presence of males is not necessary to stimulate estrous behavior in females, if bucks exposed to long days are used. This contrasts with reports in ewes indicating that continuous presence of males is necessary to stimulate sexual activity of females (Signoret et al., 1982). In addition, our results indicate that reducing contact with males to 16 h/d does not impair fertility and prolificacy. However, the current study does not provide insight into the minimum time of daily contact required between sexes to obtain a high percentage of females ovulating in response to the male effect. Whether the duration of exposure to males can be reduced to less than 16 h/d remains to be verified, especially when considering that in ewes, only 20% of females ovulated after 8 h of exposure to rams (Signoret et al., 1982). It will be interesting to assess this point to optimize use of the buck effect under grazing conditions.

The present results have practical implications concerning reproductive management of goats. First, males treated with long days stimulate a high proportion of does exposed to the male effect in grazed as well as in confined management. Availability of sexually active males allows producers to manipulate the annual breeding season according to consumer demands, without the restraint of also keeping females in confinement for teasing. Second, the fact that continuous presence of males is not necessary to stimulate reproductive activity of females gives the opportunity to use the male effect according to the necessities of each producer. For example, males can be kept in pens to rest during the day, whereas females go to the rangelands. In summary, this is an easy and inexpensive way to initiate caprine reproduction. In addition, the demonstration that continuous presence of male goats is not a prerequisite to stimulate this reproductive activity allows flexibility in use of males to induce estrus in female goats. Additional studies are needed to determine if sexually prepared bucks can stimulate sexual activity in anestrous females of other breeds and in other environmental conditions and geographical zones.

LITERATURE CITED

- Atti, N., F. Bocquier, and G. Khaldi. 2004. Performance of the fat-tailed barbarine sheep in its environment: Adaptive capacity to alternation of underfeeding and re-feeding periods. *A review. Anim. Res.* 53:165-176.
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. *A review. Livest. Prod. Sci.* 17:137-147.
- Chemineau, P., A. Daveau, F. Maurice, and J. A. Delgadillo. 1992. Seasonality of estrus and ovulation in not modified by subjecting female alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.* 8:299-312.
- Chemineau, P., F. Levy, and J. Thimonier. 1986. Effects of anosmia on LH secretion, ovulation and oestrous behaviour induced by males in the anovular creole goat. *Anim. Reprod. Sci.* 10:125-132.
- Delgadillo, J. A., G. A. Canedo, P. Chemineau, D. Guillaume, and B. Malpoux. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm

- independent of food availability in male creole goats in subtropical northern México. *Theriogenology* 52:727-737.
- Delgadillo, J. A., G. Fitz-Rodríguez, G. Duarte, F. G. Véliz, E. Carrillo, J. A. Flores, J. Vielma, H. Hernandez, and B. Malpoux. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:471-478.
- Delgadillo, J. A., J. A. Flores, F. G. Véliz, H. F. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron, P. Chemineau, and B. Malpoux. 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-Sánchez, J. A., J. A. Flores, F. G. Véliz, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron, and B. Malpoux. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtropico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. Méx.* 34:69-79.
- FASS. 1999. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching. Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, IL.
- Fitzgerald, J. A., and J. N. Stellflug. 1991. Effects of melatonin on seasonal changes in reproduction of rams. *J. Anim. Sci.* 69:264-275.
- Flores, J. A., F. G. Véliz, J. A. Pérez-Villanueva, G. Martínez de la Escalera, P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpoux, and J. A. Delgadillo. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62:1409-1414.
- Gonzalez, R., P. Poindron, and J. P. Signoret. 1988. Temporal variation in LH and testosterone responses of rams after the introduction of oestrous females during the breeding season. *J. Reprod. Fertil.* 83:201-208.
- Hulet, C. V., W. L. Shupe, T. Ross, and T. Richards. 1986. Effects of nutritional environment and ram effect on breeding season in range sheep. *Theriogenology* 25:317-323.
- Mellado, M., L. Cantú, and J. E. Suárez. 1996. Effects of body condition, length of breeding period, buck: Doe ratio, and month of breeding on kidding rates in goats under extensive conditions in arid zones of México. *Small Rumin. Res.* 23:29-35.
- Mellado, M., A. Vera, and H. Loera. 1994. Reproductive performance of crossbred goats in good or poor body condition exposed to bucks before breeding. *Small Rumin. Res.* 14:45-48.
- Oldham, C. M., N. R. Adams, P. B. Gherardi, D. R. Lindsay, and B. Mackintosh. 1978. The influence of level of feed intake on sperm-production capacity of testicular tissue in the ram. *Aust. J. Agric. Res.* 29:173-179.
- Oldham, C. M., and D. T. Pearce. 1983. Mechanism of the ram effect. *Proc. Aust. Soc. Reprod. Biol.* 15:72.
- Pearce, G. P., and C. M. Oldham. 1988. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J. Reprod. Fertil.* 84:333-339.
- Restall, B. J., H. Restall, and S. W. Walkden-Brown. 1995. The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 40:299-303.
- Rosa, H. J. D., C. C. Silva, and M. J. Bryant. 2003. The effect of paddock size on the response of seasonal anoestrous ewes to the ram effect. *Small Rumin. Res.* 48:233-237.
- Signoret, J. P. 1990. The influence of the ram effect on the breeding activity of ewes and its underlying physiology. Pages 59-70 in C. M. Oldham, G. B. Martin, and I. W. Purvis, editors. *Reproductive physiology of merino sheep: Conceptus and Consequences*. University of Western Australia, Perth.
- Signoret, J. P., W. J. Fulkerson, and D. R. Lindsay. 1982. Effectiveness of testosterone-treated wethers and ewes as teasers. *Appl. Anim. Ethol.* 9:37-45.
- Terqui, M., and J. Thimonier. 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. Acad. Sci. Paris.* D279:1109-1112.
- Ungerfeld, R., M. Forsberg, and E. Rubianes. 2004. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:479-490.
- Véliz, F. G., P. Poindron, B. Malpoux, and J. A. Delgadillo. 2006. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrus female goats. *Anim. Reprod. Sci.* 92:300-309.
- Véliz, F. G., L. I. Vélez, J. A. Flores, G. Duarte, P. Poindron, B. Malpoux, and J. A. Delgadillo. 2004. La presencia del macho en un grupo de cabras anestrícas no impide su respuesta estral a la introducción de un nuevo macho. *Vet. Méx.* 35:169-178.
- Walkden-Brown, S. W., B. Restall, and Henniawati. 1993. 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., B. J. Restall, R. J. Scaramuzzi, G. B. Martin, and M. A. Blackberry. 1997. Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH, and prolactin concentrations, and body growth. *Small Rumin. Res.* 26:239-252.

