

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



“RESPUESTA DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO  
MACHO: INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN  
ALIMENTICIA”

POR

RAÚL CRUZ GARCÍA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE

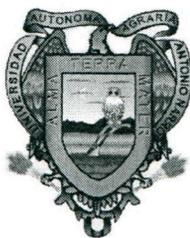
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2005

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



“RESPUESTA DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO  
MACHO: INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN  
ALIMENTICIA”

TESIS

POR

RAÚL CRUZ GARCÍA

ASESOR PRINCIPAL

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser la del asesor principal, José Alberto Delgadillo Sánchez. La firma es fluida y se extiende horizontalmente.

DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2005

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

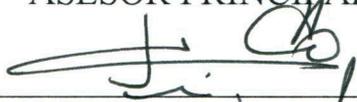
“RESPUESTA DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO  
MACHO: INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN  
ALIMENTICIA”

TESIS

POR

RAÚL CRUZ GARCÍA

ASESOR PRINCIPAL



DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA  
ANIMAL

M.C. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
UAAAN - UL

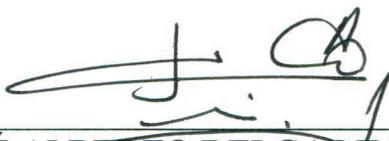
Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2005

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

PRESIDENTE DEL JURADO



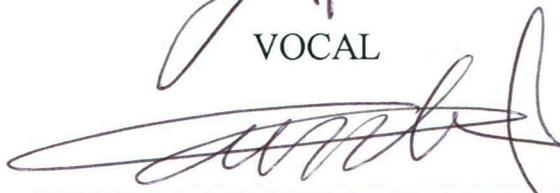
DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

VOCAL



DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

VOCAL



DR. GERARDO DUARTE MORENO

VOCAL SUPLENTE



DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2005

## *Dedicatorias*

*Dedicado con mucho respeto y admiración a mis padres: Teodosia García Mejía y León Cruz Cruz como símbolo de su gran esfuerzo por ayudarme a concluir mis estudios.*

*A mis hermanos, familiares, amigos, profesores, compañeros, y demás personas que de alguna manera han sembrado en mí la inquietud de la superación.*

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres con gran afecto y admiración: Teodosia García Mejía y León Cruz Cruz, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos: Joel, Javier y Rubén, quienes han sido la motivación para llegar a culminar mi carrera.

Con mucho cariño a mis abuelos paternos y maternos, quienes me inspiraron desde temprana edad para estudiar ésta carrera y sobre todo por contar con todo su apoyo en los momentos más difíciles, pero también alegres de mi vida.

A los amigos, que siempre han compartido sus buenas y malas experiencias, y al mismo tiempo han mostrado lo mejor de cada uno.

Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez por haberme dado la oportunidad de realizar esta tesis en el CIRCA.

A los integrantes del CIRCA y alumnos del postgrado por brindarme su apoyo.

Al Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras por su completa disposición y asesoría en la realización de esta tesis.

A la M.C. María de los Angeles De Santiago M. por su colaboración, y por brindarme la posibilidad de trabajar en conjunto para obtener los datos para la presente tesis.

Con gran respeto a los compañeros y amigos de licenciatura que siempre estuvieron para ayudar en el transcurso de los trabajos de campo de nuestros estudios.

Al COECyT del Estado de Coahuila por el financiamiento para la ejecución del proyecto (COAH-2002-CO1-3290).

## CONTENIDO

RESUMEN .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA DE LAS CABRAS Y OVEJAS EN LAS ZONAS SUBTROPICALES .....	3
2.2. EFECTO MACHO .....	3
2.2.1. <i>Respuesta endocrina al efecto macho</i> .....	4
2.2.2. <i>Factores que afectan la respuesta al efecto macho</i> .....	5
2.2.2.1. Comportamiento sexual de los machos .....	5
2.3. LA NUTRICIÓN .....	5
OBJETIVO .....	8
HIPÓTESIS .....	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	9
3.2. ANIMALES EXPERIMENTALES .....	9
3.2.1. <i>Hembras</i> .....	9
3.2.2. <i>Machos</i> .....	10
3.3. TRATAMIENTO DE SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA .....	10
3.4. INTRODUCCIÓN DE LOS MACHOS CON LAS HEMBRAS .....	11
3.5. VARIABLES EVALUADAS .....	11
3.5.1. Condición corporal .....	11
3.5.2. Detección de estros .....	11
3.5.3. Detección de la actividad ovárica .....	12
3.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	12
4. RESULTADOS .....	13
4.1. CONDICIÓN CORPORAL .....	13
4.2. ACTIVIDAD ESTRAL Y TASA OVULATORIA .....	13
5. DISCUSIÓN .....	15
6. CONCLUSIÓN .....	17
7. LITERATURA CITADA .....	18

