

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**CAPACIDAD DE LOS MACHOS SUBALIMENTADOS PARA  
INDUCIR LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS  
MEDIANTE EL EFECTO MACHO**

**POR:**

**SERGIO SECUNDINO MÉNDEZ**

**TESIS:**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

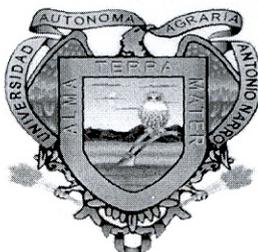
**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**AGOSTO DE 2009.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**CAPACIDAD DE LOS MACHOS SUBALIMENTADOS PARA  
INDUCIR LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS  
MEDIANTE EL EFECTO MACHO**

**TESIS**

**POR**

**SERGIO SECUNDINO MÉNDEZ**

**ASESOR PRINCIPAL**

---

**DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**AGOSTO DE 2009.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

**“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**CAPACIDAD DE LOS MACHOS SUBALIMENTADOS PARA  
INDUCIR LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS  
MEDIANTE EL EFECTO MACHO**

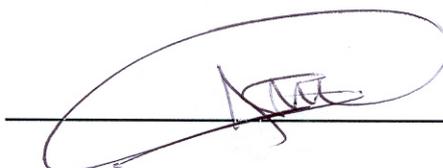
TESIS

**POR:  
SERGIO SECUNDINO MÉNDEZ**

**ASESOR PRINCIPAL**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA**

**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

  
\_\_\_\_\_  
**M.V.Z. JOSE LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELIAS**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**AGOSTO DE 2009.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
DIVISIÓN REGIONAL  
CIENCIA ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”

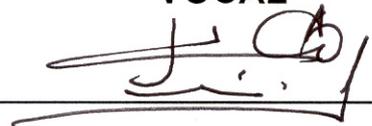
**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**PRESIDENTE DE JURADO**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

**VOCAL SUPLENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. GERARDO DUARTE MORENO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**CAPACIDAD DE LOS MACHOS SUBALIMENTADOS  
PARA INDUCIR LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS  
CABRAS MEDIANTE EL EFECTO MACHO**

**POR:**

**SERGIO SECUNDINO MÉNDEZ**

**Elaborada bajo la supervisión del comité particular de  
asesoría:**

**ASESOR PRINCIPAL:**

**DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA**

**ASESORES**

**DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ  
DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
DR. GERARDO DUARTE MORENO  
DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**AGOSTO DE 2009.**

## *Dedicatoria*

### *A DIOS.*

*Por darme la oportunidad de disfrutar este momento tan importante para mí, como para las personas que me quieren, gracias por llevarme de tu mano en cada momento y cada prueba de la vida, pero sobre todo gracias por existir en mi.*

### *A mis padres.*

***Bernardo Secundino Ríos y Honorina Méndez Alfaro.***

*Gracias por darme su apoyo incondicional en todo lo que he realizado y por saber que he contado con ustedes desde el momento que me dieron la dicha de ser mis padres, por entenderme en esos momentos difíciles de la vida y saberme guiar en las buenas cosas. Gracias por darme la oportunidad de ser una mejor persona a través del estudio y sobre todo por llevarme en sus corazones, los amo.*

### *A mis abuelitos.*

***Porfirio Secundino Fuentes, Sofía Ríos Hernández, Daniel Méndez Méndez y Delfina Alfaro Avelar.***

*Por darme la dicha de contar con unos excelentes padres les doy mis más sinceros agradecimientos, y por compartir momentos tan lindos en mi vida que jamás olvidare y por saber que tengo a los mejores abuelitos que toda persona quisiera tener. Gracias por los sabios consejos, y los momentos lindos de mi vida.*

### *A mis hermanos.*

***Marisol, Pablo David, Vianey y Cristian Bernardo.***

*Por las enseñanzas que me han brindado, por los bellos recuerdos que hemos pasamos y por su gran cariño, siempre los llevo en mi corazón. Gracias por ser los mejores hermanos, gracias por todo el apoyo brindado, por los buenos consejos y por guiarme en los momentos difíciles, los quiero con todo mi corazón.*

### *A mi esposa.*

*Gracias amor por estar en estos momentos tan lindos de mi vida y por compartir tu vida con la mía y sobre todo gracias por darme la dicha de ser padre de una niña encantadora **Alondra Secundino Cedillo**. Te amo mi vida.*

## *Agradecimientos*

*A DIOS por darme la dicha y la fortaleza de salir adelante y por darme la sabiduría en todos los momentos de mi vida y por tener la dicha de lograr una meta más.*

*Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera, por la confianza depositada en mi y por darme la oportunidad de trabajar con él para la realización de esta tesis.*

*Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez. Por su valioso apoyo, amistad y colaboración en la realización de esta tesis.*