Artículo 2. El retorno al anestro y las pérdidas post-implantación son las principales fallas reproductivas de las cabras sometidas al efecto macho

El retorno al anestro y las pérdidas post-implantación son las principales fallas reproductivas de las cabras sometidas al efecto macho

Raymundo Rivas-Muñoz*

J. Alberto Delgadillo**

* Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México. Tel. (871) 7297635 y 7297637, Fax: (871) 7297610. **Responsable para correspondencia y envío de sobretiros: José Alberto Delgadillo. E-mail: joaldesa@yahoo.com

Return to anoestrus and post-implantation losses are the main reproductive failures in female goats submitted to the male effect

Abstract

The objective of the present study was to determine the reproductive failures of the local female goats from Subtropical Mexico exposed to the male effect. Twenty-nine anestrous female goats were put in contact with three males induced to an intense sexual activity by subjecting them to 2.5 months of long days from November 1. Estrous behavior was detected twice daily. Pregnancy evolution was recorded by transrectal ultrasonography 26, 33, 46 and 60 days after last estrous behavior. All females (29/29) displayed at least an estrous behavior in the first 15 days of exposure to males. Seventy-nine percent (23/29) of females were detected pregnant at 26 days after the last estrous behavior. This percentage was not different ($P > 0.05$) from that registered at 60 days of pregnancy (62%, 18/29). Of the 23 females diagnosed pregnant at 26 days, only 16 (55.2%) gave a birth. Of 44.8 % (13/29) of females that failed to give a birth, 46% (6/13) had post-implantation loss and 46% (6/13) of them were stimulated successfully and then returned to anestrus. A female (8%, 1/13) was diagnosed pseudopregnant 46 days of pregnancy. We conclude that fertility of the female goats submitted to the male effect is affected by those that return to anestrus, post-implantation losses and pseudopregnancy.

Keywords: ABORTIONS, BIOSTIMULATION, GOATS, EMBRYO MORTILITY, PSEUDOPREGNANCY.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar las fallas reproductivas de las cabras locales del subtrópico mexicano sometidas al efecto macho. Veintinueve cabras anovulatorias fueron puestas en contacto con tres machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre. La actividad estral se determinó dos veces al día. La evolución de la gestación se registró mediante ultrasonografía transrectal a los 26, 33, 46 y 60 días después del último estro. Todas las hembras (29/29) desplegaron comportamiento estral al menos en una ocasión en los primeros 15 días de exposición a los machos. El 79% (23/29) de las hembras fueron detectadas gestantes a los 26 días después del último estro. Este porcentaje (62%, 18/29) no fue diferente ($P > 0.05$) del registrado a los 60 días de gestación. De las 23 hembras diagnosticadas gestantes a los 26 días, sólo 16 (55.2%) de ellas parieron. Del 44.8% (13/29) de las hembras que no parieron, el 46% (6/13) presentó pérdida post-implantación y otro 46% (6/13) de ellas fueron estimuladas exitosamente y retornaron al anestro. Una hembra (8%, 1/13) fue diagnosticada pseudogestante a los 46 días de gestación. Concluimos que la fertilidad de las cabras sometidas al efecto macho es afectada por aquellas que retornan al anestro, las pérdidas post-implantación y la pseudogestación.

Palabras clave: ABORTOS, BIOESTIMULACIÓN, CABRAS, MUERTE EMBRIONARIA, PSEUDOGESTACIÓN.

Introducción

La introducción de un macho en un grupo de hembras anéstricas puede estimular y sincronizar su actividad sexual.^{1,2} A este fenómeno se le conoce como efecto macho.^{3,4} De las cabras que responden al efecto macho, un alto porcentaje ovulan de 3 a 5 días después de exponerlas a los machos, y un número variable de estas ovulaciones se asocian a un comportamiento estral.¹ La mayoría de las ovulaciones son seguidas de una ciclo ovárico corto que dura de 3 a 8 días. Después, una segunda ovulación asociada generalmente con la manifestación de comportamiento estral ocurre de 7 a 12 días después de exponer las hembras a los machos.⁵⁻⁷ Después de que las hembras son estimuladas por el macho, la presencia de algunas fallas reproductivas no permiten que todas ellas lleven a término la gestación.⁸ Algunas hembras manifiestan actividad ovulatoria y/o estral, no se gestan y retornan al estado de anestro.^{2,9,10} Otras hembras son fertilizadas, pero existe muerte embrionaria, pseudogestación o aborto, lo que disminuye considerablemente la fertilidad de las hembras expuestas al efecto macho.^{8,11,12} En las hembras de la Comarca Lagunera expuestas a machos inducidos a una intensa actividad sexual mediante un tratamiento fotoperiódico de días largos, más del 80% de las cabras presenta actividad estral en los primeros 14 días después del primer contacto con los machos. Sin embargo, la fertilidad al parto de estas hembras oscila entre el 60 y 70%,^{6,13} desconociéndose las causas por las cuales el 30 ó 40% de estas hembras no llegan a parir. Por lo tanto, suponemos que tanto en la Comarca Lagunera como en otras partes del mundo, las fallas reproductivas en las cabras sometidas al efecto macho son debidas a 1) las hembras que

retornan al anestro después de haber sido estimuladas y 2) a las pérdidas post-implantación. Para probar esta hipótesis se determinó la respuesta estral y ovulatoria, así como la evolución de la gestación de las cabras expuestas a machos preparados sexualmente mediante un tratamiento fotoperiódico de días largos.

Animales y efecto macho

El presente estudio inició en marzo y terminó en agosto. Se utilizaron cabras de la Comarca Lagunera del Estado de Coahuila, México (Latitud, 26°23' N y Longitud, 104°47' O). Esta Comarca se caracteriza por un clima seco con un promedio de precipitación anual de 266 mm (con un rango de 163 a 504 mm) que generalmente ocurre de Junio a Septiembre. Las temperaturas promedio anuales máximas y mínimas son de 37° C entre mayo y agosto y de 6° C entre diciembre y enero, respectivamente. En las hembras locales aisladas de los machos, la época de reposo sexual ocurre de marzo a agosto y en los machos de enero a abril.^{14,15} Los animales usados en este experimento fueron mantenidos en estabulación, y alimentados con 1.5 kg de heno de alfalfa con 18% de proteína cruda, más 200 g de concentrado comercial con 14% de proteína cruda y 1.7 Mcal/kg por día. Todos los alimentos fueron proporcionados en base a tal como ofrecido. El agua y sales minerales fueron proporcionadas al libre acceso.

Se utilizaron tres machos cabríos que fueron alojados en corrales abiertos de 6 x 6 m, estos machos fueron inducidos a una intensa actividad sexual

durante el periodo natural de reposo, mediante un tratamiento de 2.5 meses de días largos (16 h de luz por día) a partir del 1 de noviembre.^{7,16} El 16 de enero, el tratamiento luminoso finalizó y los machos fueron expuestos solamente a las variaciones naturales del fotoperiodo hasta el fin del estudio.

Se utilizaron 29 hembras caprinas anovulatorias que eran explotadas de manera extensiva y que consumían sólo la flora nativa de los agostaderos, sin recibir complementación alimenticia en el corral.¹⁷ Siete días antes de exponer las hembras a los machos, éstas se alojaron en un corral abierto de 6 x 6 m. Su estado reproductivo se determinó mediante ecografía registrando la actividad ovárica a través de la presencia o ausencia de cuerpos lúteos 22 (7 de marzo), 16 y 8 días antes de exponerlas a los machos (día 0). Estas ecografías se realizaron vía transrectal utilizando un equipo Aloka SSD 500 y una sonda de 7.5 MHz según la técnica descrita por otros investigadores.¹⁸ Las cabras utilizadas en este estudio tenían una condición corporal de 1.3 ± 0.05 (0 = muy delgada, 4 = muy gorda¹⁹) y una producción láctea de 459 ± 46 ml al inicio del experimento. Las hembras no amamantaban a sus crías y se ordeñaban manualmente una vez por día.