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

- Figura 1 Porcentaje de hembras con baja y alta condición corporal que recibieron una suplementación alimenticia 7 días antes de ser expuestas a machos sexualmente activos. 15
- Tabla 1 Respuesta ovárica de cabras con baja y alta condición corporal que recibieron una suplementación alimenticia 7 días antes de ser expuestas a machos sexualmente activos. 15

## RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar si una suplementación alimenticia de 7 días antes del efecto macho mejora la respuesta estral y ovulatoria en cabras de baja condición corporal. Se utilizó un grupo (n=20) de cabras de baja condición corporal ( $1.5 \pm 0.1$ ), y otro grupo (n=20) de hembras de alta condición corporal ( $3.0 \pm 0.1$ ). Las cabras del grupo de baja condición corporal fueron alimentadas con una ración compuesta de 360 g de alfalfa (19 % PC y 1.74 Mcal/kg de EM) y 600 g de avena (15% de PC y 1.48 Mcal/kg de EM) por cabra por día. El grupo de alta condición corporal fue alimentado con 2 kg de alfalfa por cabra por día. Esta dieta permitió a cada grupo mantener su condición y peso corporal durante los 8 meses previos al experimento. Siete días antes de poner en contacto machos y hembras, el grupo de baja condición corporal fue suplementado con 800 g de alfalfa (18% de PC, 1.2 Mcal/kg de EM), 200 g de maíz roloado (12% de PC, 1.8 Mcal/kg de EM) y 100 g de soya (42.2% de PC, 2.08 Mcal/kg de EM). El grupo con alta condición corporal recibió 1.1 kg de alfalfa, 350 g de maíz roloado y 220 g de soya. El 14 de abril a las 18:00 h fueron introducidos 2 machos sexualmente activos en cada grupo de cabras, donde permanecieron durante 15 días. El 100% de las cabras del grupo de alta, y el 90% de las de baja condición corporal presentaron al menos un estro ( $P > 0.05$ ), durante los 15 días de contacto con los machos. El porcentaje de hembras que ovularon fue mayor en el grupo de alta (100%) que en el de baja condición corporal (80%;  $P < 0.05$ ). La tasa ovulatoria fue mayor en el grupo con alta condición corporal ( $1.9 \pm 0.1$ ) que en el de baja condición corporal ( $1.4 \pm 0.1$ ;  $P < 0.01$ ) en el mismo periodo. Estos datos demuestran que una suplementación alimenticia de 7 días antes del efecto macho iguala la actividad estral, pero no la ovárica de las cabras con baja condición corporal cuando se comparan con las de alta condición corporal.

Palabras clave: caprinos, condición corporal, actividad estral, actividad ovulatoria, efecto macho.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Norte de México, los caprinos son una de las especies domésticas más importantes de la producción pecuaria (Romero-Paredes, 1998). La Comarca Lagunera es una de las regiones de explotación caprina más importantes del país, y tiene una población aproximada de 400,000 cabezas (SAGAR, 1998). Los animales locales son explotados en su mayoría de manera extensiva (Delgadillo *et al.*, 2004). Estos animales presentan una estacionalidad reproductiva (Delgadillo *et al.*, 2003). Las hembras explotadas extensivamente presentan un periodo de anestro de febrero a agosto (Duarte, 2000). Esta estacionalidad reproductiva limita la productividad de los hatos, ocasionando una estacionalidad en la época de partos y de la producción láctea (Zarazaga *et al.*, 2005). El uso del efecto macho constituye una estrategia que permite inducir y sincronizar la actividad sexual en las cabras durante la época de anestro (Chemineau, 1987; Delgadillo *et al.*, 2004). No obstante, la respuesta de las cabras anovulatorias a la introducción de un macho suele ser variable, y uno de los factores que afecta su respuesta es el peso y la condición corporal de las hembras (Thimonier *et al.*, 2000; Ungerfeld *et al.*, 2004). Se ha reportado que las cabras con mejor condición o peso corporal responden mejor al efecto macho (Urrutia *et al.*, 2003), y que una suplementación alimenticia o “flushing” puede, en algunos casos mejorar la respuesta estral y ovárica, sin modificar la condición corporal. El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar si una suplementación alimenticia de 7 días antes del efecto macho iguala la respuesta estral y ovárica de las cabras con baja condición corporal comparada al de las hembras con alta condición corporal.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Estacionalidad reproductiva de las cabras y ovejas en las zonas subtropicales**