*Al Dr. Gerardo Duarte Moreno. Por su amistad, enseñanza y la corrección de esta tesis.*

*Al Dr. Jesús Vielma Sifuentes. Por sus amistad, consejos y aportaciones en la realización de esta tesis.*

*Al Dr. Horacio Hernández Hernández. Por su valioso apoyo, amistad y colaboración en la realización de esta tesis.*

*A Alexia Lemiére. Por su colaboración en las actividades y preparación del experimento.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento del proyecto (CONACYT:SNI-ESTUDIANTES 2008-01-102086).*

*A todos mis amigos por su valiosa amistad que me brindaron durante estos 5 años de carrera. (Sección "C" M.V.Z) Patricia, Cecilia, María Elena, Mónica, Alicia, Fernando, Hugo Israel, Efraín, Víctor, Miguel Ángel, Oscar y José Luis.*

*A mi ALMA TERRA MATER por haberme cobijado durante 5 largos años, por brindarme la oportunidad de lograr una meta mas en mi vida, mi carrera profesional y darme la mejor experiencia de mi vida.*

*Al C. Luis Alberto Flores Cárdenas del Ejido Corea, Municipio de Matamoros, Coahuila. Por facilitar las hembras utilizados en este estudio y por todo su apoyo.*

***Cometiendo errores es la única manera de llegar a algo en la vida por uno mismo, sólo debes reconocerlos y memorizarlos.***

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b><i>i</i></b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b><i>ii</i></b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b><i>iii</i></b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
1. Estacionalidad reproductiva de hembras y machos caprinos.....	3
2. Estimulación de la actividad sexual de las hembras anovulatorias mediante el efecto macho.....	4
2.1. Factores que modifican la respuesta de las hembras al efecto macho.....	5
2.1.1. Comportamiento sexual de los machos.....	5
2.1.2. Nivel de alimentación de los machos.....	6
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>7</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>7</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>8</b>
1. Localización del experimento.....	8
2. Animales experimentales.....	8
2.1. Machos.....	8
2.2. Hembras.....	9
3. Efecto macho.....	9
4. Variables determinadas.....	10
4.1. Comportamiento sexual.....	10
4.2. Actividad estral de las hembras.....	10
4.3. Fertilidad a los 45 días.....	10
5. Análisis de datos.....	11

<b>RESULTADOS.....</b>	<b>12</b>
1. Comportamiento sexual de los machos.....	12
2. Porcentaje de hembras en estro.....	13
3. Latencia al estro.....	14
4. Duración del estro.....	14
5. Porcentaje y duración de ciclos cortos.....	14
6. Tasa de gestación.....	15
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1.</b> Características de la respuesta estral de las hembras expuestas a machos bien alimentados y machos subalimentados previamente sometidos previamente a un tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales.	15

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Comportamiento sexual de los machos bien alimentados y subalimentados sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos y puestos en contacto con hembras anovulatorias. Las observaciones se realizaron durante 2 horas diarias los primeros 3 días después de ser puestos en contacto con las hembras.	<b>12</b>
<b>Figura 2.</b> Respuesta estral de las hembras sometidas al efecto macho utilizando machos bien alimentados y machos subalimentados sometidos a un tratamiento de días largos artificiales.	<b>13</b>

## RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar si los machos cabríos subalimentados sometidos a un tratamiento de días largos artificiales son capaces de estimular la actividad estral de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho. Para ello, se utilizaron 4 machos cabríos Criollos adultos divididos en dos grupos. Los machos se mantuvieron estabulados en instalaciones abiertas de 10 x 6 m. Un grupo de machos (Subalimentado; n=2), se alimentó con una dieta a base de alfalfa y avena y tenían una condición corporal de  $(1.5 \pm 0)$  durante todo el estudio. Los otros 2 machos (Bien alimentado; condición corporal  $(3.0 \pm 0)$ ) fueron alimentados heno de alfalfa a libre acceso y 300 gr de concentrado comercial (14 % de P.C.) por día y por animal. Se utilizaron además, cabras adultas multíparas divididas en dos grupos homogéneos de acuerdo a su peso y condición corporal. El 31 de marzo, un grupo de hembras (n=26) fue expuesto a 2 machos bien alimentados. El otro grupo de hembras (n=26) fue expuesto a 2 machos subalimentados. En los dos grupos los machos permanecieron con las hembras durante 18 días. La actividad estral fue registrada dos veces por día (0800 y 1700 h) durante todo el estudio. La tasa de gestación se determinó mediante una ecografía abdominal realizada al día 45 post-introducción de los machos en los dos grupos de hembras. Los porcentajes de hembras en estro y gestantes se compararon mediante una prueba de  $\chi^2$ . El intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del estro se comparó mediante una prueba de t de Student. El porcentaje total de cabras que presentaron estro en los 18 días de contacto con los machos no difirió entre las hembras expuestas a los machos bien alimentados (23/26; 88.5%) y a los machos subalimentados (23/26; 88.5%;  $P > 0.05$ ). Sin embargo, el intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del estro fue mayor ( $P < 0.05$ ) en las hembras en contacto con los machos subalimentados ( $9.5 \pm 0.6$  días) que en aquellas en contacto con machos bien alimentados ( $2.5 \pm 0.6$  días). La duración del estro fue similar entre las hembras que estuvieron en contacto con los machos bien alimentados y con machos subalimentados ( $P > 0.05$ ), tanto en los primeros 5 días como del día 6 al 18 después de la