El 29 de marzo de 2005 (Día 0) a las 9:00 h, los machos se pusieron en contacto con las hembras, permaneciendo con ellas 15 días. A partir del día 16 del estudio (13 de abril), dos de los tres machos fueron retirados y sólo uno provisto de un arnés marcador permaneció con las hembras para detectar aquellas que manifestaran un comportamiento estral durante el resto del estudio.

Durante los primeros 15 días del estudio, la actividad estral se determinó diariamente a las 8:00 h y 18:00 h. Una hembra se consideró en celo cuando permanecía inmóvil al ser montada por el macho.²⁰ El empadre fue controlado, y las hembras fueron montadas por los machos al menos en dos ocasiones cada vez que presentaron celo. A partir del día 16 del estudio y hasta el término del mismo, el estro se determinó diariamente a las 18:00 h, utilizando el macho marcador que permaneció con las hembras.

La actividad ovárica se determinó por ecografía transrectal a los 6 y 22 días después que las hembras fueron expuestas a los machos.¹⁸ En dos hembras que presentaron actividad estral los días 5 y 6 después de ser expuestas a los machos, las ecografías para registrar su actividad ovárica se realizaron los días 10 y 11, respectivamente. Posteriormente, la actividad ovárica de las cabras que regresaron a la anovulación se registró cada 7 días hasta el final del estudio (Agosto).

La gestación se registró por ecografía transrectal 26 días después de la última cópula que recibió cada hembra.^{21,22} Posteriormente, a los 33 (vía transrectal), 46 y 60 días (vía transabdominal) después de la última monta se efectuaron las ecografías para seguir la evolución de la gestación y determinar las pérdidas embrionarias.

Se determinó el porcentaje de hembras detectadas en estro, el intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del primer estro, así como la proporción de ciclos cortos (< de 17 días²⁰). La proporción de hembras gestantes entre los 26 y 60 días se comparó mediante la prueba de χ^2 . La

asociación estro y ovulación de las hembras entre los dos periodos de actividad sexual (0-5 y 6-22 días) fue comparada mediante una prueba de χ^2 . La fertilidad (hembras paridas/hembras expuestas al macho) y la prolificidad (número de crías/número de hembras paridas) de las hembras se determinaron al momento del parto. Todos los análisis fueron realizados utilizando el paquete estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000).

Respuesta sexual

En la Figura 1 se muestran los porcentajes diarios y acumulados de las hembras detectadas en estro. En los primeros 15 días del estudio, todas (29/29) las hembras fueron detectadas en estro al menos en una ocasión. Sin embargo, sólo el 97% (28/29) de las hembras ovularon al menos una vez 22 días después de haberlas puesto en contacto con los machos. La asociación estro y ovulación de las hembras expuestas a los machos se muestra en el Cuadro 1. El tiempo transcurrido desde la introducción de los machos y la aparición del primer celo fue de 4.0 ± 0.6 días. La proporción de hembras que presentaron ciclos estrales de corta duración fue del 72.4% (21/29), y la duración de éstos fue de 5.5 ± 0.3 días. Sólo una hembra (3.4%) presentó un ciclo estral con una duración normal de 17 días. Esta hembra presentó estros los días 2 y 19 después de haber sido expuesta a los machos.

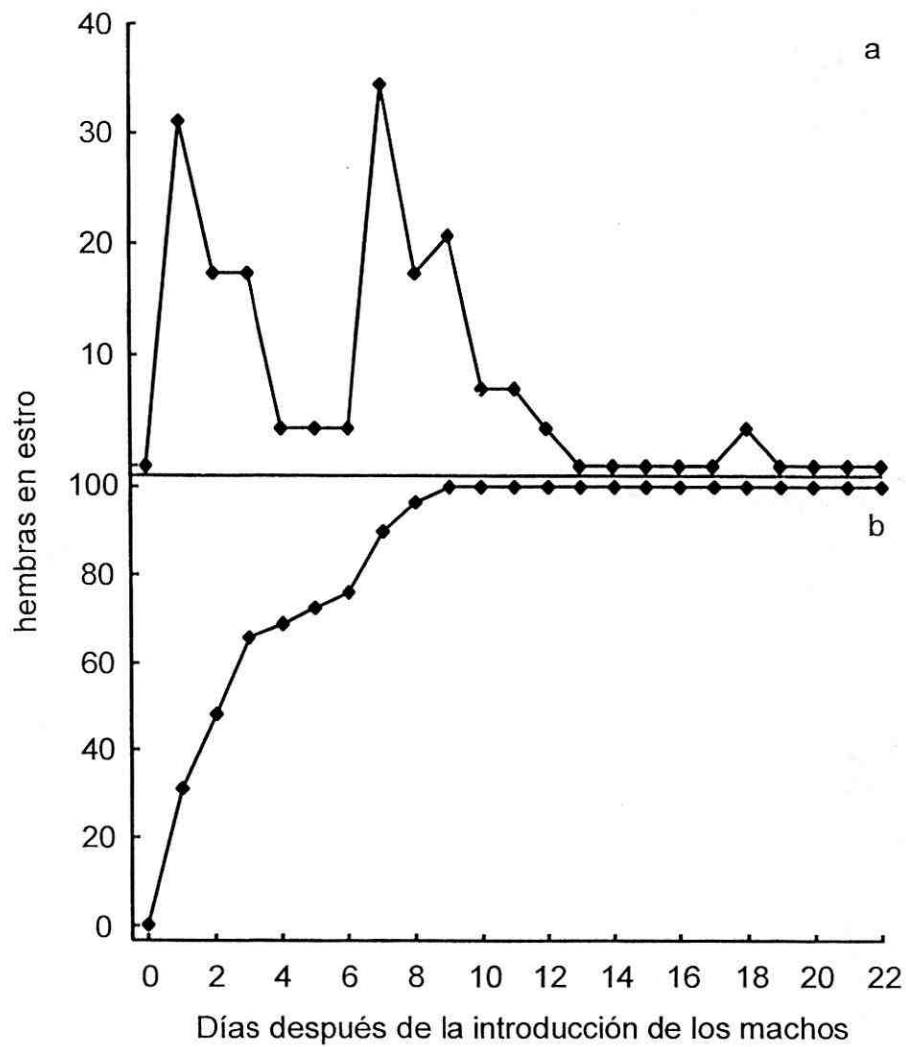


Figura 1. Porcentaje diario (a) y acumulado (b) de hembras en celo después de la introducción de los machos (Día 0).

Cuadro 1. Asociación estro-ovulación de las hembras sometidas al efecto macho

Cuadro 1		
Asociación estro-ovulación	0 – 5 Días	6 – 22 días
Celo con ovulación	48% (14/29) a	97% (28/29) b
Ovulación sin celo	17% (5/29) a	0/29 b
Celo sin ovulación	24% (7/29) a	4% (1/29) b
Sin celo ni ovulación	10% (3/29) a	0/29 a

Diferente literal denota diferencia significativa entre columnas ($P < 0.05$)

Gestación, fertilidad y prolificidad

El 79% (23/29) de las hembras fueron diagnosticadas gestantes a los 26 días (Figura 2). Este porcentaje no fue diferente ($P > 0.05$) del registrado a los 60 días de gestación (62%, 18/29). El 70% (16/23) de las hembras diagnosticadas gestantes a los 26 días parieron y tuvieron una prolificidad de 1.3 ± 0.1 . Sólo el 55.2% (16/29) de todas las hembras expuestas a los machos parieron.



Figura 2. Impresión ecográfica vía transrectal de un embrión a los 26 días de gestación. El embrión se observa como una área de alta densidad ecogénica (flecha).

Fallas reproductivas

Se determinaron 3 tipos de fallas reproductivas, las cuales impidieron que pariera el 44.8% (13/29) de las hembras (Figura 3). Seis hembras retornaron al anestro después de haber sido expuestas a los machos, 4 (30.8%) de ellas presentaron actividad estral y ovulatoria en dos ocasiones. Una cabra (7.7%) presentó un estro 12 días después de haber sido expuesta a los machos, el cual se asoció con una ovulación. Otra hembra (7.7%) manifestó actividad estral los días 5 y 10 después del contacto con los machos y ninguno de los 2 estros se asociaron con una ovulación. Estas 6 hembras reiniciaron su actividad estral en promedio el 18 de septiembre de 2005 \pm 1.3 días, es decir, en la siguiente estación sexual.

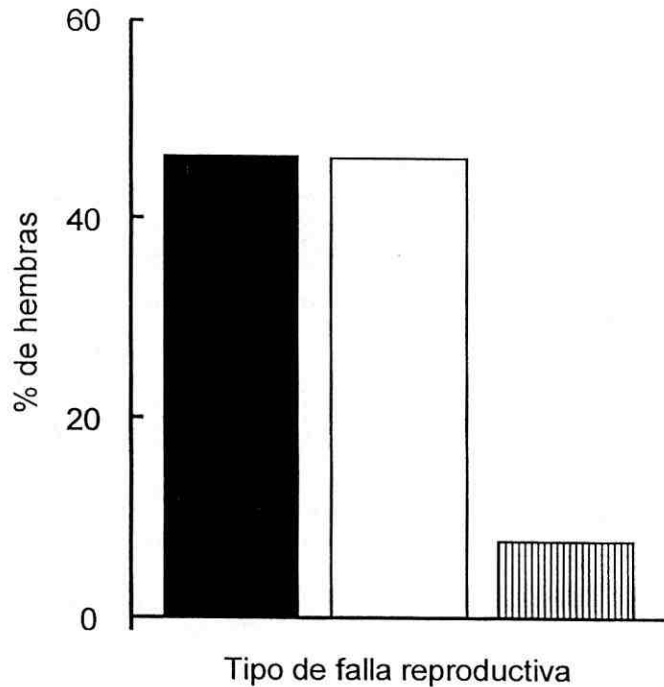


Figura 3. Tipos de fallas reproductivas en cabras bioestimuladas mediante el efecto macho. Hembras que retornaron al anestro (barra negra), hembras con pérdidas post-implantación (muerte embrionaria y aborto; barra blanca) y hembra con pseudogestación (barra con rayas).

De las 23 hembras diagnosticadas gestantes a los 26 días, 6 presentaron pérdida post-implantación. De ellas, 4 (30.8%) perdieron el embrión entre el día 33 y 46 de gestación, y 2 (15.4%) abortaron a los 95 días y 129 días de gestación.

Después de haber sido determinada gestante a los 26 días, una hembra fue diagnosticada pseudogestante a los 46 días después de la última monta que recibió (Figura 4). Esta hembra sólo en una ocasión presentó celo acompañado de una ovulación entre los días 6 y 7 después del primer contacto con los machos.



Figura 4. Impresión ecográfica de una hembra que fue determinada pseudogestante a los 46 días después del último celo observado. Las flechas indican el líquido acumulado dentro del útero.

Factores que contribuyen a las fallas reproductivas

De acuerdo con la hipótesis, el retorno al anestro de las cabras estimuladas por los machos, y las pérdidas post-implantación, fueron las principales fallas reproductivas de las cabras sometidas al efecto macho. De las hembras que no parieron, un alto porcentaje retornaron al anestro después de haber sido estimuladas por los machos. Esto no se pudo evitar a pesar de que las hembras estuvieron en contacto permanente con los machos, los cuales desplegaron una intensa actividad sexual. En el presente estudio no se pudo determinar si las hembras que cayeron en anestro fueron fertilizadas. Si esto ocurrió, es probable que se haya producido muerte embrionaria temprana. Las hembras que no fueron fertilizadas, o aquellas que no pudieron mantener la gestación, retornaron al anestro probablemente porque el estudio se realizó

durante el anestro estacional. En efecto, el retorno al anestro de algunas hembras que son estimuladas al ser expuestas a los machos es un fenómeno común en cabras y ovejas.^{2,13,23} Asimismo, las cabras estimuladas a ovular durante el anestro al ser tratadas con progestágenos y gonadotropina coriónica equina, caen nuevamente en anestro si no quedan gestantes.²⁴ Los presentes resultados indican que ni la presencia continua de los machos, ni el intenso comportamiento sexual de éstos garantizan que las hembras que no quedan preñadas continúen ciclando indefinidamente. Estos resultados coinciden con los reportados previamente en ovejas^{9,25} y cabras.^{6,13} Las hembras que retornan al anestro después de ser estimuladas por los machos es una importante falla reproductiva en las cabras de la Comarca Lagunera expuestas al efecto macho.

De las hembras que no parieron, un alto porcentaje tuvieron pérdida post-implantación. Las hembras utilizadas en éste estudio tenían una baja condición corporal porque estuvieron previamente en un sistema extensivo, donde la disponibilidad y calidad del alimento varían drásticamente durante el año.²⁶ Las muertes embrionarias registradas en éste estudio se debieron posiblemente a la subalimentación previa a la que fueron sometidas estas hembras, la cual disminuye la calidad del ovocito e incrementa la mortalidad embrionaria.²⁷ En efecto, en las hembras subalimentadas o que tienen una baja condición corporal se producen ovocitos de mala calidad,²⁸ y en consecuencia una mayor cantidad de embriones con defectos morfológicos al momento de la implantación que aquellos observados en hembras bien alimentadas y que tienen una condición corporal media o alta.²⁹ La baja condición corporal, reflejo de la subalimentación, reduce los receptores del endometrio a la progesterona,

lo que afecta también la sobrevivencia embrionaria.^{27,30} Además de la mortalidad embrionaria, 2 hembras abortaron en diferente estadio de gestación, incrementando las muertes post-implantación. Estos abortos no fueron provocados por brucelosis, ya que los análisis sanguíneos de laboratorio resultaron negativos. No se determinó si estos abortos fueron provocados por algún otro agente infeccioso^{12,31} o por traumatismos provocados por otras hembras.³² El porcentaje de abortos registrados en el presente estudio fue similar al encontrado por Véliz *et al.*¹³ con hembras de la misma raza sometidas al efecto macho bajo las mismas condiciones de manejo. Las pérdidas post-implantación son importantes fallas reproductivas de las cabras de la Comarca Lagunera sometidas al efecto macho.

Sólo una hembra fue diagnosticada pseudogestante, lo que indica que esta anomalía fue marginal en el estudio. La pseudogestación fue diagnosticada 20 días después que la hembra había sido declarada gestante. Esto último sugiere que la pseudogestación se estableció después de ocurrida la muerte embrionaria.²⁹ En efecto, si el embrión muere una vez que se establece el reconocimiento maternal de la preñez,³³ no se produce la luteólisis del cuerpo lúteo y se acumula líquido en el lumen uterino ocasionando la pseudogestación.^{11,34}

Los resultados obtenidos en éste estudio, permiten concluir que en la Comarca Lagunera como en otras partes del mundo, las hembras que retornan al anestro y las pérdidas post-implantación son las principales fallas reproductivas que afectan la fertilidad de las cabras sometidas al efecto macho.

Agradecimientos

Agradecemos al Sr. Alejandro Sandoval por facilitar los animales experimentales; a Dolores López por su extraordinario apoyo secretarial y administrativo; a los miembros del CIRCA por su asistencia técnica; al Instituto Tecnológico de Torreón (DEGEST), por permitir a R. Rivas-Muñoz realizar sus estudios de doctorado; al CONACYT por la beca otorgado a R. Rivas-Muñoz durante sus estudios de Doctorado.

Referencias

1. Chemineau P. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats - a review. *Livest Prod Sci* 1987;17:137-147.
2. Walkden-Brown SW, Martin GB, Restall BJ. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J Reprod Fertil Suppl* 1999;52:243-257.
3. 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.
4. Ungerfeld R, M Forsberg, E Rubianes. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:479-490.
5. Chemineau P. Effect on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the year. *J Reprod Fertil* 1983;67:65-72.
6. 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* 2000;62:1409-1414.
7. Véliz FG, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anoestrous female goats. *Anim Reprod Sci* 2006;92:300-309.

8. Smith KC, Morgan KL, Parkinson TJ. Mating patterns and reproductive wastage in commercial lowland ewes in west Somerset. *Vet Rec* 1996;139(23):563-566.
9. Oldham CM, Cognié Y. Does ewes continue to cycle after teasing?. *Proc Aus Soc Anim Prod* 1980;82-86.
10. Ortega-Pacheco A, Torres-Acosta JFJ, Aguilar-Caballero J, Ramón-Ugalde JP. Fertilidad y fallas reproductivas en un rebaño de cabras criollas en el trópico subhúmedo, sincronizadas con esponjas vaginales. *Rev Biomed* 2002;13,179-184.
11. Lopes Júnior ES, Cruz JF, Teixeira DIA, Lima Verde JB, Paula NRO, Rodina D, *et al.* Pseudopregnancy in Saanen goats (*Capra hircus*) raised in northeast Brazil. *Vet Res Commun* 2004;28:119-125.
12. Kleemann DO, Walker SK. Fertility in South Australian commercial Merino flocks: sources of reproductive wastage. *Theriogenology* 2005;63(8):2075-2088.
13. Véliz FG, Vélez LI, Flores JA, Duarte G, Poindron P, Malpoux B, *et al.* La presencia del macho en un grupo de hembras anéstricas no impide su respuesta estral a la introducción de un nuevo macho. *Vet Méx* 2004;35(3) 169-178.
14. 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 México. *Theriogenology* 1999;52:727-737.

15. Delgadillo-Sánchez JA, Flores Cabrera JA, Véliz Deras FG, Duarte Moreno G, Vielma Sifuentes J, Poindron Massot P, *et al.* Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet Méx* 2003;34:69-79.
16. 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.
17. Rivas-Muñoz R, Fitz-Rodríguez G, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *J Anim Sci* 2007 85:1257-1263.
18. Medan MS, Watanabe G, Sasaki K, Taya K. Transrectal ultrasonic diagnosis of ovarian follicular cysts in goats and treatment with GnRH. *Domest Anim Endocrin* 2004;27: 115-124.
19. Walkden-Brown SW, Restall B, Henniawati. The male effect in the Australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Anim Reprod Sci* 1993;32:69-84.
20. Chemineau P, Daveau A, Maurice F, Delgadillo JA. Seasonality of estrus and ovulation in not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin Res* 1992;8:299-312.
21. González F, Cabrera F, Batista M, Rodríguez N, Álamo D, Sulon J, *et al.* A comparison of diagnosis of pregnancy in the goat via transrectal ultrasound scanning, progesterone, and pregnancy-associated glycoprotein assays. *Theriogenology* 2004;62:1108-1115.

22. Medan M, Watanabe G, Absy G, Sasaki K, Sharawy, Taya K. Early pregnancy diagnosis by means ultrasonography as a method of improving reproductive efficiency in goats. *J Reprod Dev* 2004;50:391-397.
23. Pearce DT, Oldham CM. The ram effect, mechanism and application to the management of sheep. In: Lindsay DR, Pearce DT, editors. *Reproduction in sheep*. School of Agriculture (Animal Science). University of Western Australia 1984:26-34.
24. Leboeuf B, Manferdi E, Boué P, Piacère A, Brice G, Baril G, *et al.* Artificial insemination of dairy goats in France. *Livest Prod Sci* 1998;55:193-203.
25. Nugent III RA, Notter DR, Beal WE. Effects of ewe breed and ram exposure on estrous behavior in May and June. *J Anim Sci* 1988;66:1363-1370.
26. Sáenz-Escárcega P, Hoyos G, Salinas G, Martínez M, Espinoza JJ, Guerrero A, *et al.* Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En: Flores Álvarez S, editor. *Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Torreón (Coahuila): 1991:124-134.
27. Abecia JA, Sosa C, Forcada F, Meikle A. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reprod Nutr Dev* 2006;46:367-378.
28. Domínguez MM. Effects of body condition, reproductive status and breed on follicular population and oocyte quality in cows. *Theriogenology* 1995;43:1405-1418.
29. Ashworth CJ. Maternal and conceptus factors affecting histotrophic nutrition and survival of embryos. *Livest Prod Sci* 1995;44:99-105.

30. Sosa C, Lozano JM, Viñoles C, Acuña S, Abecia JA, Forcada F, *et al.* Effect of plane of nutrition on endometrial sex steroid receptor expression in ewes. *Anim Reprod Sci* 2004;84:337-348.
31. Romero-R CM, López G, Luna-M M. Abortion in goats associated with increased maternal cortisol. *Small Rumin Res* 1998;30:7-12.
32. Mellado M, Valdéz R, García JE, López R, Rodríguez A. Factors affecting the reproductive performance of goats under intensive conditions in a hot arid environment. *Small Rum Res* 2006;63:110-118.
33. Spencer TE, Bazer FW. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Reprod Biol Endocrinol* 2004;2:49. Available from: URL: <http://www.rbej.com/content/2/1/49>
34. Wittek T, Erices J, Elze K. Histology of the endometrium, clinical-chemical parameters of the uterine fluid and blood plasma concentrations of progesterone, estradiol-17 β and prolactin during hydrometra in goats. *Small Rumin Res* 1998 30:105-112.