En algunas razas de cabras y ovejas originarias o adaptadas a las condiciones subtropicales, en los hemisferios norte y sur, se ha reportado una estacionalidad en su actividad reproductiva (Restall 1992; Rivera *et al.*, 2003; Duarte, 2000). La estacionalidad de la reproducción en estas zonas se caracteriza por alternancias de periodos de reposo y actividad sexual. En las hembras, el periodo de reposo sexual o anestro está asociado frecuentemente con la ausencia de estros y ovulaciones, y ocurre desde el final del invierno hasta el principio del otoño (Chemineau *et al.*, 1993). Por el contrario, la estación sexual se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales y ováricos de 16 a 18 días en ovejas y de 17 a 23 días en cabras y ocurre desde el inicio del otoño hasta el principio del invierno (Malpaux *et al.*, 1997). En el caso del subtrópico Mexicano, y en particular en la Comarca Lagunera, el periodo de actividad sexual de las cabras locales ocurre de septiembre a febrero, y el de reposo de marzo a agosto (Delgadillo-Sánchez *et al.*, 2003).

### **2.2. Efecto macho**

En algunas razas de ovejas y cabras, la introducción repentina del macho puede provocar el reinicio de la actividad estral y ovárica de las hembras en anestro. Al papel de estimulación y sincronización que ejerce la presencia del macho sobre la actividad sexual de las hembras en anestro se le conoce como "efecto macho" (Delgadillo *et al.*, 2004).

### 2.2.1. Respuesta endocrina al efecto macho

En las ovejas y cabras, la introducción del macho provoca un incremento rápido y dramático de la frecuencia y amplitud de los pulsos de Hormona Luteinizante (LH) plasmática. Este incremento en la actividad hipofisiaria estimula el desarrollo folicular, provocando un pico preovulatorio de LH que induce la ovulación (Chemineau, 1987). Por ejemplo, en las cabras locales de la Isla de Guadalupe en el Caribe, la secreción de LH pasa de 0.3 pulsos antes de la introducción del macho, a una frecuencia de 2.2 pulsos durante las siguientes tres horas. La amplitud de los pulsos se incrementa de igual forma, pasando de 0.5 ng/ml de plasma antes de la entrada del macho a 1.7 ng/ml después del primer contacto (Chemineau, 1987). El tiempo que transcurre desde la introducción del macho hasta el primer incremento en la LH es de sólo 20 min en cabras. En la cabra, el cambio en la secreción pulsátil de LH culmina con una ovulación en más del 95% de las hembras dentro de los primeros tres días posteriores a la introducción del macho (Chemineau, 1987; Flores *et al.*, 2000). La primera ovulación inducida se asocia con conducta estral aproximadamente en 60% de los casos. Dicha ovulación es seguida por un ciclo corto con duración de tres a ocho días en cerca de 75% de las hembras. Esta primera ovulación se caracteriza por una secreción baja y transitoria de progesterona por el cuerpo lúteo y no es fértil. Después del ciclo corto se presenta una segunda ovulación cuyo cuerpo lúteo es de duración normal, y en el 90% de las hembras es acompañado de conducta estral. En este segundo celo, la mayoría de las hembras pueden quedar gestantes (Flores *et al.*, 2000; Véliz *et al.*, 2005).

