

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**LA APORTACIÓN DE SOYA Y MAÍZ MEJORA LA TASA  
OVULATORIA PERO NO LA FERTILIDAD EN LAS  
CABRAS EXPUESTAS AL EFECTO MACHO**

POR:

ELIZABETH TELLEZ TAPIA

TESIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**TESIS**

**POR:**

**ELIZABETH TELLEZ TAPIA**

**ASESOR PRINCIPAL**

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser la del asesor principal, sobre una línea horizontal.

**DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**OCTUBRE DE 2009**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

LA APORTACIÓN DE SOYA Y MAÍZ MEJORA LA TASA  
OVULATORIA PERO NO LA FERTILIDAD EN LAS  
CABRAS EXPUESTAS AL EFECTO MACHO

TESIS

POR:


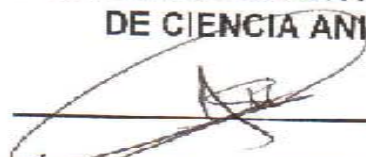
ELIZABETH TELLEZ TAPIA

ASESOR PRINCIPAL



DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL  
DE CIENCIA ANIMAL



M.C. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
REGIONAL  
DE CIENCIA ANIMAL

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

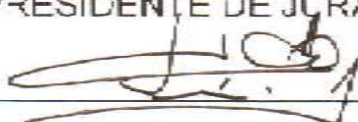
OCTUBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

**UNIDAD LAGUNA**

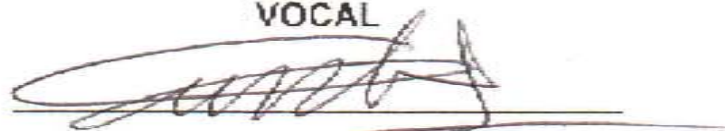
**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**PRESIDENTE DE JURADO**



**DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ**

**VOCAL**



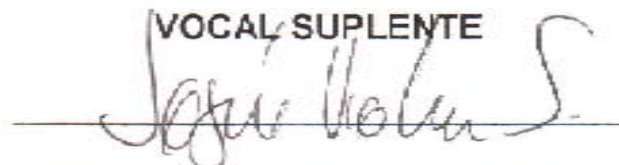
**DR. GERARDO DUARTE MORENO**

**VOCAL**



**DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA**

**VOCAL SUPLENTE**



**DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**LA APORTACIÓN DE SOYA Y MAÍZ MEJORA LA TASA  
OVULATORIA PERO NO LA FERTILIDAD EN LAS  
CABRAS EXPUESTAS AL EFECTO MACHO**

**POR:**

**ELIZABETH TELLEZ TAPIA**

**Elaborado bajo la supervisión del comité particular de asesoría**

**ASESOR PRINCIPAL:**

**DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ**

**ASESORES:**

**DR. GERARDO DUARTE MORENO**

**DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA**

**DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES**

**DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**OCTUBRE DE 2009**

## Dedicatoria

### A DIOS

*Primero que nada te doy las gracias por regalarme el don de la vida, por tener a mis padres conmigo y darme al hermano más bueno que tengo. Gracias por dejarme cerrar este capítulo y comenzar a escribir el nuevo capítulo que es el de la vida profesional, gracias por permitirme estudiar lo que me gusta y apasiona. Por darme la fuerza ante todos los problemas que tuve que enfrentar en estos 5 años, gracias por las bendiciones que me has regalado sabiendo que no las merezco por esto y más mil gracias.*

### A MIS PADRES

*JORGE TELLEZ ACEVEDO Y OLGA TAPIA SALINAS*

*Gracias por regalarme la vida, por los momentos felices que pasamos juntos como familia, por apoyarme estos 5 años dándome el apoyo incondicional que siempre me han brindado, por la confianza y palabras de aliento para conseguir mi sueño y luchar hasta conseguir lo que deseo, gracias por enseñarme a tener la seguridad y carácter. Por levantarme cuando me sentía derrotada y simplemente gracias por ser mis padres.*

### A MI HERMANO

*JORGE ALBERTO TELLEZ TAPIA*

A tí no sé cómo agradecer todo lo que has hecho por mí, por acompañarme, por ser mi amigo, mi hermano y un gran compañero. Por toda la paciencia que has tenido conmigo, este triunfo es de los 2 porque siempre estuviste ahí para apoyarme y sufrir aún más de lo que yo he sufrido, por aguantar los problemas que tal vez no eran tuyos pero que siempre tuviste que soportar. Gracias porque sé que siempre contaré contigo y siempre estaremos juntos. Te quiero mucho.