introducción de los machos. El porcentaje de hembras que presentaron ciclos cortos fue mayor (46.1%) en las hembras en contacto con los machos bien alimentados que en aquellas en contacto con machos subalimentados (3.8). Sin embargo, la duración de estos ciclos cortos fue similar entre los dos grupos ( $P>0.05$ ). Finalmente, el porcentaje de cabras gestantes fue similar en las hembras expuestas a los machos bien alimentados (83.3%) y en aquellas en contacto con los machos subalimentados (76.9%;  $P>0.05$ ). Se concluye que los machos subalimentados sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos son capaces de estimular la actividad estral de las cabras anovulatorias. Sin embargo, el inicio de la actividad estral es más prolongado en las hembras expuestas a los machos subalimentados que en aquellas expuestas a los machos bien alimentados.

**Palabras clave:** Efecto Macho, Cabras, Estacionalidad, Subalimentados, Estro.

## INTRODUCCIÓN

Los ovinos y caprinos se han desarrollado en una gran diversidad de ambientes en los cuales han tenido que desarrollar diversas estrategias reproductivas con la finalidad de asegurar los periodos más favorables para el nacimiento y desarrollo de las crías (Bronson, 1985; Walkden-Brown y Restall, 1996). Esto ha dado como resultado que la mayoría de las razas de estas dos especies manifiesten marcadas variaciones en su actividad reproductiva a través del año. Es decir, tienen un periodo de inactividad sexual o anestro, seguido de un periodo de intensa actividad sexual (Chemineau *et al.*, 1992). En el norte de México, los machos cabríos manifiestan un periodo de reposo sexual de enero a abril, mientras que en las hembras el anestro se registra de marzo a agosto (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2008). Existen factores como la nutrición y las relaciones socio-sexuales que pueden modificar la actividad sexual anual de estas especies. Por ejemplo, tanto en los machos como en las hembras, la estación sexual es más corta en los animales que se encuentran subalimentados que en los bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Zarazaga *et al.*, 2003). También existen estudios que indican que la respuesta de los machos cabríos a los tratamientos fotoperiódicos para estimular su actividad sexual es menor en los machos que se encuentran subalimentados, que en los machos bien alimentados (Martin *et al.*, 1999). En la Región Lagunera, existen estudios que demuestran que la actividad sexual de los machos puede ser estimulada al someterlos a un tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre (Delgadillo *et al.*, 2002). Estos machos sexualmente activos son muy eficientes

para estimular mediante efecto macho, la actividad de las cabras durante el periodo de anestro (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). Sin embargo, la mayoría de estos estudios sobre efecto macho han sido con machos estabulados y bien alimentados y se desconoce si los machos subalimentados y sometidos al tratamiento de días largos artificiales son eficientes para inducir la actividad sexual de las hembras anéstricas. Por ello, en esta investigación se evaluó la capacidad de los machos sometidos a un bajo estado nutricional (subalimentados) y tratados con días largos artificiales para estimular la actividad estral de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. Estacionalidad reproductiva de hembras y machos caprinos

La estacionalidad reproductiva de las especies es una estrategia reproductiva que permite que los partos ocurran en el momento más óptimo del año para favorecer la sobrevivencia de las crías (Ortavant *et al.*, 1985). En las zonas templadas, las hembras y machos de la mayoría de las razas de ovinos y caprinos presentan su estación sexual durante el otoño y el invierno (Karsch *et al.*, 1984; Restall, 1992; Amoah *et al.*, 1996; Rivera *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2008). En cambio, en las regiones subtropicales, la estación sexual de los machos en estas especies ocurre en primavera y verano (Delgadillo *et al.*, 1999). Mientras que las hembras la estación sexual se desarrolla en otoño e invierno (Duarte *et al.*, 2008) Por ejemplo, en los machos cabríos de la Región Lagunera el periodo de reposo sexual es de enero a abril, mientras que en las hembras el anestro se registra de marzo a agosto (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2008). Tanto en las regiones templadas como en las subtropicales, la estacionalidad reproductiva es controlada por las variaciones del el fotoperiodo a través del año (Thiéry *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2004; Malpoux, 2006). En condiciones artificiales los días cortos estimulan la actividad sexual, y los días largos la inhiben (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo *et al.*, 1991; 1992; 2004; Lincoln y Short, 1980).