## **2.2.2. Factores que afectan la respuesta al efecto macho**

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

La intensidad del estímulo ejercido por el macho puede modificar la proporción de hembras que responden sexualmente al efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2004). Por ejemplo, Flores *et al.* (2000) y Delgadillo *et al.* (2002) encontraron que la falta de respuesta de las hembras en anestro es consecuencia de la disminución del comportamiento sexual de los machos y no de una incapacidad de las hembras para responder al estímulo del macho. En efecto, en estas hembras en anestro estacional, más del 80% reinicia su actividad sexual al ser expuestas a machos inducidos a una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo sexual a través de un tratamiento de días largos seguido o no de un implante de melatonina. En cambio, menos del 10% de las hembras expuestas a machos en reposo sexual, manifiestan actividad sexual (Flores *et al.*, 2000; Véliz *et al.*, 2005). En los machos cabríos australianos en los cuales la actividad reproductiva (comportamiento, olor, etc.) es estimulada a través de la alimentación, se ha encontrado que los machos bien alimentados son más eficientes para estimular la actividad sexual de las hembras anéstricas a través del efecto macho que los subalimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1993).

## **2.3. La nutrición**

La nutrición es un regulador importante de la reproducción de los mamíferos. En las ovejas y cabras que tienen una reproducción estacional, el mayor efecto de la nutrición es sobre el comportamiento estral y ovulatorio, incluyendo la duración de la estación sexual y la fertilidad (Nottle *et al.*, 1997; Zarazaga *et al.*, 2005). El comportamiento reproductivo y finalmente la producción de gametos es inhibida conforme

la nutrición llega a ser progresivamente más limitada (Walkden-Brown y Bocquier, 2000). En las cabras de la raza Payoya bien alimentadas, la estación reproductiva inicia antes y termina después que en las hembras subalimentadas (Zarazaga *et al.*, 2005). En las cabras del norte de México bien alimentadas, la estación sexual determinada por la secreción de LH es más prolongada que la de las hembras mantenidas en condiciones extensivas y subalimentadas (Duarte, 2000). Las ovejas Barbarine con una condición corporal baja (1.8 puntos; en una escala de 1 al 5) tienen una fertilidad inferior (75%) que las hembras con una alta condición corporal (3.4 puntos, y 94% respectivamente; Atti *et al.*, 2001). En las cabras de Indonesia, la tasa de ovulación permanece constante (1.8) en animales alimentados según sus necesidades de mantenimiento, y aumenta casi de manera lineal a 2.5 en cabras bien alimentadas (Walkden-Brown y Bocquier, 2000). Los efectos adversos de la baja condición corporal en la oveja pueden ser revertidos por la suplementación alimenticia unas semanas antes del inicio de la estación sexual. El principal efecto positivo es un incremento en la tasa ovulatoria (Walkden-Brown y Bocquier, 2000). La suplementación alimenticia con granos de lupino (*lupinus angustifolius*) por 14 ó 4 días antes de la ovulación, es una estrategia para aumentar la tasa ovulatoria en ovinos Merinos en el sur de Australia (Nottle *et al.*, 1997; Martin *et al.*, 2004).

En la Comarca Lagunera, los hatos caprinos son explotados en su mayoría de manera extensiva, por lo que las hembras son expuestas a variaciones importantes de la disponibilidad de alimentos. El efecto macho utilizando machos inducidos a una intensa actividad sexual a través de un tratamiento fotoperiódico, se realiza de marzo a mayo, cuando las hembras están en anestro. Este periodo coincide con la época de sequía, y por tanto con una subalimentación de las hembras mantenidas en condiciones extensivas, lo que puede modificar su respuesta al efecto macho. Es posible que una suplementación alimenticia mejore la

respuesta de las hembras de baja condición corporal sometidas al efecto macho.

## **OBJETIVO**

El objetivo del presente estudio fue determinar si la suplementación alimenticia 7 días antes del efecto macho iguala la respuesta estral y ovárica en cabras de baja condición corporal a la de las hembras con alta condición corporal.

## **HIPÓTESIS**

La suplementación alimenticia 7 días antes del efecto macho iguala la respuesta estral y ovárica en cabras con baja condición corporal respecto a las hembras con alta condición corporal.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del experimento**

Este estudio se realizó del 8 al 30 de abril del 2005 en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizada en el municipio de Torreón, Coahuila, México (26°23' N latitud, y 104°47' W longitud).