## ARTURO CATONGA CASBIS

Gracias por estar siempre cuando más te he necesitado, gracias por ser amigo y compañero, gracias por las alegrías, por disfrutar de mis triunfos y sufrir ante mis derrotas, por tus sabios consejos y por enseñarme lo que en realidad es la vida.

### A MI TÍO MARCO ANTONIO TAPIA SALINAS

Por todo el apoyo que me has brindado estos 5 años, por confiar en mí y siempre estar cuando más te necesitamos. Gracias por ser como un padre para nosotros. Te quiero mucho y espero contar siempre con tu apoyo.

### A MIS TÍOS

Por el apoyo incondicional gracias a mis tíos Benjamín Tapia, Julio Cesar Tapia, Laura Tapia, Azalia Tapia, Janet Tapia, Leticia Tellez, Lourdes Tellez y Marcelo Alpizar.

## Agradecimientos

*A mi ALMA TERRA MATER por brindarme la oportunidad de ser parte de su historia como estudiante y por ser uno más de sus egresados. Gracias por haber participado en mi formación académica hasta llegar a terminar mi sueño de MVZ.*

*Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez. Por su valioso apoyo incondicional y colaboración, gracias por brindarme su amistad.*

*Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera. Por su apoyo incondicional, valiosa amistad y asesoría en la realización de esta tesis.*

*Al Dr. Gerardo Duarte Moreno. Por la corrección de esta tesis, por su apoyo incondicional, valiosa amistad y asesoría.*

*Al Dr. Jesús Vielma Sifuentes. Por sus aportaciones en la realización de esta tesis, su apoyo incondicional, valiosa amistad y asesoría*

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

*Al Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez. Por su colaboración y paciencia.*

*A todos mis amigos por su valiosa amistad que me brindaron durante estos 5 años de carrera, por ser otra familia para mí, gracias a la Sección "G" M.V.Z. En especial a Ana Sofía Romero, Ana Yanky Roblero, Rudy A. barranco, Mayra Álvarez, José L. Hernández, Jesús Contreras, Jesús Juárez, Nelson López, Marlen Vázquez, Sergio Secundino, Hugo I. Sánchez, Miguel A. Franco, Oscar L. Limones, Guadalupe Mejía, Ivonne Montoya, Brenda Marines, Verónica Bazaldua y Mari Delia Pérez.*



## Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos .....	viii
Resumen .....	xi
Introducción .....	1
Revisión de literatura.....	3
1. Estacionalidad sexual (estro y ovulación) y reproductiva en ovinos y caprinos .....	3
2. Efecto macho, técnica de bioestimulación .....	4
2.1. Factores que pueden afectar la respuesta estral y ovulatoria de las hembras expuestas al efecto macho.....	4
2.2 Comportamiento sexual de los machos .....	5
2.3 Nivel de alimentación de las hembras y respuesta sexual al efecto macho.....	5
2.4 El complemento alimenticio mejora la respuesta sexual (estro y ovulación) de las hembras expuestas al efecto macho .....	6
2.5 El complemento alimenticio mejora la fertilidad de las hembras expuestas al efecto macho.....	6
Objetivo .....	8
Hipótesis.....	8
Material y métodos .....	9
3.1. Localización del experimento.....	9
3.2. Animales experimentales.....	9

3.2.1. Machos .....	9
3.2.2. Tratamiento fotoperiódico de los machos .....	10
3.3.3. Hembras .....	10
3.4. Efecto macho .....	11
3.5 Variables determinadas .....	11
3.5.1. Actividad ovulatoria .....	11
3.5.2. Tasa ovulatoria .....	12
3.5.3. Tasa de gestación .....	12
3.6. Análisis de datos .....	12
Resultados .....	13
4.1. Actividad ovulatoria .....	13
4.2. Tasa ovulatoria .....	13
4.3. Tasa de gestación .....	13
Discusión .....	14
Conclusión .....	17
Literatura citada .....	18