## **estimulación de la actividad sexual de las hembras anovulatorias mediante el efecto macho**

La introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro, permite inducir y sincronizar la actividad sexual unos días después de ponerlos en contacto. Esta técnica de bioestimulación conocida como efecto macho constituye un estímulo social que permite adelantar el inicio de la actividad reproductiva tanto en ovejas (Rosa y Bryant, 2002; Ungerfeld *et al.*, 2002) como en cabras (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2009).

Después de exponer las hembras a los machos ocurre un aumento en la pulsatilidad de la hormona luteinizante (LH), secreción que culmina con un pico preovulatorio de LH y la ovulación en los primeros 5 días (Martin *et al.*, 1986; Vielma *et al.*, 2009). La mayoría de las hembras presentan un ciclo ovárico de corta duración, que en promedio dura de 5 a 7 días (Chemineau *et al.*, 2006). En las cabras, después de este ciclo corto, se produce otra ovulación que se acompaña de un estro en un 95% de ellas, seguido de una fase lútea de duración normal. En esta segunda ovulación inducida por el macho, la mayoría de las hembras pueden quedar gestantes (Chemineau, 1987; Flores *et al.*, 2000).

## **2.1. Factores que modifican la respuesta de las hembras al efecto macho**

### **2.1.1. Comportamiento sexual de los machos**

Uno de los principales factores que influyen en la respuesta de las hembras expuestas al efecto macho es el comportamiento sexual mostrado por los machos. En el caso de los machos cabríos, el comportamiento sexual está representado por conductas sexuales como el automarraje, los olfateos ano-genitales, el flehmen, las aproximaciones, los intentos de monta y las montas con penetración (Price *et al.*, 1986; Fabre-Nys, 2000). Al respecto, Perkins y Fitzgerald (1994) demostraron que la intensidad de la conducta sexual desplegada por los machos hacia las hembras, incrementa la intensidad del estímulo y consecuentemente mejora la respuesta estral y ovulatoria de éstas. Estos autores compararon machos que exhibían altos y machos con bajos niveles de conducta sexual y encontraron que los machos con alta actividad inducen un mayor número de hembras al estro (95%) que los machos con baja libido (78%). De igual modo, en el norte de México, Flores *et al.* (2000) demostraron que los machos inducidos a un intensa actividad sexual al ser sometidos a un tratamiento fotoperiódico inducen la actividad sexual (estros y ovulaciones) en la mayoría de las hembras a diferencia de los machos no tratados que manifiestan muy poca conducta sexual y son incapaces de inducir una respuesta en las hembras. Estos estudios demuestran que la intensidad en el comportamiento sexual de los machos es un factor muy importante para inducir la actividad sexual en las cabras durante anestro.

### **2.1.2. Nivel de alimentación de los machos**

En las zonas subtropicales, la nutrición es un regulador importante en la función reproductiva de los ovinos y caprinos (Blache *et al.*, 2000). En los machos cabríos, la subalimentación puede reducir la libido, el olor, el volumen del eyaculado, el número de espermatozoides por eyaculado, el porcentaje de espermatozoides vivos, y la motilidad espermática (Walkden-Brown y Restall, 1996). Al contrario, una buena nutrición puede mejorar las variables antes descritas. Por ejemplo, en los machos cashmere Australianos, una sobrealimentación de 6 semanas antes de la monta permite un adelanto del inicio de la estación sexual (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Martin y Walkden-Brown, 1995). Asimismo, los machos alimentados con una dieta de alta calidad durante 16 meses inducen, a través del efecto macho, la ovulación en un mayor número de hembras, que los machos expuestos a dietas de baja calidad durante el mismo tiempo (Walkden-Brown *et al.*, 1993). Estos resultados indican que el nivel de alimentación de los machos influye en la eficiencia de éstos para estimular la actividad sexual de las hembras a través del efecto macho.

## **OBJETIVO**

Determinar si los machos cabríos subalimentados sometidos a un tratamiento de días largos artificiales son capaces de estimular la actividad sexual (estro) y reproductiva de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho.

## **HIPOTESIS**

Los machos cabríos subalimentados que son sometidos a un tratamiento de días largos artificiales son capaces de estimular mediante el efecto macho, la actividad sexual (estro) y reproductiva de las cabras durante el anestro.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. Localización del experimento**

El estudio se realizó del 1 de noviembre del 2008 al 30 de mayo del 2009, en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna y en el Ejido Corea, Municipio de Matamoros, Coahuila. Ambas localidades se encuentran ubicadas en la Comarca Lagunera de Coahuila, la cual está situada a una latitud 26° Norte y a una altitud que varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar. Las variaciones naturales del fotoperiodo en la Comarca Lagunera son de 13:41 horas luz durante el solsticio de verano y de 10:19 horas luz durante el solsticio de invierno.

### **2. Animales experimentales**

#### **2.1 Machos**

Se utilizaron 4 machos cabríos Criollos adultos divididos en dos grupos. Los machos se mantuvieron estabulados en instalaciones abiertas de 10 × 6 m. Un grupo de machos (Subalimentado; n=2), fue alimentado con una dieta a base de alfalfa y avena y tenían una condición corporal de  $1.5 \pm 0$  durante todo el estudio. Los otros 2 machos (Bien alimentado; condición corporal de  $3.0 \pm 0$ ) fueron alimentados heno de alfalfa a libre acceso y 300 gr de concentrado comercial (14

% de P.C.) por día y por animal. En los dos grupos el agua y los minerales se proporcionaron a libre acceso.

## **2.2 Hembras**

Se utilizaron 52 cabras Criollas adultas multíparas y anovulatorias. Las cabras estuvieron estabuladas en un corral de 15 x 20 m y fueron alimentadas con heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14% de PC.) por día y por animal. El agua y los minerales se proporcionaron a libre acceso. La ciclicidad de las hembras se determinó mediante ultrasonografía transrectal. Para ello, se realizó una ecografía 10 antes de la introducción de los machos. El criterio para determinar si una hembra esta cíclica, fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en las ecografías (de Castro *et al.*, 1999). Todas las hembras cíclicas fueron eliminadas del estudio. Las hembras anovulatorias fueron divididas en dos grupos homogéneos (n=26c/u), considerando la condición corporal.

## **3. Efecto macho**

El 31 de marzo de 2009 (día 0) un grupo de hembras (n=26) fue puesto en contacto con 2 machos subalimentados. Otro grupo de hembras (n=26) fue puesto en contacto con 2 machos bien alimentados. Los machos permanecieron con las hembras durante 18 días.

## **4. Variables determinadas**

### **4.1. Comportamiento sexual de los machos**

El comportamiento sexual de los machos durante 1 hora diaria (08:00–09:00 h), los primeros 3 días después de ser puestos en contacto con las hembras. Las conductas evaluadas fueron: número de flehmen, olfateos anogenitales, aproximaciones, intentos de monta, monta sin penetración, monta con penetración y automarcaje con orina.

### **4.2. Actividad estral de las hembras**

La actividad estral fue registrada dos veces por día (0800 y 1700 hs) desde el primer día de contacto con los machos hasta el final del estudio. El criterio para considerar una hembra en estro fue la inmovilidad de las hembras al ser montadas por los machos (Chemineau *et al.*, 1992).

### **4.3. Fertilidad a los 45 días**

Se determinó el porcentaje de hembras gestantes a los 45 días mediante ultrasonografía abdominal. Para ello se utilizó un equipo de ultrasonido equipado con un transductor de 3.0 Mhz.

## 5. **Análisis de datos**

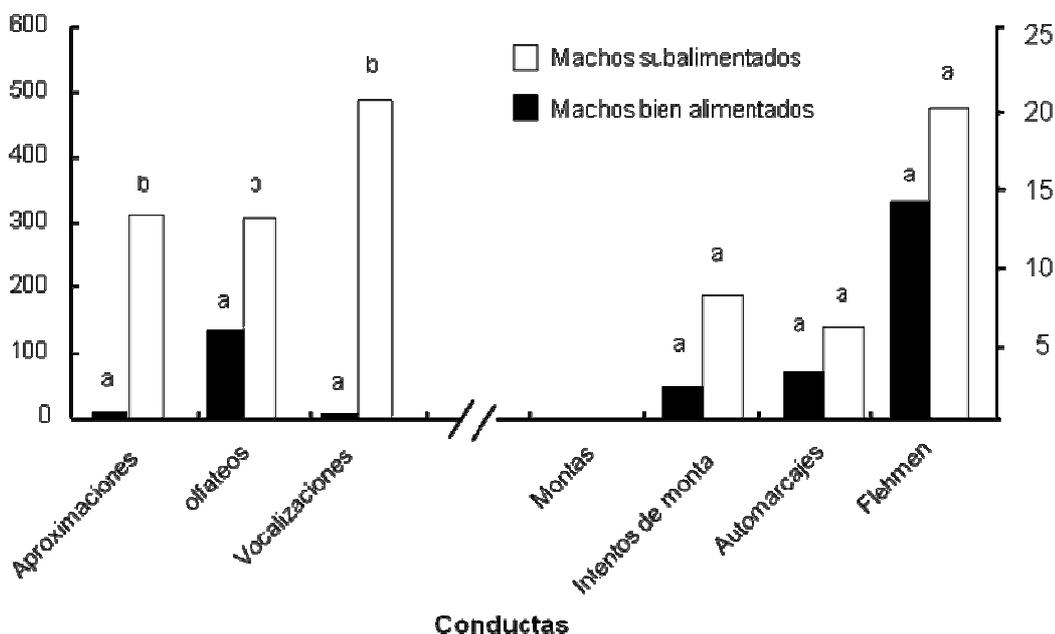
Las proporciones (% de hembras en estro y % de hembras gestantes) fueron comparadas mediante una prueba de  $\chi^2$ . La tasa ovulatoria fue comparada mediante una prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. El intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del estro se comparó mediante una prueba de t de Student.

## RESULTADOS

### 1. Comportamiento sexual de los machos

Durante los tres días de observación del comportamiento sexual de los machos, el número de olfateos, aproximaciones y vocalizaciones fue mayor ( $P < 0.05$ ; Figura 1) en los machos bien alimentados que en los machos subalimentados. Mientras que el número de montas, intentos de montas, automarcajes con orinas y flehmen no existió diferencia ( $P > 0.05$ ) entre los dos grupos de machos.

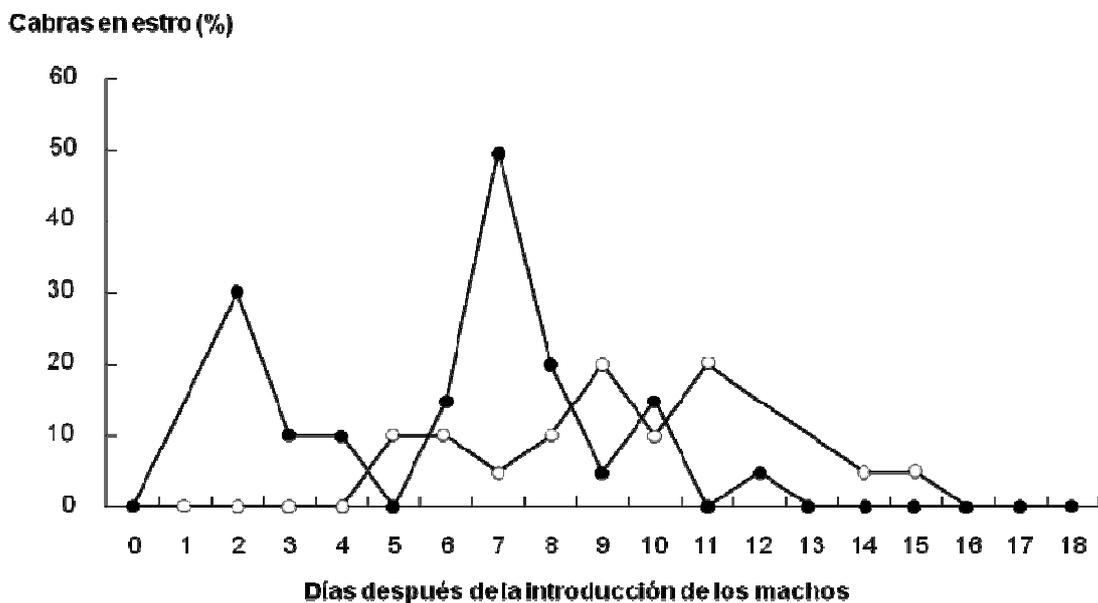
Número de conductas



**Figura 1.** Comportamiento sexual de los machos bien alimentados y subalimentados sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos y puestos en contacto con hembras anovulatorias. Las observaciones se realizaron durante 2 horas diarias los primeros 3 días después de ser puestos en contacto con las hembras.

## 2. Porcentaje de hembras en estro

El porcentaje de hembras que manifestaron actividad estral durante los 18 días de estudio no fue diferente ( $P>0.05$ ) entre las hembras en contacto con machos bien alimentados y en contacto con machos subalimentados (Figura 2). Sin embargo, el porcentaje de hembras que manifestaron estro durante los primeros 5 días después de la introducción de los machos fue mayor ( $P<0.05$ ) en el grupo de hembras en contacto con machos bien alimentados (13/26; 50%) que en el grupo de hembras expuestas a machos subalimentados (2/26; 7%). En cambio del día 6 al 18 no hubo diferencias significativas en el porcentaje de hembras que manifestaron actividad estral (85% en ambos grupos;  $P>0.05$ ).



**Figura 2.** Respuesta estral de las hembras sometidas al efecto macho utilizando machos bien alimentados (●) y machos subalimentados (○) sometidos a un tratamiento de días largos artificiales.