#### **3.2. Animales experimentales**

##### **3.2.1. Hembras**

Se utilizaron 40 cabras locales multíparas anovulatorias cuya edad variaba de 3 a 5 años, las cuales eran explotadas de manera intensiva, se formaron 2 grupos de 20 hembras cada uno, con diferente condición y peso corporal. Cada grupo de hembras fue alojado en 2 corrales de 12 X 6 m. Con fines experimentales, un grupo estaba compuesto de hembras con una baja condición corporal ( $1.5 \pm 0.1$ ; 1 = emaciadas, 4 = obesas; Walkden Brown *et al.*, 1994); el otro grupo tenía una alta condición corporal ( $3.0 \pm 0.1$ ). La dieta de las hembras de alta condición corporal estaba compuesta por 2 kg de heno de alfalfa (19% de PC y 1.2 Mcal/kg) y la de las hembras de baja condición corporal de 600 g de paja de avena (15% de PC y 1.48 Mcal/kg de EM) y 360 g de heno de alfalfa por animal por día. Ambos grupos disponían de sales minerales y agua a libre acceso. Antes de iniciar el presente estudio, las hembras fueron desparasitadas interna y externamente, vitaminadas e identificadas con aretes de plástico.

La actividad estral de la estación anterior fue más prolongada en las hembras de alta ( $187 \pm 8.8$  días) que en las de baja condición corporal ( $144 \pm 9.3$  días;  $P < 0.002$ ). La tasa ovulatoria de ésta estación sexual fue de  $1.9 \pm 0.1$  en las hembras de alta condición corporal y de  $1.6 \pm 0.1$  en las de baja condición corporal ( $P < 0.001$ ).

### **3.2.2. Machos**

Para este estudio se utilizaron 4 machos locales adultos cuya edad variaba de 3 a 4 años. Estos machos fueron inducidos a una intensa actividad sexual mediante un tratamiento de 2.5 meses de días largos (16 h luz/día) a partir del 1° de Noviembre seguidos de días cortos naturales (Delgadillo *et al.*, 2002). Antes de iniciar el estudio los machos fueron desparasitados interna y externamente y vitaminados. Los machos fueron alimentados diariamente con heno de alfalfa (3% de su peso vivo), 300 g de concentrado comercial (14% PC y 1.7 Mcal/kg de EM), sales minerales y agua a libre acceso.

### **3.3. Tratamiento de suplementación alimenticia**

Las cabras del grupo de baja condición corporal fueron alimentadas con una ración compuesta de 360 g de alfalfa (19 % PC y 1.74 Mcal/kg de EM) y 600 g de avena (15% de PC y 1.48 Mcal/kg de EM) por cabra por día. El grupo de alta condición corporal fue alimentado con 2 kg de alfalfa por cabra por día. Del 8 al 14 de abril del 2005, el grupo de hembras de baja condición corporal recibió una suplementación alimenticia total de 740 g, cuyo aporte en PC fue de 145.4 g, y de 1.1 Mcal de EM. Los ingredientes utilizados fueron 440 g de alfalfa (18% de PC y 1.2 Mcal/kg de EM), 200 g de maíz roado (12% de PC y 1.8 Mcal/kg de EM) y 100 g de soya (42.2% de PC y 2.08 Mcal/kg de EM). En el grupo de hembras de alta condición corporal se redujo la cantidad de alfalfa y recibió una suplementación alimenticia total de 1.67 kg, con un aporte de 332.84 g de

PC y 2.4 Mcal de EM. Los ingredientes utilizados fueron 1.1 kg de alfalfa, 350 g de maíz roado y 220 g de soya.

### **3.4. Introducción de los machos con las hembras**

El 14 de abril a las 18:00 h, 2 machos sexualmente activos fueron introducidos en cada uno de los grupos de cabras. Los machos permanecieron con las hembras durante 15 días. Para que el estímulo de los machos fuera homogéneo en los dos grupos de hembras, se realizó una rotación de los machos cada 12 h, permitiendo que éstos estuvieran en contacto con todas las hembras.

### **3.5. Variables evaluadas**

#### **3.5.1. Condición corporal**

Esta variable se determinó cada 14 días mediante la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.* (1997). Esta técnica consiste en medir la masa muscular de la región lumbar del animal, otorgando un valor en la escala de 1 a 4, en donde: 1) existe escaso tejido muscular en los espacios espinosos de las vértebras lumbares; 2) espacios descarnados con poco tejido muscular; 3) espacios con cantidad adecuada de masa muscular, y 4) espacios con abundante masa muscular dándole a la región lumbar una forma redondeada.

#### **3.5.2. Detección de estros**

La detección de estros se realizó dos veces por día utilizando los mismos machos que estaban en contacto con las hembras. Se consideró una hembra en estro cuando ésta aceptaba la monta del macho

(Chemineau *et al.*, 1992). La hembra considerada en estro era retirada temporalmente del corral para permitir a los machos detectar otras hembras en celo. La actividad estral se determinó desde el día de la introducción de los machos hasta el final del experimento (29 de abril).

### **3.5.3. Detección de la actividad ovárica**

La actividad ovulatoria y la tasa de ovulación se determinaron mediante la cuantificación de cuerpos lúteos utilizando la técnica de ultrasonografía descrita por Ginter y Kort (1994). Se utilizó un aparato de ultrasonido de tiempo real (Aloka, SSD 500) conectado a una sonda lineal transrectal de 7.5 MHZ con un transductor de 38 mm. La técnica usada permite un examen ultrasonográfico rápido ya que no es necesario remover la materia fecal. Por ello se pueden realizar un gran número de exámenes ultrasonográficos por hora (Simões *et al.*, 2005).

### **3.6. Análisis de resultados**

Las proporciones de hembras de los dos grupos que presentaron estro y actividad ovulatoria se compararon con una prueba de  $\text{Chi}^2$ . La tasa ovulatoria se comparó mediante una prueba no paramétrica de Mann – Whitney. El intervalo entre la introducción de los machos y el inicio de los estros fue analizado mediante una prueba t de student.

Todos los datos son expresados en promedio  $\pm$  error estándar de la media. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el paquete estadístico SYSTAT 10 versión estándar, 2000.

## 4. RESULTADOS

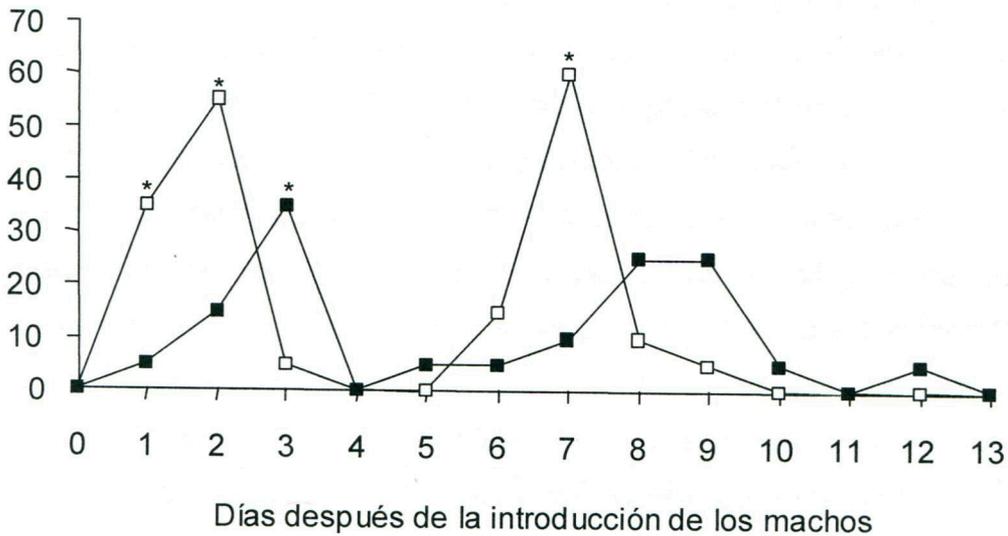
### 4.1. Condición corporal

La condición corporal no fue diferente antes y después de la suplementación alimenticia en el grupo de baja condición corporal (antes  $1.5 \pm 0.1$ ; después  $1.6 \pm 0.1$ ;  $P > 0.05$ ), ni en el grupo de alta condición corporal (antes  $3.0 \pm 0.1$ ; después  $3.0 \pm 0.1$ ;  $P > 0.05$ ).

### 4.2. Actividad estral y tasa ovulatoria

La evolución de la respuesta estral de las hembras con alta y baja condición corporal se muestra en la Figura 1. Durante los 15 días de contacto con los machos, el 100% de las cabras con alta condición corporal y el 90% de las de baja condición corporal presentaron al menos un estro ( $P > 0.05$ ). Al menos una ovulación ocurrió en el 100% de las cabras con alta condición corporal, mientras que en el grupo de baja condición corporal sólo el 80% ovuló ( $P < 0.05$ ) durante el mismo periodo. El comportamiento estral y ovárico de hembras que ovularon, así como la tasa ovulatoria después de la introducción de los machos se muestran en la Tabla 1. El intervalo entre la introducción de los machos y el primer estro fue menor en el grupo de alta condición corporal ( $46.7 \pm 3.0$  h) que en el de baja condición corporal ( $71 \pm 4.9$  h;  $P < 0.02$ ).

% de hembras en estro



**Figura 1.** Porcentaje de hembras con baja ( $n = 20$ ;  $3.0 \pm 0.1$ ) (■) y alta ( $n = 20$ ;  $3.0 \pm 0.1$ ) (□) condición corporal que recibieron una suplementación alimenticia 7 días antes de ser expuestas a machos sexualmente activos. \*  $P < 0.05$ .

**Tabla 1.** Respuesta estral y ovárica de las cabras con baja ( $1.5 \pm 0.1$ ; BCC) y alta condición corporal ( $3.0 \pm 0.1$ ; ACC) que recibieron una suplementación alimenticia 7 días antes de ser expuestas a machos sexualmente activos.

	BCC	ACC
Hembras que presentaron estro de 0-15 días	18/20 a	20/20 a
Hembras que ovularon de 0-15 días	16/20 a	20/20 b
Tasa ovulatoria de 0-15 días	$1.4 \pm 0.1$ a	$1.9 \pm 0.1$ b

Letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticas  $P < 0.05$

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio demuestran que en las cabras locales del subtrópico mexicano, una suplementación alimenticia 7 días antes del efecto macho iguala la actividad estral, pero no la ovárica en cabras con baja condición corporal respecto a las de alta condición corporal. En efecto, el número total de hembras que presentaron actividad estral fue similar en el grupo con baja y alta condición corporal. Sin embargo, el intervalo entre la introducción de los machos y el primer estro fue inferior en el grupo de alta condición corporal que en el de baja condición corporal. Esto concuerda con los datos de la actividad estral reportados en las cabras Payoya (Zarazaga *et al.*, 2005) en las que la suplementación alimenticia mejora la actividad estral. Asimismo son iguales a los reportados por otros autores quienes refieren que las hembras con baja condición corporal responden más tarde al efecto macho que aquellas con alta condición corporal (Thimonier *et al.*, 2000; Urrutia *et al.*, 2003). Esto se confirmó con el hecho de que un mayor número de hembras del grupo de alta condición corporal manifestaron celo los días 1, 2, 3 y 7 después de la introducción de los machos. En conjunto, estos datos sugieren que la subalimentación afecta la actividad estral de las hembras sometidas al efecto macho. Este fenómeno puede reducir la intensidad y duración de la actividad estral en las hembras. En efecto, la reducción del porcentaje de hembras que manifiestan celo reduce las posibilidades de que éstas puedan quedar gestantes.

El porcentaje de hembras que ovularon fue inferior en el grupo con baja que en el de alta condición corporal. La tasa ovulatoria fue también menor en el grupo de baja que en el de alta condición corporal. Efectivamente, la tasa ovulatoria después del efecto macho en las hembras de baja condición corporal fue similar a la obtenida durante toda la estación sexual previa (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2005). Estos resultados contrastan con lo reportado anteriormente por otros autores

(Nottle *et al.*, 1997; Martin *et al.*, 2004) quienes encontraron que una suplementación alimenticia de sólo 4 días antes de la entrada del macho en el grupo de hembras anéstricas aumenta significativamente la tasa ovulatoria en ovejas Merino en el sur de Australia. En efecto, se ha demostrado que la respuesta ovulatoria de las hembras Merino al efecto macho es mejor en ovejas suplementadas que tienen una buena condición corporal (3 puntos en una escala de 1 - 5; Martin *et al.*, 2004). Asimismo, difiere de lo reportado en las ovejas que incrementan su actividad ovulatoria con 5 días de suplementación alimenticia (Muñoz-Gutiérrez *et al.*, 2002). La diferencia entre los resultados de los autores mencionados y los del presente estudio se debe, probablemente, a que utilizamos animales que tenían una condición corporal muy baja (1.5) por lo que la suplementación alimenticia de 7 días no fue suficiente para incrementar su tasa ovulatoria.

En conjunto, los datos indican que la respuesta ovulatoria al efecto macho fue influenciada por la condición corporal, reflejo del nivel de alimentación de las hembras, y que la suplementación alimenticia de 7 días no ayuda a igualar ésta respuesta al compararla con las hembras de alta condición corporal. Es probable que en las cabras como en las ovejas con una condición corporal muy baja, una suplementación alimenticia de mayor duración antes del efecto macho sea necesaria para mejorar la respuesta al efecto de los machos. Esta respuesta puede observarse aún en las hembras que no muestran un aumento de su condición corporal durante la suplementación alimenticia (Viñoles, 2003; Viñoles *et al.* 2005). En las condiciones de la explotación caprina en México, sería interesante determinar los beneficios de una suplementación de 3 semanas considerando la fertilidad y prolificidad de las hembras suplementadas y el costo de la ración utilizada.

## **6. CONCLUSIÓN**

Los resultados del presente estudio demuestran que una suplementación alimenticia de 7 días antes del efecto macho iguala la actividad estral, pero no la ovárica de las cabras locales con baja condición corporal cuando se comparan con las de alta condición corporal.

## 7. LITERATURA CITADA

- Atti N, Thériez M, Abdennebi L. Relationship between ewe body condition at mating and reproductive performance in the fat-tailed Barbarine breed. *Anim Res* 2001;50:135-144.
- Chemineau P. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. A Review. *Livest Prod Sci* 1987;17:135-147.
- Chemineau P, Daveau A, Maurice F, Delgadillo JA. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rum Res* 1992;8:299-312.
- Chemineau P, Delgadillo JA. Neuroendocrinología de la reproducción en el caprino. *FCV-LUZ* 1993;Vol. III, No 2; 113-121.
- Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Hernandez HF, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Chemineau P, Malpoux B. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci* 2002;80:2780-2786.
- Delgadillo-Sánchez JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Malpoux B. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. Revisión. *Vet Mex* 2003;34:69-79.
- Delgadillo JA, Fitz-Rodríguez G, Duarte G, Véliz FG, Carrillo E, Flores JA, Vielma J, Hernández H, Malpoux B. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:471-478.
- De Santiago-Miramontes MA, Véliz FG, Rivas-Muñoz R, Delgadillo JA. La condición corporal afecta el comportamiento estral y la tasa ovulatoria de las cabras locales del norte de México. XX Reunión Nacional sobre Caprinocultura, 2005 octubre 5-7; Culiacán, Sin. México: 2005;425-428.
- Duarte G. Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas Criollas de la Comarca Lagunera (Tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México. México, 2000, 77 pag.

- Thimonier J, Cognié Y, Lassoued N, Khaldi G. L'effect mâle chez les ovins: Une technique actuelle de maîtrise de la reproduction. *INRA Prod Anim* 2000;13, 4:223-231.
- Ungerfeld R, Forsberg M, Rubianes E. Overview of the response of anoestrus ewes to the ram effect. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:479-490.
- Urrutia MJ, Gámez HG, Ramírez BM. Influencia del pastoreo restringido en el efecto macho en las cabras en baja condición corporal durante la estación de anestro. *Téc Pecu Méx* 2003;41, 3:251-260.
- Véliz FG, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in the seasonally anestrus female goats. *Anim Reprod Sci* 2005. (En prensa).
- Viñoles C. Effect of nutrition on follicle development and ovulation rate in the ewe. (Doctoral Thesis) Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, 2003, 56 pag.
- Viñoles C, Forsberg M, Martin GB, Cajarville C, Repetto j, Meikle A. Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction* 2005;129:299-309.
- Walkden-Brown SW, Restall BJ, Henniawati. The male effect in the Australian Cashmere goats. Ovarian and behavioural response of seasonality anovulatory does following the introduction of bucks. *Anim Reprod Sci* 1993;32:41-53.
- Walkden-Brown SW, Restall BJ, Norton BW, Scaramuzzi RJ. "The female effect" in Australian Cashmere goats: effect of season and quality of diet on the LH and testosterone response of bucks to oestrus does. *J. Reprod Fertil* 1994;100:521-531.
- Walkden-Brown SW, Martin GB. Seasonal breeding in sheep and goats: making sense of the diversity of reproductive strategies. *Proc Austr Soc Reprod Biol* 1997;28:4.

Walkden-Brown SW, Bocquier F. Nutritional regulation of reproduction in goats.  
In: Seventh International Conference on Goats, 2000; 15-21 May; Tours,  
France: 2000;389-395.

Zarazaga LA, Guzmán, JL, Domínguez C, Pérez MC, Prieto R. Effect of plane of  
nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim  
Reprod Sci* 2005;87:253-267.