## Resumen

El presente estudio se realizó para determinar si una complementación alimenticia compuesta de soya y maíz incrementa la tasa ovulatoria y la fertilidad en cabras expuestas al efecto macho. Se utilizaron 4 machos cabríos locales adultos que fueron inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz/día) del 1 de noviembre al 15 de enero. Se utilizaron cabras adultas multíparas anovulatorias explotadas en un sistema de pastoreo extensivo. El 4 de abril del 2009 las cabras se dividieron en dos grupos homogéneos de acuerdo a su peso y condición corporal y se expusieron durante 15 días consecutivos a los machos sexualmente activos (n=2/grupo). Todas las hembras permanecieron en condiciones extensivas y pastaban conjuntamente de 09:00 h a 18:00 h diariamente. En la tarde, al regresar del pastoreo, las cabras eran alojadas en corrales abiertos en donde eran expuestas a los machos hasta el día siguiente. Un grupo de cabras no recibió ninguna complementación alimenticia en el corral (n=36). El otro grupo de hembras recibió una complementación alimenticia compuesta de 0.350 kg de maíz roado y 0.150 kg de soya desde el primer día de contacto con los machos (día 0) hasta el día 23 post-introducción de éstos en el grupo de cabras (n=37). El maíz y la soya se ofrecieron en la mañana. Los porcentajes de hembras que ovularon, así como la tasa ovulatoria se determinaron mediante ultrasonografía transrectal 18 días después de la introducción de los machos. Los porcentajes de hembras gestantes se

determinaron a los 50 días postintroducción de los machos mediante ecografía abdominal. Las proporciones de hembras que ovularon y las diagnosticadas gestantes se compararon mediante una prueba de  $X^2$ . La tasa ovulatoria se comparó mediante una prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. El porcentaje total de cabras que ovularon durante el estudio fue similar en las cabras complementadas (35/37; 94.6%) que en las no complementadas (36/36; 100%;  $P>0.05$ ). La tasa ovulatoria fue superior en las cabras complementadas ( $1.66 \pm 0.1$ ) que en las hembras no complementadas ( $1.39 \pm 0.1$ ;  $P<0.05$ ). El porcentaje de cabras gestantes fue menor, en las cabras que recibieron una complementación alimenticia (16/37; 43.2%) que en aquellas que no la recibieron (25/36; 69.4%  $P<0.05$ ). Se concluye que la complementación alimenticia compuesta de soya y maíz incrementa la tasa ovulatoria, pero no el porcentaje de cabras gestantes expuestas a machos sexualmente activos.

**Palabras clave:** caprinos, complementación alimenticia, bioestimulación, ovulación.

## Introducción

Las exigencias actuales de los consumidores han provocado un cambio en la manera de producir alimentos. Esta nueva tendencia ha permitido que los caprinocultores utilicen técnicas sostenibles para incrementar sus recursos financieros (SAGARPA, 2007). En la especie caprina, se ha promovido la investigación e innovación tecnológica que permitan una mayor productividad de los hatos caprinos, produciendo leche y carne en los periodos en que escasean estos productos. En años recientes se han incrementado las publicaciones científicas sobre la inducción de la actividad sexual de las hembras de pequeños rumiantes que manifiestan una estacionalidad reproductiva utilizando el efecto machos, una técnica que no utiliza hormonas exógenas (Delgadillo *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2006; Ungerfeld, 2007; Pellicer-Rubio *et al.*, 2008). La subalimentación disminuye considerablemente la respuesta estral y ovulatoria de las hembras expuestas a los machos, la fertilidad y prolificidad (Mellado y Hernández, 1996). Sin embargo, la complementación alimenticia puede mejorar la respuesta sexual y reproductiva de las cabras expuestas al efecto macho. Un complemento alimenticio de 7 días al momento de poner en contacto los machos y las hembras, mejora la tasa de ovulación de las cabras. Asimismo, una complementación alimenticia de 14 días a partir del día 9 de poner en contacto los dos sexos, incrementa la tasa de gestación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Estos estudios se realizaron en experimentos independientes y utilizando diferentes

hembras. El presente estudio se realizó para determinar si un complemento alimenticio con soya y maíz incrementa la tasa ovulatoria y la fertilidad de las cabras explotadas de manera extensiva y expuestas a machos sexualmente activos (efecto macho).

## Revisión de literatura

### **1. Estacionalidad sexual (estro y ovulación) y reproductiva en ovinos y caprinos**

En los pequeños rumiantes como las cabras y ovejas, los partos ocurren en el momento más favorable del año para que las crías puedan sobrevivir. Este fenómeno ocurre gracias a la estacionalidad reproductiva de estas dos especies (Ortavant *et al.*, 1985). En los machos cabríos de las razas de zonas subtropicales, la estacionalidad sexual ocurre en primavera y verano (Delgadillo *et al.*, 1999). En cambio, en las hembras de estas latitudes, la estación sexual se desarrolla durante el otoño e invierno (Restall, 1992; Rivera *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2008). En algunas de estas razas subtropicales, el fotoperiodo es el factor responsable de la estacionalidad reproductiva observada en los machos y hembras. Los días cortos estimulan la actividad sexual y los días largos la inhiben (Delgadillo *et al.*, 2004). Sin embargo, la estacionalidad reproductiva puede ser modificada por las relaciones entre machos y hembras (efecto macho) y el nivel de nutrición de las hembras (Martin *et al.*, 2004; Forcada y Abecia, 2006).