V. Discusión general

La presencia continua del macho no es necesaria para estimular la actividad sexual de las cabras anébricas, y algunas fallas reproductivas disminuyen la fertilidad de las hembras sometidas al efecto macho. En ovejas se demostró que la presencia continua de los machos con las hembras era un requisito indispensable para que la mayoría de éstas respondieran al efecto macho (Signoret *et al.*, 1982). Sin embargo, los resultados del presente estudio demuestran que 16 h de contacto son suficientes para estimular la actividad sexual de las cabras anébricas. En efecto, la fertilidad y prolificidad no fueron diferentes entre las hembras mantenidas en contacto continuo o discontinuo con los machos, lo que demuestra que la respuesta de las hembras no fue modificada por el tiempo diario de exposición a los machos. La diferencia entre los resultados del presente estudio y los reportados en ovejas (Signoret, 1990), se debe, probablemente, a que en el presente estudio se utilizaron machos que desplegaron una intensa actividad sexual. La intensidad del comportamiento sexual de los machos, es un factor que determina la magnitud de la respuesta de las hembras sometidas al efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2002; Véliz *et al.*, 2002). Los machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos, activan y mantienen elevada la secreción de LH, lo que permite, probablemente, que la mayoría de las cabras ovulen y manifiesten un comportamiento estral. En cambio, los machos en reposo sexual no modifican la secreción de LH (Vielma, 2006). Los resultados del presente estudio

demuestran que 16 h de contacto entre ambos sexos, son suficientes para estimular y mantener la actividad del eje hipotálamo-hipofisario-gónadas. La reducción del tiempo de contacto entre sexos, tiene interesantes implicaciones prácticas para el manejo reproductivo de los hatos caprinos en condiciones de pastoreo abierto, ya que permite manipular de manera importante las interacciones sociales para controlar la actividad reproductiva de las cabras. Sería interesante determinar cuál es el tiempo mínimo de contacto entre machos sexualmente activos y hembras para estimular la actividad sexual de las mismas. En las cabras Cashmere de Australia expuestas al macho 16 h al día durante 10 días, únicamente el 29% de las hembras ovulan (Walkden-Brown *et al.*, 1993b), mientras que en las ovejas Merino sólo ovulan el 53% de ellas cuando son expuestas al macho 24 h al día durante 4 días (Signoret, 1990). Es probable que los machos sexualmente activos permitan reducir el tiempo de contacto entre ambos sexos sin arriesgar la magnitud de la respuesta de las hembras. La reducción del tiempo de contacto entre machos y hembras permitiría optimizar el uso de los machos al estimular un mayor número de hembras.

La presencia de algunas fallas reproductivas presentes en las hembras estimuladas mediante el efecto macho, no permiten que todas sean fecundadas o lleven a término la gestación (Smith *et al.*, 1996). En efecto, los resultados obtenidos en este estudio, demuestran que a pesar de que todas las hembras fueron estimuladas por los machos, sólo el 55% de ellas parió. El retorno al anestro después de ser estimuladas por los machos, y las hembras con pérdidas post-implantación, fueron las principales fallas reproductivas que

afectaron la fertilidad de las cabras sometidas al efecto macho. En este estudio, no se determinó si las cabras que retornaron al anestro después de haber sido estimuladas fueron fecundadas y/o si existió muerte embrionaria temprana (Ashwort, 1995). Esta determinación se puede hacer solamente sacrificando a las hembras para identificar los ovocitos fertilizados (Lozano *et al.*, 2003). Otra posibilidad es la determinación del interferón tau (Spencer y Bazer, 2004). Sin embargo, el sacrificar a las hembras no permitiría observar la evolución de la gestación de las cabras, lo cuál fue una prioridad en este estudio. Sería interesante determinar el porcentaje de fertilizaciones de las cabras sometidas al efecto macho en condiciones extensivas.

La mortalidad embrionaria después del día 26 de la gestación y el aborto, reducen la fertilidad de las hembras sometidas al efecto macho. Las causas de la mortalidad embrionaria no se determinaron en el presente estudio. Sin embargo, existe la posibilidad de que las muertes embrionarias sean debidas a uno o a la interacción de varios factores como la subalimentación previa de las hembras (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991), la baja condición corporal de las hembras (Meza-Herrera *et al.*, 2006) y/o un cambio del pH uterino provocado por la subalimentación, entre otros (Kakar *et al.*, 2005). Sería importante determinar las causas de esta mortalidad embrionaria en las hembras sometidas al efecto macho en condiciones extensivas. Las causas por las cuales se presentaron los abortos no fueron determinadas en este estudio. Algunos agentes infecciosos diferentes a la brucelosis, un estrés crónico provocado por un efecto de la jerarquía social entre las hembras, así como los traumatismos provocados por las hembras de mayor jerarquía, pudieron ser los factores responsables éstos

(Engeland *et al.*, 1997; Romero-R *et al.*, 1998; Mellado *et al.*, 2006). Bajo esta perspectiva, sería interesante determinar los factores responsables de los abortos en las hembras sometidas al efecto macho en condiciones extensivas.

La determinación del tiempo mínimo de contacto entre machos y hembras, y la identificación de los factores responsables del retorno al anestro de las hembras, de la mortalidad embrionaria y de los abortos, podrían permitir la implementación de medidas para optimizar el uso de los machos y disminuir las pérdidas reproductivas e incrementar la fertilidad al parto de las cabras que son sometidas al efecto macho.

VI. Literatura citada

- Abecia JA, Sosa C, Forcada F, Meikle A. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reprod Nutr Dev* 2006;46:367-378.
- Álvarez L, Zarco LA. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet Méx* 2001;32(2):117-129.
- Arbiza S. Producción de caprinos. AGT Editor, S.A. Primera edición. 1986:575-576.
- Ashworth CJ. Maternal and conceptus factors affecting histotrophic nutrition and survival of embryos. *Livest Prod Sci* 1995;44:99-105.
- Atti N, Bocquier F, Khaldi G. Performance of the fat-tailed barbarine sheep in its environment: Adaptive capacity to alternation of underfeeding and re-feeding periods. A review. *Anim Res* 2004;53:165-176.
- Berardinelli JG, Weng J, Burfening PJ, Adair R. Effect of excess degradable intake protein on early embryonic development, ovarian steroids, and blood urea nitrogen on days 2, 3, 4, and 5 of the estrous cycle in mature ewes. *J Anim Sci* 2001;79:193-199.
- Borowczyk E, Caton JS, Redmer DA, Bilski JJ, Weigl RM, Vonnahme KA, Borowicz PP, Kirsch JD, Kraft KC, Reynolds LP, Grazul-Bilska AT. Effects of plane of nutrition on in vitro fertilization and early embryonic development in sheep. *J Anim Sci* 2006;84:1593-1599.
- Butler ER. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1998;81:2533-2539.

- Chemineau P. Effect on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the year. *J Reprod Fertil* 1983;67:65-72.
- Chemineau P, Levy F, Thimonier J. Effects of anosmia on LH secretion, ovulation and oestrous behaviour induced by males in the anovular Creole goat. *Anim Reprod Sci* 1986;10:125-132.
- 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, Malpoux B, Thiéry JC, Viguié C, Morello H, Zarazaga L, Pelletier J. The control of seasonality: a challenge to small ruminant breeding. XXX Simposio Internazionale di Zootecnica. *Reproduction & Animal Breeding, Advances and Strategy*. 1995:225-250.
- Chemineau P, Baril G, Leboeuf B, Maurel MC, Roy F, Pellicer-Rubio M, Malpoux B, Cognié Y. Implications of recent in reproductive physiology for reproductive management of goats. *J Reprod Fertil* 1999;54:129-142.
- Chemineau P, Pellicer-Rubio MT, Lassoued N, Khaldi G, Monniaux D. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reprod Nutr Dev* 2006;46:417-429.
- Cohen-Tannoudji J, Signoret JP. Effect of short exposure to the ram on later reactivity of anoestrous ewes to the male effect. *Anim Reprod Sci* 1987;13:263-268.
- De Santiago-Miramontes MA, Véliz FG, Rivas-Muñoz R, Hernández-Bustamante JD, Muñoz-Gutiérrez M, Scaramuzzi RJ, Delgadillo JA. La suplementación alimenticia mejora la respuesta estral de las cabras sometida al efecto macho

en condiciones extensivas. XX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Culiacán, Sinaloa. 2005:339-342.

De Santiago-Miramontes MA, Véliz FG, Rivas-Muñoz R, Hernández JD, Muñoz-Gutiérrez M, Scaramuzzi RJ, Delgadillo JA. Nutritional supplementation improves the reproductive response of female goats to the male effect in extensive conditions. 7th International Ruminant Reproduction Symposium. Wellington, New Zealand. 2006:32.

Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Hernández HF, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Chemineau P, Malpoux B. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci* 2002;80:2780-2786.

Delgadillo-Sánchez JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Malpoux B. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet Méx* 2003;34:69-79.

Delgadillo JA, Fitz-Rodríguez G, Duarte G, Véliz FG, Carrillo E, Flores JA, Vielma J, Hernandez H, Malpoux B. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:471-478.

Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Vielma J, Hernandez H, Fernández IG. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod Nutr Dev* 2006;46:391-400.

Domínguez MM. Effects of body condition, reproductive status and breed on follicular population and oocyte quality in cows. *Theriogenology* 1995;43:1405-1418.

- El-Hag FM, Fadlalla B, Elmadih MA. Effect of strategic supplementary feeding on ewe productivity under range conditions in North Kordofan, Sudán. *Small Rumin Res* 1998;30:67-71.
- Engeland IV, Waldeland H, Andresen O, Tverdal A. Foetal loss in dairy goats: an epidemiological study in 515 individual goats. *Anim Reprod Sci* 1997;49(1):45-53.
- Engeland IV, Waldeland H, Andresen O, Løken T, Björkmand C, Bjerkåse I. Foetal loss in dairy goats: An epidemiological study in 22 herds. *Small Rumin Res* 1998;30(1):37-48
- Fitz-Rodríguez G. Estimulación de la actividad reproductiva en cabras Criollas mantenidas en condiciones extensivas usando el efecto macho (tesis de maestría). Torreón, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna. 2004.
- Flores JA, Véliz FG, Pérez-Villanueva JA, Martínez De La Escalera G, Chemineau P, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol Reprod* 2000;62:1409-1414.
- Fowler DG. Reproductive behavior of rams. In: Lindsay DR, Pearce DT, editors. *Reproduction in sheep*. School of Agriculture (Animal Science). University of Western Australia 1984:39-46.
- Gelez H, Fabre-Nys C. The "male effect" in sheep and goats: a review of the respective roles of the two olfactory system. *Horm Behav* 2004;46:257-271.
- Girard L. 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

posible, la fécondation du plus grand nombre des brebis portères d'un troupeau. Ephémérides de la Société d'Agriculture du Département de l'Indre pour l'an 1813, Séance du 5 Septembre, VIII Cahier, Chateau-Roux, Département de l'Indre, VII, 66-68.

Heredia M, Porras A, Velázquez A, Bores R, Rojas S. Evaluación del "efecto macho" y de la condición corporal sobre la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey. 3er Congreso de la Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Ruminantes y Camélidos Sudamericanos. Viña del Mar, Chile. 2003:Rep-14.

Hesselink JW. Incidente of Hydrometra in dairy goats. Vet Rec 1993;132(5):110-112.

Hulet CV, Shupe WL, Ross T, Richards W. Effects of nutritional environment and ram effect on breeding season in range sheep. Theriogenology 1986;25(2):317-323.

Kakar MA, Maddocks S, Lorimer MF, Kleemann DO, Rudiger SR, Hartwich KM, Walker SK. The effect of peri-conception nutrition on embryo quality in the superovulated ewe. Theriogenology 2005;64:1090-1103.

Kleemann DO, Walker SK. Fertility in South Australian commercial Merino flocks: sources of reproductive wastage. Theriogenology 2005;63(8):2075-2088.

Kusina NT, Chinuwo T, Hamudikuwanda H, Ndlovu LR, Muzanenhamo S. Effect of different dietary energy level intakes on efficiency of estrus synchronization and fertility in Mashona goat does. Small Rumin Res 2001;39:283-288.

- Leboeuf B, Manfredi E, Boué P, Piacère A, Brice G, Baril G, Broqua C, Humblot P, Terqui M. Artificial insemination of dairy goats in France. *Livest Prod Sci* 1998;55:193-203.
- Lopes Júnior ES, Cruz JF, Teixeira DIA, Lima Verde JB, Paula NRO, Rodina D, Freitas VJF. Pseudopregnancy in Saanen goats (*Capra hircus*) raised in northeast Brazil. *Vet Res Commun* 2004;28:119-125.
- Lozano JM, Lonergan P, Boland MP, O'Callaghan D. Influence of nutrition on the effectiveness of superovulation programmes in ewes: effect on oocyte quality and post-fertilization development. *Reproduction* 2003;125:543-553.
- Martin GB, Oldham CM, Cognié Y, Pearce DT. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livest Prod Sci* 1986;15:219-247.
- Martin GB, Rodger J, Blache D. Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reprod Fertil Dev* 2004;16 (4): 491-501.
- Mellado M, Vera A, Loera H. Reproductive performance of crossbred goats in good or poor body condition exposed to bucks before breeding. *Small Rumin Res* 1994;14: 45-48.
- 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.
- Mellado M, R Valdez, LM Lara, JE García. Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. *Small Rumin Res* 2004;55:191-198.

- Mellado M, Valdéz R, García JE, López R, Rodríguez A. Factors affecting the reproductive performance of goats under intensive conditions in a hot arid environment. *Small Rumin Res* 2006;63:110-118.
- Meza-Herrera CA, Ross T, Hawkins D, Hallford D. Interactions between metabolic status, pre-breeding protein supplementation, uterine pH, and embryonic mortality in ewes: preliminary observations. *Trop Anim Health Prod* 2006;38(5):407-13.
- Molle G, Branca A, Ligios S, Sitzia M, Casu S, Landau S, Zoref Z. Effect of grazing background and flushing supplementation on reproductive performance in Sarda ewes. *Small Rumin Res* 1995;17:245-254.
- Molle G, Landau S, Branca A, Sitzia M, Fois N, Ligios S, Casu S. Flushing with soybean meal can improve reproductive performances in lactating Sarda ewes on a mature pasture. *Small Rumin Res* 1997;24:157-165.
- Morand-Fehr P. Recent developments in goat nutrition and application: A review. *Small Rumin Res* 2005;60:25-43.
- Morand-Fehr P, J Boyazoglu. Present state and future outlook of the small ruminant sector. *Small Rumin Res* 1999;34:175-188.
- Murtagh JJ, Gray SJ, Lindsay DR, Oldham CM, Pearce DT. The effect of the presence of rams on the continuity of ovarian activity of maiden Merino ewes in spring. In: Lindsay DR, Pearce DT, editors. *Reproduction in sheep*. School of Agriculture (Animal Science). University of Western Australia 1984:37-38.
- Nottle MB, Kleemann DO, Grosser TI, Seamark RF. Evaluation of a nutritional strategy to increase ovulation rate in Merino ewes mated in late spring-early summer. *Anim Reprod Sci* 1997;47:255-261.