### **3. Latencia al estro**

El intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del estro fue menor ( $P < 0.05$ ; Tabla 1) en las hembras en contacto con los machos bien alimentados ( $2.5 \pm 0.6$  días) que en aquellas en contacto con machos subalimentados ( $9.5 \pm 0.6$  días).

### **4. Duración del estro**

La duración del estro fue similar ( $P > 0.05$ ) entre las hembras que estuvieron en contacto con los machos bien alimentados y con machos subalimentados, tanto en los primeros 5 días como del día 6 al 18 después de la introducción de los machos (Tabla 1).

### **5. Porcentaje y duración de ciclos cortos**

El porcentaje de hembras que presentaron ciclos cortos fue mayor ( $P < 0.05$ ) en las hembras en contacto con los machos bien alimentados que en aquellas en contacto con machos subalimentados. Sin embargo, la duración de estos ciclos cortos fue similar entre los dos grupos ( $P > 0.05$ ; Tabla 1).

## 6. Tasa de gestación

El porcentaje de cabras que fueron diagnosticadas gestantes a día 45 después de la introducción de los machos fue similar ( $P>0.05$ ; Tabla 1) entre las cabras en contacto con los machos bien alimentados que en aquellas en contacto con machos subalimentados.

Tabla 1. Características de la respuesta estral de las hembras expuestas a machos bien alimentados y machos subalimentados previamente sometidos previamente a un tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales.

	En contacto con machos	
	Bien alimentados	Subalimentados
<b><u>Duración del estro (h)</u></b>		
Día 0-5	12.0± 0.0 <sup>a</sup>	12.0± 0 <sup>a</sup>
Día 6-18	24.6 ± 2.4 <sup>a</sup>	24.0± 2.1 <sup>b</sup>
<b><u>Ciclos estrales cortos</u></b>		
Porcentaje	46.1 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>
Duración (días)	5.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	5.5 ± 0 <sup>a</sup>
<b>Fertilidad (Día 45)</b>	83.3 <sup>a</sup>	76.9 <sup>a</sup>

Literales diferentes en renglón indican diferencia significativa entre los 2 grupos ( $P < 0.05$ ).

## DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que los machos subalimentados son capaces de estimular la actividad estral de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho. En efecto, más del 80 % de las hembras manifestaron actividad estral durante los 18 días de contacto con los machos subalimentados. De igual manera, el porcentaje de hembras que resultaron gestantes fue similar entre los dos grupos. Lo anterior demuestra que independientemente del nivel nutricional en el cual se encontraban los machos, estos son capaces de estimular la actividad estral de las hembras y montarlas para que resulten gestantes.

Sin embargo, la presentación de la respuesta estral de las hembras en contacto con machos subalimentados fue diferente a aquella mostrada por las hembras estimuladas por machos bien alimentados. En efecto, en las hembras en contacto con los machos subalimentados se registró un retardo y una desincronización en el inicio y desarrollo de la respuesta estral, respectivamente. En estas hembras, los primeros estros fueron registrados a partir del día 5 postintroducción de los machos. Al contrario, en las hembras estimuladas con machos bien alimentados se observó una respuesta al efecto macho “clásica” (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2008), es decir, un periodo de actividad estral del día 2 al 5 y otro periodo de estros del 6 al 12. Esta diferencia en la respuesta estral de las hembras pudo ser debido probablemente a que los machos subalimentados manifestaron un comportamiento sexual

(aproximaciones, olfateos y vocalizaciones) y un olor menos intenso en los primeros días que los machos bien alimentados y eso resultó un menor estímulo para las hembras. Al respecto Walkden-Brown *et al.* (1994) demostró que los machos que tienen una mejor alimentación tienen un mayor tamaño de las glándulas sebáceas y por consiguiente una mayor intensidad de olor que los machos mal alimentados. De igual manera, los machos mejor alimentados despliegan una actividad sexual más intensa y son capaces de estimular un mayor número de cabras anovulatorias que los machos mal alimentados (67 % vs 38%; Walkden.Brown *et al.*, 1993).

Sin embargo, la respuesta total de las hembras estimuladas por los machos subalimentados no fue diferente de la mostrada por las hembras que estuvieron en contacto con machos bien alimentados (88% en ambos grupos). Lo anterior se debió probablemente al tratamiento fotoperiódico al cual fueron sometidos los dos grupos de machos. Es probable que en estos machos, el fotoperiodo tenga una influencia mayor que la alimentación sobre la actividad sexual, así como se propuso para las razas originarias de las zonas templadas (Malpoux *et al.*, 1999). En efecto, existen muchos trabajos que demuestran la respuesta de los machos cabríos a los tratamientos fotoperiódicos (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2001; 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2008).

A pesar que el comportamiento sexual de los machos bien alimentados en los primeros días fue superior al mostrado por los machos subalimentados, éstos últimos fueron capaces de estimular la actividad sexual de las cabras en un

periodo de 18 días. Es probable que después de varios días de contacto con los machos subalimentados, algunas hembras iniciaran su actividad sexual y probablemente esto permitió un mejoramiento del comportamiento sexual de los machos y un incremento de la producción de feromonas en los machos subalimentados. En efecto, la presencia de hembras en estro permite un reforzamiento del estímulo entre machos y hembras (Walkden-Brown *et al.*, 1993) y/o una estimulación hembra-hembra (Restall *et al.*, 1995). Lo anterior permitió que no se registrara diferencia en la respuesta estral total entre los dos grupos. Finalmente, es interesante señalar que a pesar de que los machos subalimentados mostraron un comportamiento sexual inferior al menos en los primeros días, al mostrado por los machos bien alimentados, los resultados de fertilidad sugieren que la producción espermática (cuantitativa y cualitativamente) de los machos subalimentados fue suficiente para gestar las hembras.

## **CONCLUSIÓN**

Los machos subalimentados sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos son capaces de estimular la actividad estral de las cabras anovulatorias. Sin embargo, el inicio de la actividad estral es más prolongado en las hembras expuestas a los machos subalimentados que en aquellas expuestas a los machos bien alimentados.

## LITERATURA CITADA

Amoah, E.A., Gelaye, S., Guthrie, P., Rexroad, Jr.C.E. 1996. Breeding season aspects of reproduction of female goats. *J Anim Sci* 74,723-728.

Blache, D., Blackberry, M.A., Vercoe, P.E., Martin, G.B. 2000. "Metabolic factor affecting the reproductive axis in male sheep". *J Reprod Fertil* 120:1-11.

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., 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.

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.

de Castro, T., Rubianes, E., Menchaca, A., Rivero, A. 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology* 52,399-411.

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., Leboeuf, B., Chemineau, P. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology* 36,755-70.

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* 79,2245-52.

Delgadillo, J.A., Leboeuf, B., Chemineau, P. 1992. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goat bucks. *Small Rumin Res* 9,47-59.

Delgadillo, J.A., Fitz-Rodriguez, G., Duarte, G., Veliz, F.G., Carrillo, E., Flores, J.A., Vielma, J., Hernandez, H., Malpoux, B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod Fertil Dev* 16,471-478.

Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A., Martin, G.B. 2009. The male effect in sheep and goats-Revisiting the dogmas. *Behav Brain Res* 200,304-314.

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.

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.

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

Karsch, F.J., Bittman, E.L., Foster, D.L., Goodman, R.L., Legan, S.J., Robinson, J.E. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Prog Horm Res* 40,185-232.

Lincoln, G., Short, V., 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent Prog Horm Res* 36, 1-52.

Malpaux, B. 2006. Seasonal regulation of reproduction in mammals. In: Knobil and Neill's *Physiology of Reproduction*, Third Edition, Ed. JD Neill. Amsterdam: Elsevier 2231-2281.

Malpaux, B., Thiéry, JC., Chemineau, P. 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod Nutr Dev* 339,355-366.

Martin, G.B., Oldham, C.M., Cognié, Y., Pearce, D.T. 1986. The physiological response of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livest Prod Sci* 15,219-247.

Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J.P., Thimonier, J., Volland-Nail, P. 1985. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm mammals. *Oxf Rev Reprod Biol* 7,305-45.

Price, E.O., Smith, V.M., Katz, L.S., 1986. Stimulus conditions influencing self-enurination, genital grooming and flehmen in male goats. *App Anim Behav Sci* 16,371-381.

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

Restall, B.J., Restall H., Walkden-Brown SW. 1995. The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrous females. *Anim Reprod Sci*. 40, 299–303.

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

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

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

Ungerfeld, R., Pinczak, A., Forsberg, M., Rubianes, E. 2002. Ovarian responses of anoestrous ewes to the “ram effect”. *Can J Anim Sci* 82:599–602.

Vielma, J. 2006. El comportamiento sexual, las vocalizaciones y el olor del macho cabrío estimulan la secreción de LH, el estro y la ovulación de las cabras sometidas al efecto macho. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.

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

Walkden-Brown, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J Reprod Fertil Suppl* 54,243-57.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J. 1996. Environmental and social factors affecting reproduction. In: 6th Int. Conf. on Goats, Beijing, Vol. II International Academic Publisher, Beijing 762-775.

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

Walkden-Brown, SW., Restall, BJ., Henniawati. 1993. The male effect in Australian cashmere goats. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Anim Reprod Sci* 93;32:69-84.