## **2. Efecto macho, técnica de bioestimulación**

La actividad sexual de las hembras puede ser estimulada durante el anestro al ser puestas en contacto con los machos. A este fenómeno se le conoce como efecto macho (Chemineau, 1987; Delgadillo *et al.*, 2004; Vielma *et al.*, 2009). En las hembras anéstricas expuestas a los machos, La mayoría de las hembras manifiestan estro y ovulan en los primeros 5 días de contacto con los machos. Todas ellas desarrollan un ciclo corto ovulatorio y ovulan nuevamente de entre 6 y 9 días de estar en contacto con los machos. Esta ovulación es acompañada de estro y el ciclo ovulatorio resultante es de duración normal (alrededor de 21 días; Flores *et al.*, 2000; Chemineau *et al.*, 2006).

### **2.1. Factores que pueden afectar la respuesta estral y ovulatoria de las hembras expuestas al efecto macho**

El comportamiento sexual de los machos y el nivel de nutrición de los dos sexos pueden influir en la respuesta sexual de las hembras expuestas a los machos (Mellado *et al.*, 1994; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2006).



## **2.2 Comportamiento sexual de los machos**

En los ovinos, los machos que manifiestan un intenso comportamiento sexual estimulan un mayor porcentaje de hembras a ovular (Perkins y Fitzgerald, 1994). Los machos cabríos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos, estimulan a la actividad sexual de un mayor número de cabras que los machos no tratados (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Fitz-Rodríguez, 2004; Delgadillo *et al.*, 2002). Los machos cabríos tratados con días largos estimulan y mantienen una alta secreción de la hormona luteinizante que permite la ovulación de las hembras (Vielma *et al.*, 2009). Estos resultados demuestran que la intensidad de la conducta sexual desplegada por los machos determina la respuesta de las hembras expuestas al efecto macho.

## **2.3 Nivel de alimentación de las hembras y respuesta sexual al efecto macho**

El nivel de nutrición de las hembras modifica la respuesta de algunas variables en las hembras expuestas a los machos. El número de hembras que manifiestan estro y ovulan es más alto en hembras bien alimentadas que en las subalimentadas (Khaldi, 1984; Henniawati y Fletcher, 1986; Wright *et al.*, 1990; Kusina *et al.*, 2001). El intervalo entre el contacto de los dos sexos y la respuesta estral es más corto en las hembras bien alimentadas que en las subalimentadas (Mellado *et al.*, 1994). Asimismo, la tasa ovulatoria es mayor en las hembras bien

alimentadas que en las subalimentadas al ser expuestas al efecto macho (Lassoued *et al.*, 2004).

#### **2.4 El complemento alimenticio mejora la respuesta sexual (estro y ovulación) de las hembras expuestas al efecto macho**

La respuesta estral y ovulatoria de las hembras expuestas al efecto macho puede mejorarse al ofrecerles un complemento alimenticio alto en energía y proteína (McWilliam *et al.*, 2004; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). En efecto, el número de cabras en estro en los primeros 5 días de contacto con los machos fue superior en las hembras complementadas durante 7 días, iniciando el día del efecto macho, que en las hembras no complementadas. De igual manera, la tasa ovulatoria fue mayor en las cabras complementadas que en las no complementadas (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). En ovejas, un complemento alimenticio de 14 días antes o iniciando 12 días después del efecto macho incrementa también la tasa ovulatoria (Molle *et al.*, 1995; Nottle *et al.*, 1997; Scaramuzzi *et al.*, 2006).

#### **2.5 El complemento alimenticio mejora la fertilidad de las hembras expuestas al efecto macho**

El embrión es muy susceptible a la subnutrición de la madre (Robinson, 1986, 1990; Robinson *et al.*, 2002). En las hembras subalimentadas, la incidencia de mortalidad embrionaria es más elevada que en las bien alimentadas (Dunn y

Moos, 1992; Mani *et al.*, 1992; O'Callaghan *et al.*, 2000; