

Respuesta sexual de las cabras anéstricas expuestas a machos
foto-estimulados vasectomizados

M.V.Z. RODRIGO MANUEL AROÑA SERRANO

TESIS

Presentada como requisito parcial
para optar al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**
Subdirección de Postgrado

Director de Tesis: Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Torreón, Coahuila, México

Octubre, 2014

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

Respuesta sexual de las cabras anéstricas expuestas a machos
foto-estimulados vasectomizados

Tesis por

M.V.Z. RODRIGO MANUEL AROÑA SERRANO

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

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

COMITÉ PARTICULAR:

Asesor principal:




Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Asesor:



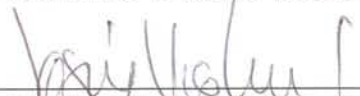
Dr. José Alfredo Flores Cabrera

Asesor:



Dr. Gerardo Duarte Moreno

Asesor:




Dr. Jesús Vielma Sifuentes

Asesor:



Dr. Horacio Hernández Hernández



Dr. Fernando Ruiz Zárate
Subdirector de Postgrado



Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (U.A.A.A.N.), por permitirme realizar estos estudios.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por brindarme el apoyo económico para poder realizar el postgrado.

Al “Programa de Cooperación CONACyT (México) – ANR (France) (159884: “El efecto macho en ungulados: reproducción aplicada y mecanismos neuroendocrinos”) / ANR Blanche Internationale France-Mexique (11-ISV7-001-01), por haber financiado parcialmente este trabajo.

Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), por facilitar el desarrollo de este trabajo.

A todos los doctores que integran el CIRCA, por el apoyo que me fue brindado para la realización del presente trabajo.

Al personal del laboratorio de análisis hormonales de la Station de Physiologie de la Reproduction et des Comportaments del INRA de Nouzilly, Francia, por llevar a cabo las determinaciones hormonales para este trabajo.

A mi asesor principal y a los doctores que integran mi comité particular de asesoría, por el tiempo y esfuerzo que depositaron en este trabajo.

Al personal secretarial del posgrado de la UAAAN y del CIRCA, por su ayuda en lo administrativo.

A todos y cada uno de los amigos y compañeros que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo y culminación de este trabajo.

A cada individuo, escuela e institución que, directa o indirectamente, en mayor o menor grado, afectaron el curso del camino que me ha traído hasta este punto de convergencia entre tiempo y espacio.

Dedicatoria

A mi familia, por ser quienes son y hacerme quien soy. Por estar cuando he precisado y por apoyarme en cada paso que he andado.

A mis amigos, por dejarme conocerles y aprenderles.

Por enseñarme, a todos los maestros que he tenido a lo largo de la vida.

A los compañeros con los que he coincidido en cada escuela de mi formación, porque sin deberse a la tarea de enseñarme, me han permitido aprender.

No solo la dedico a todos los seres vivos que han afectado mi vida hasta llegar a hoy, sino que la dedico a cada una de las circunstancias y momentos que me han permitido llegar hasta aquí.

A ojos bien cerrados se ve lo que se cree

A ojos bien abiertos se cree lo que se ve

Solamente quería verte y no sé si te pude ver

(Sam Ogir)

COMPENDIO

**Respuesta sexual de las cabras anéstricas expuestas a machos
foto-estimulados vasectomizados**

Por

M.V.Z. RODRIGO MANUEL AROÑA SERRANO

MAESTRÍA EN CIENCIA AGRARIAS

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Unidad Laguna

Director de Tesis: Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Torreón, Coahuila, México. Octubre, 2014

Palabras clave: Cabras anéstricas, bio-estimulación sexual, respuesta sexual,
respuesta ovulatoria

El objetivo de este estudio fue determinar si los machos cabríos foto-estimulados vasectomizados prolongan la actividad sexual de las cabras anéstricas expuestas al efecto macho. El estudio se realizó durante el anestro estacional (marzo-mayo). Se utilizaron cabras multíparas anovulatorias que se dividieron en 3 grupos (n= 12, 10 y 10 cada uno) de acuerdo a su peso vivo y condición corporal. Cuatro machos (dos vasectomizados y dos intactos) se sometieron a un tratamiento de días largos (16 horas de luz por día) del 1 de noviembre al 15 de enero. El 16 de enero, la exposición a la luz artificial se suspendió y los machos percibieron las variaciones naturales de fotoperiodo. Este tratamiento fotoperiódico induce la actividad sexual de los machos de marzo a mayo. Otros dos machos vasectomizados permanecieron bajo las variaciones del fotoperiodo natural y estuvieron en reposo sexual durante el experimento. Todos los animales, machos y hembras, se estabularon y se alimentaron con 2 kg de heno de alfalfa (18% PC) y 200 g por día de concentrado comercial (14% PC; 1.7 Mcal/kg) por animal; todos tuvieron libre acceso a bloques de minerales y agua. Un grupo de hembras (n= 10) se expuso a machos vasectomizados que se encontraban en reposo sexual. Otro grupo de cabras (n= 12) se expuso a machos foto-estimulados intactos, mientras que otro grupo de hembras (n= 10) se expuso a machos foto-estimulados vasectomizados. El contacto entre machos y hembras fue por 55 días. En cada grupo de hembras, un macho permaneció en contacto con ellas, mientras que el otro se mantuvo en un corral de descanso. Los machos de cada grupo se intercambiaron diariamente a las 08:00 h y a las 18:00 h. Las ovulaciones se determinaron mediante las concentraciones de progesterona en plasma. Para

ello, se obtuvo una muestra diaria de sangre de la vena yugular del día 0 al 38 (el día 0 es el día en que se introdujeron los machos a los grupos de hembras), posteriormente las muestras se obtuvieron cada 3 días hasta el día 51. El comportamiento estral se detectó durante 1 hora dos veces por día (de 08:00 h a 09:00 h y de 18:00 h a 19:00 h) por observación visual directa. Las cabras en contacto con los machos en reposo sexual no presentaron actividad estral ni ovulatoria durante el estudio, en cambio, todas las cabras en contacto con los machos foto-estimulados presentaron actividad estral y ovulatoria ($P= 0.0001$; cabras con machos foto-estimulados vs. cabras con machos en reposo sexual). En los grupos de cabras en contacto con los machos foto-estimulados la mayoría de las cabras presentó una fase lútea de corta duración al estar en contacto con los machos intactos (92 %) o vasectomizados (70 %; $P= 0.293$); las otras hembras desarrollaron una fase lútea de duración normal (intactos: 8 %; vasectomizados: 30 %; $P= 0.157$). La latencia al inicio del estro no fue diferente entre las hembras expuestas a los machos foto-estimulados intactos o vasectomizados (59 ± 11 h y 46 ± 2 h, respectivamente; $P = 0.607$). Además, la duración del primer y segundo celos detectados después de la introducción de los machos no fue diferente entre las cabras expuestas a los machos intactos (17 ± 2 h y 23 ± 2 h, respectivamente) o vasectomizados (14 ± 2 h y 24 ± 3 h, respectivamente; $P= 0.423$ y $P = 0.754$). La mayoría de las cabras expuestas a los machos vasectomizados realizaron 2 fases lúteas de duración normal después de la fase lútea de corta duración, mientras que esto no ocurrió en las expuestas a machos intactos. Se concluye que los machos cabríos foto-estimulados vasectomizados prolongan la actividad sexual de las cabras

anéstricas después de la primera fase lútea de duración normal. Sin embargo, en las cabras expuestas a los machos foto-estimulados intactos la actividad sexual disminuyó después de los primeros 15 días de contacto con ellos.

ABSTRACT

Sexual response of the anoestrus goats exposed to photo-stimulated vasectomized males

By

M.V.Z. RODRIGO MANUEL AROÑA SERRANO

MASTER OF SCIENCE

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Unidad Laguna

Torreón, Coahuila, México. October 2014

Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez - Adviser

Key words: Anoestrus goats, sexual bio-stimulation, sexual response, ovulatory response

The aim of this study was to determine if the photo-stimulated vasectomized male goats prolong the sexual activity in the anoestrus goats exposed to male effect. The study was conducted during seasonal anoestrus (March-May). We use anovulatory multiparous goats which were divided in 3 groups (n= 12, 10 and 10 each one) taking into account their live weight and body condition score. Four males (two vasectomized and two intact) were submitted to an artificial long-days treatment (16 h of light per day) from November 1st to January 15th. In January 16th, the artificial light treatment was suspended and males were exposed to natural variations of photoperiod. This treatment induces the sexual activity of males from March to May. Another two vasectomized males were maintained under natural variations of the photoperiod and they were in sexual rest during the whole experiment. Both, males and females, were kept in shaded open pens and fed 2 kg alfalfa hay (18% CP) y 200 g of commercial concentrate per day (14% CP; 1.7 Mcal/kg) per animal; all animals had free access to water and mineral blocks. A group of females (n= 10) was exposed to the vasectomized males in sexual rest. Other group of females (n= 12) was exposed to the intact photo-stimulated males, while another one (n= 10) was exposed to the vasectomized photo-stimulated males. The contact between males and females lasted 55 days. In each group of females, a male remain in contact with them, while the other one was maintained in an adjacent rest pen. Males of each group were switched twice daily at 08:00 h and at 18:00 h. Ovulations were determined by plasma concentrations of progesterone. For that, we obtained a daily blood sample from each goat by jugular venipuncture from day 0 to 38 (day 0 is the day when the

males were introduced into the groups of females), after that, blood samples were obtained every 3 days until day 51. Estrous behavior was detected twice daily during 1 hour (from 08:00 h to 09:00 h and from 18:00 h to 19:00 h) by direct visual observation. Goats in contact with sexual rest males didn't show estrous behavior or ovulation, in contrast, goats in contact with the photo-stimulated males did so ($P= 0.0001$; goats with photo-estimated males vs. goats with males in sexual rest). Most of goats in contact with photo-stimulated intact (92 %) or vasectomized males (70 %; $P= 0.293$) showed a short luteal phase; the other females showed an ovulatory phase of normal duration (intact: 8 %; vasectomized: 30 %; $P= 0.157$). The interval from male introduction to the onset of estrous behavior was not different between females exposed to intact or vasectomized photo-stimulated males (59 ± 11 h y 46 ± 2 h, respectively; $P= 0.607$). In addition, duration of the two estrous behavior detected after introduction of males was similar between goats exposed to intact (17 ± 2 h y 23 ± 2 h, respectively) or vasectomized males (14 ± 2 h y 24 ± 3 h, respectively; $P= 0.423$ y $P= 0.754$). The majority of goats exposed to vasectomized photo-stimulated males showed 2 luteal phases of normal duration after the short ovulatory cycle, while this did not occur in goats exposed to intact photo-stimulated males. We conclude that the sexual activity of the goats exposed to vasectomized photo-stimulated males can be prolonged after the first short luteal phase induced by the introduction of males. In contrast, in goats exposed to intact photo-stimulated males, the sexual activity decreases after the first 15 days of contact with them.

Índice de Contenido

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	V
COMPENDIO	VI
ABSTRACT	X
ÍNDICE DE CONTENIDO	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
I. INTRODUCCIÓN	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA DE LOS MAMÍFEROS.....	18
2.2. ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA EN OVINOS Y CAPRINOS.....	18
2.3. INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LOS MACHOS CABRÍOS CON TRATAMIENTOS FOTOPERIÓDICOS	20
2.4. INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS CON EL “EFECTO MACHO”.....	21
<i>Respuesta endócrina y sexual de las cabras al efecto macho</i>	22
2.5. FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR LA RESPUESTA ENDÓCRINA Y SEXUAL DE LAS CABRAS EXPUESTAS AL EFECTO MACHO.....	23
2.5.1. Comportamiento sexual	23
2.5.2. Duración de la bio-estimulación.....	24
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
III. OBJETIVO	27
IV. HIPÓTESIS	27
V. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	28
5.2. CONDICIONES GENERALES.....	28
5.3. ANIMALES	29
5.3.1. Machos.....	29
5.3.2. Hembras.....	29
5.4. EFECTO MACHO.....	30
5.5. VARIABLES DETERMINADAS.....	31
5.5.1. Comportamiento estral.....	31
5.5.2. Actividad ovulatoria.....	31
5.5.3. Gestación	32
5.6. ANÁLISIS DE DATOS.....	32
VI. RESULTADOS	32
VII. DISCUSIÓN	37
VIII. CONCLUSIÓN	41
IX. LITERATURA CITADA	42

Índice de Figuras

FIGURA 1 RESPUESTA SEXUAL DE LAS CABRAS EXPUESTAS A MACHOS FORO-ESTIMULADOS INTACTOS	35
FIGURA 2 RESPUESTA SEXUAL DE LAS CABRAS EXPUESTAS A MACHOS FOTO-ESTIMULADOS VASECTOMIZADOS	36

I. Introducción

La estacionalidad reproductiva es una característica de algunas razas de cabras de latitudes subtropicales (Delgadillo, 2011). En cabras no gestantes localizadas en el Hemisferio Norte, la actividad sexual (estros y/u ovulaciones), se presenta de agosto-septiembre a febrero-marzo, mientras que el anestro ocurre en los otros meses del año (Duarte *et al.*, 2008). En los machos de estas razas, la actividad sexual ocurre de mayo-junio a diciembre-enero, permaneciendo en reposo sexual en los otros meses del año (Delgadillo *et al.*, 1999). En ambos sexos, el ritmo anual de reproducción es sincronizado por el fotoperiodo, por lo que la manipulación de esta señal ambiental permite inducir la actividad sexual durante los periodos de reposo (Duarte *et al.*, 2010; Delgadillo, 2011). Además, la actividad sexual de las hembras caprinas puede inducirse en el periodo de anestro a través del “efecto macho”. Así, la introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro, produce un aumento inmediato en la secreción de LH que culmina con el pico preovulatorio de esta hormona, el comportamiento estral y la ovulación (Chemineau, 1987).

En hembras caprinas, la respuesta sexual al efecto macho se describió anteriormente (Chemineau, 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo, 2011). En cabras Criollas de la Isla de Guadalupe en el Caribe, una raza no estacional que responde al efecto macho todo el año, casi todas las cabras (97%) ovularon alrededor del día 3 después de la introducción del macho. Esta primera ovulación se asoció con el comportamiento estral en el 62 % de las

hembras, seguido por un ciclo ovulatorio de duración corta en el 75 % de los casos, con una duración promedio de 5.3 días. Seis días después ocurre la segunda ovulación que es acompañada, en el 90% de los casos, de estro. Si las cabras no son fecundadas en la segunda ovulación, presentan una tercera ovulación acompañada de estro 21 días después. El 25 % de las cabras ovulan en los primeros 3 días de contacto con los machos, y el ciclo ovulatorio es de duración normal, es decir, de aproximadamente 21 días. Esta ovulación es acompañada de estro. Si las cabras no son fecundadas, presentan una segunda ovulación 21 días después de la primera (Chemineau, 1987). En cabras de las razas Alpina, Saanen y Angora, que muestran marcada estacionalidad reproductiva, la respuesta al efecto macho es similar a la descrita en las cabras Criollas de la Isla de Guadalupe (Shelton, 1960; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2009). Sin embargo, en estas razas estacionales, la mayor respuesta sexual al efecto macho se obtiene cuando se aplica algunas semanas antes del inicio de la estación natural de reproducción (Shelton, 1960; Ott *et al.*, 1980; Restall, 1992; Flores *et al.*, 2000; Chanvallon *et al.*, 2011). En contraste, la respuesta sexual de las hembras es baja o ausente cuando son expuestas al macho durante la mitad del anestro estacional, probablemente por el bajo comportamiento sexual de los machos que se encuentran también en reposo sexual (Shelton, 1980; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo, 2011). En las cabras del subtrópico mexicano, por ejemplo, menos del 10 % ovularon cuando se expusieron a los machos en marzo o abril. En cambio, más del 90% ovularon en los mismos meses cuando se expusieron a machos inducidos a una intensa actividad sexual al ser expuestos a días largos

artificiales seguidos del fotoperiodo natural o implantes de melatonina subcutáneos (Bedos *et al.*, 2012; Delgadillo *et al.*, 2002; Flores *et al.*, 2000). La persistencia de la respuesta sexual de las hembras expuestas a machos foto-estimulados no se ha determinado porque se han utilizado machos intactos, y la mayoría de las hembras quedan gestantes. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar si los machos cabríos foto-estimulados vasectomizados prolongan la actividad sexual de las cabras anéstricas expuestas al efecto macho.

II. Revisión de literatura

2.1. Estacionalidad reproductiva de los mamíferos

La estacionalidad de la disponibilidad de los productos de origen animal, es consecuencia de la estacionalidad reproductiva existente en algunas razas de especies de mamíferos, debido a las interacciones entre los animales y el medio ambiente (Chemineau *et al.*, 2007). Los animales se han adaptado a los cambios del medio ambiente con respuestas fisiológicas inmediatas o de largo plazo a factores como el fotoperiodo, la nutrición, y/o las señales socio-sexuales, entre otros (Martin *et al.*, 2004).

2.2. Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos

Algunas razas de cabras originarias o adaptadas a las latitudes subtropicales muestran estacionalidad en su actividad reproductiva (Restall, 1992; Delgadillo, 2011). En las hembras, el periodo de anestro está asociado con la ausencia de estros y ovulaciones. Por el contrario, la estación sexual se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales y ováricos. En las hembras de la raza cashmere de Australia (29° S), la actividad sexual ocurre de febrero a agosto (otoño-invierno), y el periodo de reposo o inactividad sexual ocurre de septiembre a enero (primavera-verano; Restall, 1992). En las cabras de la Comarca Lagunera (26° N) ubicada en el subtrópico mexicano, el periodo de actividad sexual se presenta de septiembre a febrero (otoño-invierno), y la

inactividad sexual ocurre de marzo a agosto (primavera-verano; Duarte *et al.*, 2008).

Los machos cabríos de las razas antes mencionadas también manifiestan variaciones estacionales en su actividad sexual. En los machos cabríos de la raza cashmere, el peso testicular indicativo de la actividad de espermatogénesis, presenta variaciones estacionales de gran amplitud. El peso mínimo (≤ 100 g) es observado durante la primavera y el máximo (≥ 130 g) durante el otoño (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Los machos locales de la Comarca Lagunera, presentan también variaciones del peso testicular y de la producción espermática. En estos machos, el periodo de actividad sexual se desarrolla de mayo-junio a diciembre-enero (primavera-otoño) y el de reposo de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999). El reposo sexual se caracteriza porque la secreción de LH y testosterona, el peso testicular y la producción espermática cualitativa y cuantitativa se encuentran disminuidas (Delgadillo *et al.*, 1999, 2001).

La estacionalidad reproductiva de los caprinos locales de la Comarca Lagunera resulta de la existencia de un ritmo endógeno de reproducción que es sincronizado por las variaciones anuales del fotoperiodo, de igual manera que en las razas de ovinos y caprinos de latitudes templadas (Woodfill *et al.*, 1994; Aguilar *et al.*, 2001; Thiery *et al.*, 2002; Malpaux, 2006; Delgadillo *et al.*, 2011; Fatet *et al.*, 2011). El efecto del fotoperiodo sobre la reproducción de los caprinos de la Comarca Lagunera se determinó cuando machos y hembras se sometieron a 3 meses de días largos artificiales seguidos de 3 meses de días

cortos artificiales durante 2 años consecutivos. En los machos, la secreción de testosterona, y en las hembras, las ovulaciones, se estimularon siempre durante los días cortos y se inhibieron durante los días largos (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). Estos datos sugieren que el ciclo reproductivo anual de los caprinos puede modificarse al utilizar tratamientos fotoperiódicos. Sin embargo, existen otros factores que pueden modificar el ritmo reproductivo anual de las ovejas y cabras, como las relaciones socio-sexuales (Martin *et al.*, 2004; Rosa y Bryant, 2003).

2.3. Inducción de la actividad sexual de los machos cabríos con tratamientos fotoperiódicos

La modificación del fotoperiodo puede permitir que los animales que presentan estacionalidad reproductiva, manifiesten actividad sexual durante los meses de reposo sexual, permitiendo la reproducción a contra-estación (Martin y Kadokawa, 2006). En efecto, la inducción de la actividad sexual de los machos durante los meses de reposo sexual, puede llevarse a cabo con tratamientos fotoperiódicos (Delgadillo *et al.*, 2002). En los machos cabríos de la Comarca Lagunera, la actividad sexual se puede estimular al combinar días largos artificiales y fotoperiodo natural. En efecto, la exposición de los machos a 2.5 meses de días largos, del 1 de noviembre al 15 de enero, seguidos del fotoperiodo natural, estimulan la secreción de testosterona, el comportamiento sexual, el olor y las vocalizaciones en marzo y abril, meses que corresponden al periodo de reposo sexual (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Delgadillo *et al.*, 2002,

2012; Bedos *et al.*, 2012). Recientemente se demostró que 1.5 meses de días largos a partir del 1 de diciembre, seguidos del fotoperiodo natural, estimulan la secreción de testosterona y el comportamiento sexual de los machos cabríos en marzo y abril, de la misma manera que en aquellos sometidos a 2.5 meses de días largos (Ponce *et al.*, 2014).

Estas técnicas de inducción de actividad sexual de los machos cabríos durante el reposo sexual son simples, baratas y fáciles de integrar en los sistemas de producción extensivos que se encuentran generalmente en las latitudes subtropicales. Además, estas técnicas son sustentables por no requerir del uso de hormonas exógenas (Delgadillo, 2011).

2.4. Inducción de la actividad sexual de las cabras con el “efecto macho”

En las ovejas y cabras que muestran un patrón estacional reproductivo, su actividad sexual durante el periodo de anestro puede ser estimulada y sincronizada por la introducción de machos en un grupo de hembras, lo cual se conoce como “efecto macho” (Shelton, 1960; Walkden-Brown *et al.*, 1993a, 1999; Flores *et al.*, 2000; Ungerfeld *et al.*, 2004; Pellicer-Rubio *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2009). Con esta técnica de bio-estimulación sexual, en las hembras se induce la secreción de LH, el estro y la ovulación, al ponerlas en contacto con los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2006).

Respuesta endócrina y sexual de las cabras al efecto macho

La respuesta inmediata de las hembras a la presencia de los machos, es el incremento de la pulsatilidad de la LH, que pasa de 0.3 pulsos, en las 3 horas previas al contacto, a 2.2 pulsos, en las 3 horas después del contacto con los machos (Chemineau *et al.*, 1986). En las cabras Criollas de la Comarca Lagunera, los pulsos de LH aumentaron de 1, en las 4 h antes, a 2.9, en las 4 h después de la introducción del macho (Vielma *et al.*, 2008). La presencia continua del macho permite que se mantenga la secreción de GnRH y LH elevada, facilitando la presentación del pico preovulatorio de LH para que ocurra la ovulación (Hawken y Martin, 2012; Bedos *et al.*, 2014). La respuesta estral y ovulatoria de las cabras expuestas a los machos, tiene una repetibilidad muy elevada. En las cabras anovulatorias de la Isla de Guadalupe, por ejemplo, el 97% de ellas ovulan alrededor del día 3 después del primer contacto con el macho. Esta primera ovulación inducida por los machos se asocia en un 62% a la presentación de comportamiento estral. La mayoría de las cabras (75%) presentan un ciclo ovulatorio de corta duración, y 6 días después ocurre la segunda ovulación que es acompañada, en el 90% de los casos, de estro. Si las cabras no son fecundadas en la segunda ovulación, presentan una tercera ovulación acompañada de estro 21 días después. El 25 % de las cabras ovulan en los primeros 3 días de contacto con los machos, y el ciclo ovulatorio es de duración normal, es decir, de aproximadamente 21 días. Esta ovulación es acompañada de estro. Si las cabras no son fecundadas, presentan una segunda ovulación 21 días después de la primera (Chemineau, 1987).

2.5. Factores que pueden afectar la respuesta endócrina y sexual de las cabras expuestas al efecto macho

2.5.1. Comportamiento sexual

La respuesta sexual de las cabras expuestas a los machos varía con la intensidad del comportamiento sexual de éstos (Delgadillo *et al.*, 2006). Efectivamente, los machos foto-estimulados, inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a los tratamientos fotoperiódicos descritos anteriormente, logran estimular las actividades endócrina y sexual en un mayor número de cabras en anestro estacional, que los machos no tratados que se encuentran en reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Bedos *et al.*, 2014). En cabras expuestas a machos foto-estimulados, el intervalo entre la introducción de los machos y el primer pulso de LH fue más corto (33 ± 8 min) que en las que fueron expuestas a machos no tratados (125 ± 12 min). Asimismo, la pulsatilidad de LH a las 24 horas post-introducción de los machos fue mayor en las hembras en contacto con los machos foto-estimulados (2.1 ± 0.3) que en aquellas expuestas a machos no tratados (0.9 ± 0.2 ; Vielma *et al.*, 2009). Finalmente, el porcentaje de cabras que ovulan es mayor cuando son expuestas a los machos foto-estimulados que a los machos control, que están en reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). La capacidad de los machos foto-estimulados para inducir la actividad sexual de las cabras puede deberse a que despliegan un mayor número de conductas de

cortejo sexual tales como olfateos ano-genitales, aproximaciones laterales a las hembras, e intentos de monta (Delgadillo *et al.*, 2006).

En conjunto, estos resultados sugieren que la respuesta de las cabras al efecto macho depende de la intensidad de las conductas sexuales del macho.

2.5.2. Duración de la bio-estimulación

El efecto macho es un fenómeno multisensorial, en el que la duración de la exposición de las hembras al estímulo del macho afecta la respuesta sexual de éstas (Walkden-Brown *et al.*, 1993b). La calidad de las señales emitidas por los machos, como el comportamiento sexual, el olor, las vocalizaciones, entre otros, tienen participación importante en la bio-estimulación sexual. Todas estas señales se mejoran al someterlos a días largos seguidos del fotoperiodo natural (Delgadillo *et al.*, 2006). Por ello, los machos cabríos foto-estimulados son muy eficientes para estimular la actividad sexual de las hembras mantenidas en condiciones extensivas o de estabulación. En efecto, el porcentaje de hembras que presentaron celo al ser expuestas a los machos foto-estimulados en condiciones extensivas (16 h de contacto por día), no difirió del porcentaje de cabras en celo al estar en contacto con machos foto-estimulados en condiciones de estabulación (24 h por día; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Además, la duración del contacto entre machos foto-estimulados y hembras puede reducirse sin disminuir el porcentaje de cabras que ovulan al ser expuestas a los machos. Efectivamente, más del 90 % de cabras ovularon al ser expuestas a los machos por 12, 8 o 4 h por día a machos cabríos foto-estimulados durante

15 días consecutivos en condiciones de estabulación (Bedos *et al.*, 2010). Además, resultados similares se obtuvieron cuando el tiempo de contacto entre los dos sexos se redujo de 4 a 2 o 1 hora diaria durante 15 días consecutivos en condiciones de estabulación (Bedos *et al.*, 2014).

Estos resultados indican que el tiempo de contacto entre los dos sexos puede reducirse sin disminuir el número de cabras que ovulan, siempre y cuando sean expuestas a machos cabríos foto-estimulados. Por ello, los machos foto-estimulados pueden utilizarse eficientemente para inducir la actividad sexual de las cabras en anestro estacional mantenidas en condiciones extensivas o de estabulación.

Planteamiento del problema

Como se mencionó anteriormente, la respuesta sexual de las cabras que responden al efecto macho ha sido descrita por varios autores (Chemineau, 1983; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Fernández *et al.*, 2011). La mayoría de los estudios reportan que el ciclo ovulatorio subsecuente a la primera ovulación inducida por el macho, acompañada o no de estro, es de corta duración. Después se produce una segunda ovulación acompañada generalmente de estro, que es seguida de un ciclo ovulatorio de duración normal. En esta segunda ovulación, la mayoría de las cabras pueden quedar gestantes si están en presencia de machos intactos, por lo que no se puede dar seguimiento a la persistencia de su ciclicidad (Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-

Muñoz *et al.*, 2007; Bedos *et al.*, 2010). Efectivamente, 95% de las cabras expuestas a los machos foto-estimulados se diagnosticaron gestantes a través de ultrasonografía transrectal 37 días después del primer contacto entre machos y hembras, y confirmados a través de los niveles plasmáticos de progesterona (Flores *et al.*, 2000). Los niveles elevados de progesterona indican la existencia de un cuerpo lúteo funcional, pero no aseguran la existencia de gestación. Sin embargo, el perfil de secreción de la progesterona no permite dar seguimiento a la ciclicidad de las cabras.

En las cabras se sugirió una respuesta sexual esquemática al ser expuestas al efecto macho. En este esquema, las cabras que no quedan gestantes en la segunda ovulación, presentarían otra ovulación 21 días después. Asimismo, las cabras que desarrollan un ciclo ovulatorio de duración normal a la primera ovulación, pueden presentar 21 días después, otra ovulación si no quedan gestantes (Chemineau, 1987). Sin embargo, esta propuesta no fue comprobada y se hizo basada en resultados obtenidos en cabras y ovejas.

Aunque los machos foto-estimulados son muy eficientes para estimular la actividad sexual de las cabras durante el anestro estacional, la persistencia de la respuesta sexual de las hembras expuestas a estos machos no se ha determinado porque en todos los estudios se han utilizado machos intactos, y las hembras quedan gestantes (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2011; Bedos *et al.*, 2010, 2012, 2014).

III. Objetivo

Determinar si los machos cabríos foto-estimulados vasectomizados prolongan la actividad sexual de las cabras anéstricas expuestas al efecto macho.

IV. Hipótesis

Cuando se realiza el efecto macho, los machos cabríos foto-estimulados vasectomizados prolongan la actividad sexual de las cabras anéstricas expuestas al efecto macho.

V. Materiales y métodos

5.1. Consideraciones éticas

Los procedimientos experimentales reportados en el presente trabajo de tesis cumplieron con la Norma Oficial Mexicana para las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999; SAGARPA, 2001).

5.2. Condiciones generales

El estudio fue realizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situada en la Comarca Lagunera en el estado de Coahuila, México (Latitud: 26°23' N; Longitud: 104°47' W). Se utilizaron hembras y machos locales de la Comarca Lagunera (*Capra hircus*). Los animales se alojaron durante todo el experimento en corrales abiertos y sombreados. Los machos y hembras se alimentaron con 2 kg de heno de alfalfa (18% PC) y 200 g por día de concentrado comercial (14% P.C.; 1.7 Mcal/kg) por animal, con libre acceso a bloques de minerales y agua.

5.3. Animales

5.3.1. Machos

Se utilizaron 6 machos cabríos con experiencia sexual que tenían entre 2 y 5 años de edad. Cuatro de estos machos se sometieron a 2.5 meses de días largos (16 h de luz por día) utilizando luz artificial (de 06:00 h a 08:00 h y 17:00 h a 22:00 h) y natural desde el 1 de noviembre. El 16 de enero, la exposición a los días largos artificiales se suspendió y los machos se expusieron al fotoperiodo natural. Este tratamiento fotoperiódico, estimula la actividad sexual de los machos durante el periodo natural de reposo sexual, en marzo y abril (Delgadillo *et al.*, 2002). Los otros 2 machos permanecieron expuestos a las condiciones naturales del fotoperiodo (13 h 41 min de luz en el solsticio de verano y 10 h 19 min de luz en el solsticio de invierno) durante todo el estudio, y se encontraban en reposo sexual cuando fueron utilizados en el presente estudio.

5.3.2. Hembras

Se utilizaron cabras multíparas en anestro estacional que tenían de 2 a 4 años de edad (n= 32). El 10 de marzo, las hembras se dividieron en tres grupos balanceados por peso vivo (P.V.) y condición corporal (C.C.: rango, 1–4; 1= muy flaca, 4= gorda; Walkden-Brown *et al.*, 1997). Posteriormente, estos grupos se alojaron en tres corrales abiertos y sombreados. La distancia entre los grupos era de alrededor de 200 m para evitar interferencia entre ellos (Walkden-Brown *et al.*, 1993b).

5.4. Efecto macho

El 26 de marzo a las 08:00 h (día 0), un grupo de hembras (n= 12; P.V.: 32.6 ± 1.8 kg; C.C.: 1.9 ± 0.5 puntos; Promedio \pm Error Estándar del Promedio: SEM) se expuso a 2 machos foto-estimulados intactos. Otro grupo de cabras (n= 10; P.V.: 32.6 ± 1.9 kg; C.C.: 2.0 ± 0.1 puntos) se expuso a 2 machos foto-estimulados vasectomizados, mientras que otro grupo de hembras (n= 10; P.V.: 32.5 ± 1.8 kg; C.C.: 1.9 ± 0.1 puntos) se expuso a 2 machos vasectomizados en reposo sexual. Con la finalidad de evitar peleas y accidentes entre los machos al competir por las hembras, en cada uno de los grupos se mantuvo un macho en contacto con las hembras, mientras que el otro era alojado en un corral de “descanso” contiguo al corral donde estaba el otro macho en contacto con las hembras. En los 3 grupos de cabras, los 2 machos respectivos se intercambiaron diariamente a las 08:00 h y 18:00 h para evitar un efecto individual. Para prevenir un posible efecto de “novedad” debido al contacto con un macho desconocido (Jorre de St Jorre *et al.*, 2012), los corrales de “descanso” estaban adyacentes a aquellos en que estaban las hembras en contacto con el otro macho. Los corrales estaban separados con cercas de tiras de madera, lo que permitía el contacto visual, auditivo, olfatorio y táctil entre los animales del mismo grupo. Los machos permanecieron con las hembras del 26 de marzo al 20 de mayo.

5.5. Variables determinadas

5.5.1. Comportamiento estral

El comportamiento estral se detectó dos veces por día (de 08:00 h a 09:00 h y de 18:00 h a 19:00 h) por observación visual directa. Se consideró que una hembra estaba en estro si permanecía inmóvil cuando era montada por el macho. Los ciclos estrales se clasificaron por su duración como cortos (<17 días), normales (17-25 días) o largos (> 25 días; Chemineau *et al.*, 1992).

5.5.2. Actividad ovulatoria

Las ovulaciones se determinaron a través de las concentraciones de progesterona en plasma. Para ello, una muestra diaria de sangre se obtuvo de la vena yugular del día 0 al 38; después las muestras se obtuvieron cada 3 días hasta el día 51. Todas las muestras se obtuvieron a las 08:00 h en tubos de 5 mL que contenían heparina. El plasma se obtuvo después de centrifugar las muestras de sangre a 3500 x g durante 30 min; posteriormente el plasma se mantuvo a -20°C hasta que se determinaron las concentraciones plasmáticas de progesterona. Las concentraciones plasmáticas de progesterona se determinaron por análisis inmuno-enzimático según lo descrito por Canépa *et al.* (2008). La sensibilidad del análisis fue 0.25 ng/mL. Los coeficientes de variación intra e inter-análisis fueron 3 % y 7 %, respectivamente. Se consideró que una hembra había ovulado cuando las concentraciones plasmáticas de progesterona fueron ≥ 0.5 ng/mL (Chemineau *et al.*, 2006).

5.5.3. Gestación

En el grupo expuesto a los machos foto-estimulados intactos, la gestación se determinó a los 37 días post-introducción de los machos. Para ello se realizó una ecografía utilizando un Scanner modo-B (Aloka SSD, Tokio, Japón) equipado con un transductor transrectal de 7.5 MHz. La gestación se determinó mediante la observación del saco gestacional.

5.6. Análisis de datos

La latencia al estro, la duración del primer y segundo estros, fueron comparados mediante la prueba no paramétrica *U* de Mann-Whitney. Las proporciones de hembras que presentaron estro y ovularon fueron comparadas con la prueba exacta de Fisher. Los análisis estadísticos fueron realizados usando el programa SYSTAT 13. Los resultados se expresan en promedio \pm SEM.

VI. Resultados

Ninguna de las cabras expuestas a los machos cabríos en reposo sexual presentó actividad estral u ovulatoria (0/10). En cambio, todas las cabras expuestas a los machos foto-estimulados, sexualmente activos, intactos (12/12) o vasectomizados (10/10), presentaron estro u ovularon al menos una vez durante el estudio ($P= 0.0001$; cabras con machos foto-estimulados vs. cabras con machos en reposo sexual).

En las hembras en contacto con los machos foto-estimulados intactos, el 100% ovuló y solo el 67% de las ovulaciones fueron acompañadas de actividad estral. En cambio, en el grupo de hembras en contacto con machos foto-estimulados vasectomizados, todas las hembras ovularon y presentaron actividad estral (100 %). Sin embargo, no hubo diferencias entre los dos grupos en relación a los porcentajes de hembras que presentaron estró o que ovularon ($P= 0.293$). La latencia al estró no fue diferente entre las hembras expuestas a los machos foto-estimulados intactos o vasectomizados (59 ± 11 h y 46 ± 2 h, respectivamente; $P= 0.607$). En las hembras en contacto con machos foto-estimulados intactos, el 92 % presentó una fase lútea de corta duración. El 8 % presentó una fase lútea de duración normal y entró en anovulación. En las hembras en contacto con machos foto-estimulados vasectomizados, el 70% presentó una fase lútea de corta duración y todas las ovulaciones fueron acompañadas de actividad estral. Los porcentajes registrados en este grupo de hembras que presentaron estró y ovulación, no difirieron de los porcentajes registrados en el grupo de hembras estimuladas por los machos foto-estimulados intactos ($P = 0.293$).

De las cabras en contacto con los machos foto-estimulados intactos, el 92 % presentó comportamiento estral y el 84 % ovuló después de la fase lútea de corta duración; el 42 % de ellas fueron diagnosticadas gestantes. El otro 42 % presentó una fase lútea de duración normal. De este porcentaje, el 26 % entró en anovulación, mientras que el 16 % restante presentó actividad estral y solo el 8 % fue acompañado de ovulación (Figura 1).

Las cabras expuestas a los machos vasectomizados y que presentaron una fase lútea de duración corta (70 %), presentaron después una fase lútea de duración normal. De este porcentaje, el 10 % entró en anovulación, mientras que el 60 % restante ovuló y las ovulaciones fueron acompañadas de actividad estral. De esta proporción, el 10 %, presentó un fase lútea de larga duración con comportamiento estral subsecuente, y el 50% restante presentó otra fase lútea de duración normal, porcentaje del cual, el 40% entró en anovulación y un 10% manifestó actividad estral (Figura 2).

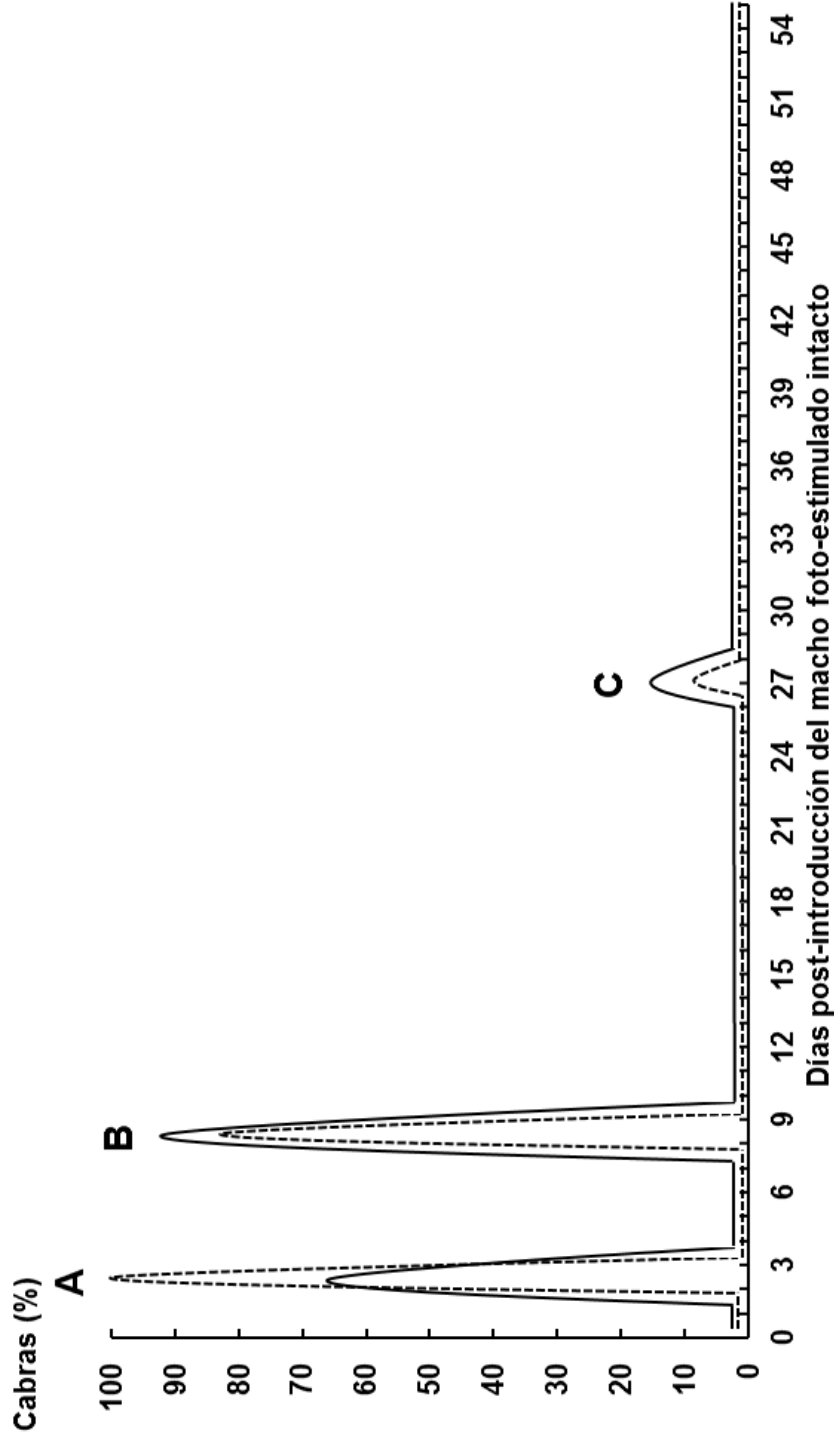


Figura 1. Respuestas estral (—) y ovulatoria (---) y ovulatoria (---) y ovulatoria (---) de las cabras expuestas a machos foto-estimulados intactos. El 100 % de las cabras ovuló alrededor del día 3 post-introducción del macho, y el 62 % de las ovulaciones se asociaron a un comportamiento estral (pico A). El 8 % de las cabras que ovularon alrededor del día 3 presentó fase lútea de duración normal, y el 92 % restante presentó una fase lútea de duración corta y ovuló nuevamente alrededor del día 8; el 83 % de estas ovulaciones se asoció a un comportamiento estral (pico B). Del 83 % de las cabras, el 42 % presentó fase lútea de duración normal pero solo el 16 % ovuló de nuevo 21 días después; el 8 % de las ovulaciones se asoció a un comportamiento de estró (pico C).

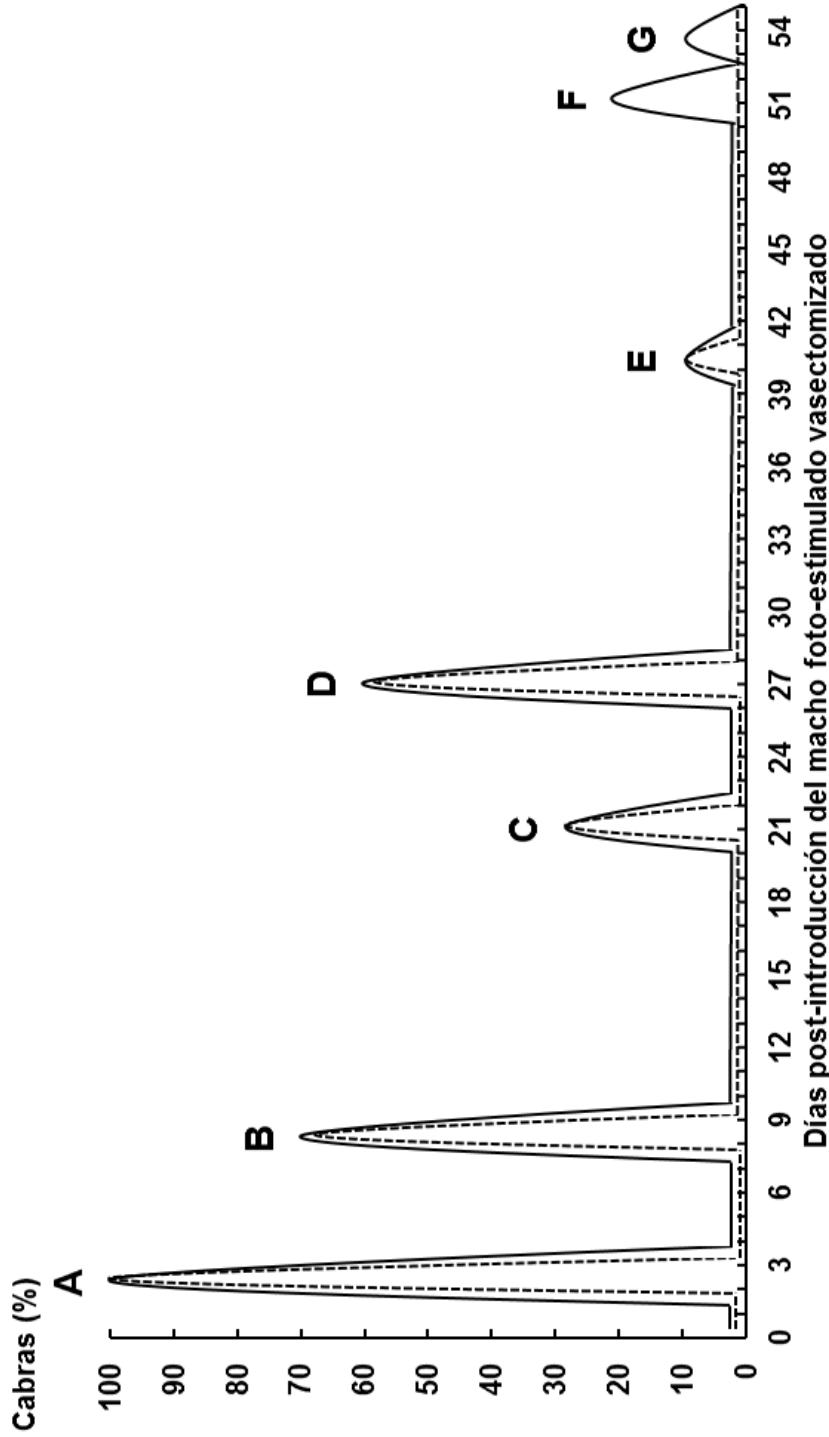


Figura 2. Respuestas estral (—) y ovulatoria (---) de las cabras expuestas a machos foto-estimulados vasectomizados. El 100 % de las cabras presentó comportamiento estral y ovuló alrededor del día 3 post-introducción del macho (pico A). El 70 % de las cabras que ovularon alrededor del día 3 presentó fase lútea de duración corta y volvieron a presentar comportamiento estral y ovulación alrededor del día 8 (pico B); el 60 % de ellas, presentó comportamiento estral y ovuló 21 días después (pico D). El 30 % restante de las cabras que ovuló alrededor del día 3, presentó fase lútea de duración normal, el cual presentó estro y ovulación alrededor del día 21 (pico C). Una hembra repitió estro y ovuló 20 días después (pico E). Algunas cabras presentaron comportamiento estral sin ovulación al término del estudio (picos F y G).

VII. Discusión

Los resultados del presente estudio muestran que la actividad sexual de las cabras expuestas a los machos foto-estimulados vasectomizados perdura después de la primera fase lútea de duración normal. En efecto, la mayoría de las cabras expuestas a los machos vasectomizados presentaron actividad sexual después de la primera fase lútea de corta duración registrada después de la introducción de los machos. En cambio, solamente algunas de las cabras expuestas a los machos intactos presentaron estro y/u ovulación en el mismo periodo. Contrariamente a estos dos grupos, ninguna de las cabras expuestas a los machos sexualmente inactivos, presentó actividad sexual. En conjunto, los resultados del presente estudio confirman la hipótesis de que los machos cabríos foto-estimulados vasectomizados prolongan la actividad sexual de las cabras anéstricas expuestas al efecto macho.

La respuesta sexual inicial de las cabras expuestas a los machos foto-estimulados vasectomizados e intactos, observada en los primeros 15 días del estudio, no fue diferente entre los grupos. En efecto, los porcentajes de las cabras que ovularon, y el intervalo entre la introducción de los machos intactos o vasectomizados, y los porcentajes de las fases lúteas de duración normal o corta, fueron similares entre estos grupos. Contrariamente a lo observado en los grupos de cabras expuestas a los machos foto-estimulados, ninguna de las cabras en contacto con los machos en reposo sexual, presentó actividad estral u ovulatoria. Estos resultados coinciden con lo descrito anteriormente en

diferentes estudios en los que se han utilizado machos foto-estimulados y no foto-estimulados (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Los resultados del presente estudio y los descritos anteriormente al utilizar machos foto-estimulados y en reposo sexual, sugieren que la intensidad de la actividad sexual de los machos es un factor importante para estimular la actividad sexual de las cabras en anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2002; Vielma *et al.*, 2009). En efecto, la presencia de los machos foto-estimulados mantiene elevada la secreción de LH que permite la ovulación en las cabras durante el anestro estacional (Vielma *et al.*, 2009; Martínez-Alfaro *et al.*, 2014). Esto sugiere que en el presente estudio, los machos foto-estimulados elevaron la secreción de LH en las hembras, lo que permitió a los machos foto-estimulados vasectomizados prolongar la actividad sexual de las cabras durante el anestro estacional.

De las cabras que no quedaron gestantes al estar en contacto con los machos intactos, un bajo porcentaje de ellas presentaron estro acompañado o no de ovulación entre los días 26 – 32 después del primer contacto con los machos. Otras hembras entraron en anestro. La respuesta sexual observada en este grupo coincide con lo descrito anteriormente en cabras expuestas a machos foto-estimulados intactos. Sin embargo, el porcentaje de cabras diagnosticadas gestantes fue menor al reportado en otros estudios realizados con cabras de la misma raza utilizadas en el presente estudio (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007).

Contrariamente a lo observado en este grupo de cabras, en las hembras expuestas a los machos vasectomizados, la gran mayoría de las cabras presentó actividad estral acompañada de ovulación entre los días 20 y 32 después del primer contacto con los machos. La respuesta sexual registrada en este grupo coincide con la descrita anteriormente por Chemineau (1987). En efecto, después de la primera fase lútea de corta duración registrada en el grupo de cabras en contacto con los machos vasectomizados, la mayoría presentó actividad sexual en el tiempo señalado. Es interesante señalar que en este grupo, algunas hembras presentaron actividad sexual (estro y/u ovulación) al final del estudio. Esto sugiere que la presencia de los machos foto-estimulados vasectomizados fue capaz de mantener la actividad sexual de las cabras durante al menos 2 meses que duró el estudio.

En el presente estudio, la respuesta sexual después de la primera fase lútea de duración normal de las cabras que no quedaron gestantes al estar en contacto con machos intactos, fue diferente de la observada en las cabras en contacto con los machos vasectomizados. En efecto, en las cabras en contacto con los machos intactos, una minoría (8 %), presentó actividad estral acompañada de ovulación después de la primera fase lútea de duración normal. Esta respuesta fue descrita en cabras expuestas a machos foto-estimulados intactos. Las causas que provocan la diferente respuesta sexual de las cabras en contacto con machos intactos o vasectomizados no se conocen. La fecundación de las cabras al estar en contacto con machos intactos seguida de

muerte embrionaria temprana, podría ser la causa de las características de la actividad sexual registrada en las cabras en contacto con machos intactos después de la primera fase lútea de duración normal. En efecto, la mortalidad embrionaria que ocurre alrededor del día 14-16 durante la preñez temprana, podría impedir la persistencia de la actividad sexual de las cabras que se encuentran en anestro estacional (Spencer, 2013).

La mayoría de las cabras expuestas a los machos vasectomizados mantuvieron su actividad sexual después de la primera fase lútea de corta duración. Además, algunas cabras de este grupo manifestaron actividad estral y/u ovulatoria hasta el final del estudio. Posteriormente, todas las cabras mostraron anovulación. El presente diseño experimental no permite concluir si las cabras expuestas a los machos vasectomizados entraron en anovulación por la insensibilidad de las cabras a la presencia de los machos vasectomizados, o si la anovulación se presentó por el hecho de que los machos disminuyeron su actividad sexual en el transcurso del estudio. En efecto, la actividad sexual de los machos sometidos a 2.5 meses de días largos seguidos de días naturales, dura aproximadamente 2.5 meses después de 8 semanas de finalizado el tratamiento de días largos, es decir, de marzo a inicio de mayo (Delgadillo *et al.*, 2002). Es probable que las hembras presentaran anestro estacional debido a la disminución de la actividad sexual de los machos foto-estimulados. Esta hipótesis se basa en el hecho de que la presencia de machos sometidos a diferentes tratamientos fotoperiódicos que permiten tener

machos foto-estimulados vasectomizados durante todo el anestro estacional, evita la aparición de la anovulación estacional. En cambio, la presencia de los machos en reposo sexual no estimulan la actividad sexual durante el anestro estacional (Delgadillo *et al.*, resultados no publicados).

VIII. Conclusión

Los machos cabríos foto-estimulados vasectomizados prolongan la actividad sexual de las cabras anéstricas después de la primera fase lútea de duración normal observada después de la introducción de los machos. Sin embargo, en las cabras expuestas a los machos foto-estimulados intactos, la actividad sexual disminuye después de los primeros 15 días de contacto entre cabras y machos intactos.

IX. Literatura citada

Aguilar, J., De la Torre, S., Duarte, G., Malpoux, B., Delgadillo J.A., 2001. Las hembras caprinas del subtrópico mexicano manifiestan un ritmo endógeno de reproducción. XLIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas. Agosto 26-30 2001, Monterrey, N.L., México, O27.

Bedos, M., Duarte, G., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Hernández, H., Vielma, J., Fernández, I.G., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A., 2014. Two or 24 h of daily contact with sexually active males results in different profiles of LH secretion that both lead to ovulation in anestrus goats. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 48: 93-99.

Bedos, M., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Malpoux, B., Keller, M., Poindron, P., Delgadillo, J.A., 2010. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Horm. Behav.*, 58: 473-477.

Bedos, M., Velázquez, H., Fitz-Rodríguez, G., Flores, J.A., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, I.G., Retana-Márquez, M.S., Muñoz-Gutiérrez, M., Keller, M., Delgadillo, J.A., 2012. Sexually active bucks are able to stimulate three successive groups of females per day with a 4-hour period of contact. *Physiol. Behav.*, 106: 259-263.

Canépa, S., Lainé, A.L., Bluteau, A., Fagu, C., Flon, C., Monniaux, D., 2008. Validation d'une méthode immunoenzymatique pour le dosage de la progestérone dans le plasma des ovins et des bovins. *Cahier des Tech de l'INRA.*, 64: 19-30.

Chanvallon, A., Sagot, L., Pottier, E., Debus, N., François, D., Fassier, T., Scaramuzzi, R.J., Fabre-Nys, C., 2011. New insights into the influence of breed and time of the year on the response of the ewes to the 'ram effect'. *Animal*, 5:10: 1594-1604.

Chemineau, P., 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycle in anovulatory goats. A review. *Livest. Prod. Sci.*, 17: 135-147.

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

Chemineau, P., Malpoux, B., Brillard, J.P., Fostier, A., 2007. Seasonality of reproduction and production in farm fishes, birds and mammals. *Animal*, 1: 419-432.

Chemineau, P., Normant, E., Ravault, J.P., Thimonier, J., 1986. Induction and persistence of pituitary and ovarian activity in the out-of-season lactating dairy goat after a treatment combining a skeleton photoperiod, melatonin and the male effect. *J. Reprod. Fertil.*, 78: 497-504.

Chemineau, P., Pellicer-Rubio, M.T., Lassoued, N., Khaldi, G., Monniaux, D., 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reprod. Nutr. Dev.*, 46: 417-429.

Delgadillo, J.A., 2011. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropic. *Animal*, 5: 74-81.

Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, B., 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 52: 727-737.

Delgadillo, J.A., Carrillo, E., Morán, J., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B., 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *J. Anim. Sci.*, 79: 2245-2252.

Delgadillo, J.A., De la Torre-Villegas, S., Arellano-Solis, V., Duarte, G., Malpoux, B., 2011. Refractoriness to short and long days determines the end and onset of breeding season in subtropical goats. *Theriogenology*, 76: 1146-1151.

Delgadillo, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F.G., Carrillo, E., Flores, J.A., Vielma, J., Hernández, H., Malpoux, B., 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fert. Dev.*, 16: 471-478.

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

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H., Fernández, I.G., 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod. Nutr. Dev.*, 46: 391-400.

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

Delgadillo, J.A., Ungerfeld, R., Flores, J.A., Hernández, H., Fitz-Rodríguez, G., 2010. The ovulatory response of anoestrus goats exposed to the male effect in the subtropics is unrelated to their follicular diameter at male exposure. *Reprod. Dom. Anim.*, 46: 687-691.

Delgadillo, J.A., Vielma, J., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Hernández, H., 2008. La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Trop. Subtrop. Agroecosys.*, 9: 39-45.

Duarte, G., Flores, J.A., Malpaux, B., Delgadillo, J.A., 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 35: 362-370.

Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A., 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the sutropics is responsive to photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.*, 120: 65-70.

Fatet, A., Pellicer-Rubio, M., Leboeuf, B., 2011. Reproductive cycle of goats. A review. *Anim. Reprod. Sci.*, 124: 211-219.

Fitz-Rodríguez, G., De Santiago-Miramontes, M.A., Scaramuzzi, R.J., Malpaux, B., Delgadillo, J.A., 2009. Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Anim. Reprod. Sci.*, 116: 85-94.

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

Hawken, P.A.R., Martin, G.B., 2012. Sociosexual stimuli and gonadotropin-releasing hormone/luteinizing hormone secretion in sheep and goats. *Domest. Anim. Endocrin.*, 43: 85-94.

Jorre de St. Jorre, T., Hawken, P.A.R. Martin, G.B., 2012. Role of male novelty and familiarity in male-induced LH secretion in female sheep. *Reprod. Fertil. Dev.*, 24: 523-530.

Malpaux, B., 2006. Seasonal regulation of reproduction in mammals. En: Neill, J.D. (ed.) 'Physiology of reproduction'. Tercera ed. New York: Elsevier., 2: 2231-2282.

Martin, G.B., Kadokawa, H., 2006. "Clean, green and ethical" animal production. Case study: Reproductive efficiency in small ruminants. *J. Reprod. Dev.*, 52: 145-152.

Martin, G.B., Rodger, J., Blache, D., 2004. Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reprod. Fertil. Dev.*, 16: 491-501.

Martínez-Alfaro, J.C., Hernández, H., Flores, J.A., Duarte, G., Fitz-Rodríguez, G., Fernández, I.G., Bedos, M., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A., Vielma, J., 2014. Importance of intense male sexual behavior for inducing the preovulatory LH surge and ovulation in seasonally anovulatory female goats. *Theriogenology*, 82: 1028-1035.

Ott, R.S., Nelson, D.R., Hixon, J.E., 1980. Effect of the male on initiation of estrous cycle activity of goats. *Theriogenology*, 13: 183-190.

Pellicer-Rubio, M.A., Leboeuf, B., Bernelas, D., Forgerit, Y., Pougard, J.L., Bonné, J.L., Senty, E., Breton, S., Brun, F., Chemineau, P., 2008. High fertility using artificial insemination during deep anoestrus after induction and synchronisation of ovulatory activity by the "male effect" in lactating goats subjected to treatment with artificial long days and progestagens. *Anim. Reprod. Sci.*, 109: 172-188.

Ponce, J.L., Velázquez, H., Duarte, G., Bedos, M., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P., Delgadillo, J.A., 2014. Reducing exposure to long days from 75 to 30 days of extra-light treatment does not decrease the capacity of male goats to stimulate ovulatory activity in seasonally anovulatory females. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 48: 119-125.

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

Rivas-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to male. *J. Anim. Sci.*, 85: 1257-1263.

Rosa, H.J.D., Bryant, M.J., 2003. Seasonality of reproduction in sheep. *Small Rumin. Res.*, 48: 155-171.

Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación, 22 de agosto del 2001.

Shelton, M., 1960. Influence of the presence of male goat on the initiation of estrous cycling and ovulation of Angora does. *J. Anim. Sci.*, 19: 368-375.

Shelton, M., 1980. Influence of various exteroceptive factors on initiation of estrus and ovulation. *Int. Goat Sheep Res.*, 1: 156-162.

Spencer, T.E., 2013. Early pregnancy: Concepts, challenges, and potential solutions. *Anim. Front.*, 3(4): 48-55.

Thiéry, J.C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M., Malpoux, P., 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 23: 87-100.

Ungerfeld, R., Forsberg, M., Rubianes, E., 2004. Overview of the response of anoestrus ewes to the ram effect. *Reprod. Fertil. Dev.*, 16: 1-12.

Vielma, J., Terrazas, A., Véliz, F.G., Flores, J.A., Hernández, H., Duarte, G., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., 2008. Las vocalizaciones de machos cabríos no

estimulan la secreción de la LH ni la ovulación en las cabras anovulatorias. *Téc. Pecu. Méx.*, 46: 25-36.

Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrous female goats. *Horm. Behav.*, 56: 444-449.

Walkden-Brown, S.W., Restall B., Henniawati., 1993a. The male effect in the Australian cashmere goat. 1. Ovarian and behavioural response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks. *Anim. Reprod. Sci.*, 32: 69-84.

Walkden-Brown, S.W., Restall B., Henniawati., 1993b. The male effect in the Australian cashmere goat. 2. Role of olfactory cues from the male. *Anim. Reprod. Sci.*, 32: 55-67.

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

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B., 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odor in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fertil.*, 102: 351-360.

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

Woodfill, C.J.I., Wayne, N.L., Moenter, S.M., Karsch, F.J., 1994. Photoperiodic synchronization of a circannual reproductive rhythm in sheep: Identification of season-specific time cues. *Biol. Reprod.*, 50: 965-976.