- Nugent III RA, Notter DR, Beal WE. Effects of ewe breed and ram exposure on estrous behavior in May and June. *J Anim Sci* 1988;66:1363-1370.
- Ocak N, Cam MA, Kuram M. The influence of pre- and post-mating protein supplementation on reproductive performance in ewes maintained on rangeland. *Small Rumin Res* 2006;64:16-21.
- Oldham CM, Cognié Y. Does ewes continue to cycle after teasing?. *Proc Aus Soc Anim Prod* 1980;82-86.
- Oldham CM, Pearce DT. Mechanism of the ram effect. *Proc Aust Soc Reprod Biol* 1983;15:72.
- Pearce DT, Oldham CM. The ram effect, its mechanism and application to the management of sheep. In: Lindsay DR, Pearce DT, editors. *Reproduction in sheep*. School of Agriculture (Animal Science). University of Western Australia 1984:26-34.
- Pearce GP, Oldham CM. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J Reprod Fertil* 1988;84:333-339.
- 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.
- Perry GA, Smith MF, Roberts AJ, MacNeil MD, Geary TW. Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in heifers. *J Anim Sci* 2007; 85:684-689.
- Poindron P, Cognié Y, Gayerie F, Orgeur P, Oldham CM, Ravault JP. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally)

- anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol Behav* 1980;25:227-237.
- Prudhomme C. De la propagation de l'espece des Bêtes à laine. La Nouvelle Maison Rustique ou Economie Generale de Tous Les Biens De Campagne: La maniere de les entretenir & de les multiplier; 1732. Donnée ci-devant au Public par le Sieur Liger, QUATRIE'ME EDITION, Augmentée considérablement, & mife en meilleur ordre; avec LA VERTU DES SIMPLES, L'APOTICAIRERIE & les Décifions du Droit-Fraçois fur les Matieres Rurales. TOME PREMIER. A PARIS. 341-345.
- Ramón JP, Sanginés JR. Respuesta al efecto macho de primaras Pelibuey en condiciones de pastoreo y suplementación en trópico. *Téc Pec Méx* 2002;40(3):309-317.
- Rodríguez-Iglesias RM, Irazoqui H, Ciccioli NH. Response of anovular Corriedale ewes to teasing in spring. *Small Rumin Res* 1992;6:317-322.
- Romero-R CM, López G, Luna-M M. Abortion in goats associated with increased maternal cortisol. *Small Rumin Res* 1998;30:7-12.
- Rosa HJD, Juniper DT, Bryant MJ. 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* 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.
- Sáenz-Escárcega P, Hoyos G, Salinas G, Martínez M, Espinoza JJ, Guerrero A, Contreras E. Establecimiento de módulos caprinos con productores

- cooperantes. En: Flores Álvarez S, editor. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Torreón, Coahuila. 1991:124-134.
- Schinckel PG. The effect of the ram on the incidence and occurrence of oestrus in ewes. *Aust Vet J* 1954;189-195.
- Shelton M. Influence of the presence of a male goat on the initiation of estrous cycling and ovulation of Angora does. *J Anim Sci* 1960;19:368-375.
- Signoret JP, Fulkerson WJ, Lindsay DR. Effectiveness of testosterone-treated wethers and ewes as teasers. *Appl Anim Ethol* 1982;9:37-45.
- Signoret JP. The influence of the ram effect on the breeding activity of ewes and its underlying physiology. In: Oldham CM, Martin GB, and Purvis IW, editors. *Reproductive physiology of merino sheep: Conceptus and Consequences*. University of Western Australia, Perth. 1990:59-70.
- Smith KT, Jagusch T, Farquhar PA. The effect of the duration and timing of flushing on the ovulation rate of ewes. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1983;43:13-16.
- Smith KC, Morgan KL, Parkinson TJ. Mating patterns and reproductive wastage in commercial lowland ewes in west Somerset. *Vet Rec* 1996;139(23):563-566.
- Spencer TE, Bazer FW. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Reprod Biol Endocrinol* 2004;2:49. Available from: URL: <http://www.rbej.com/content/2/1/49>. 13/02/2006.
- Thimonier J, Cognié Y, Lassoued N, Khaldi G. L'effet mâle chez les ovins: une technique actuelle de maîtrise de la reproduction. *INRA Prod Anim* 2000;13(4):223-231.

- Underwood EJ, Shier FL, Davenport N. Studies in sheep husbandry in Western Australia. V. The breeding season of Merino, crossbred and British breed ewes in the agricultural districts. *J Dep Agric West Austr* 1944;11(2):135–143.
- Ungerfeld R, Forsberg M, Rubianes E. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:479-490.
- Véliz FG, Moreno S, Duarte G, Vielma J, Chemineau P, Poindron P, Malpaux B, Delgadillo JA. Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Anim Reprod Sci* 2002;72:197-207.
- Véliz Deras FG, Vélez Monroy LI, Flores Cabrera JA, Duarte Moreno G, Poindron Massot P, Malpaux B, Delgadillo Sánchez JA. La presencia del macho en un grupo de hembras 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.
- Vielma J. El comportamiento sexual, las vocalizaciones y el olor del macho cabrío estimulan la secreción de LH, el estro y la ovulación en las cabras sometidas al efecto macho (tesis de doctorado). Torreón, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Unidad Laguna. 2006.
- Waldeland H, Loken T. Reproductive failure in goats in Norway: an investigation in 24 herds. *Acta Vet Scand* 1991;32(4):535-41.

- Walkden-Brown SW, Restall B, Henniawati. The male effect in the australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Anim Reprod Sci* 1993a;32:69-84.
- Walkden-Brown SW, Restall B, Henniawati. The male effect in the australian cashmere goat. 2. Role of olfactory cues from the male. *Anim Reprod Sci* 1993b;32:55-67.
- Walkden-Brown SW, Martin GB, Restall BJ. Role of male–female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J Reprod Fertil Suppl* 1999;52:243–257.
- Walkden-Brown SW, Bocquier F. Nutritional regulation of reproduction in goats. 7th International Conference on Goats, Tours, France. 2000:389-395.
- Wittek T, Erices J, Elze K. Histology of the endometrium, clinical–chemical parameters of the uterine fluid and blood plasma concentrations of progesterone, estradiol-17 β and prolactin during hydrometra in goats. *Small Rumin Res* 1998;30:105-112.
- Wright PJ, Geytenbeek PE, Clarke IJ. The influence of nutrient status of post-partum on ovarian cyclicity and on the oestrous and ovulatory responses to ram introduction. *Anim Reprod Sci* 1990;23:293-303.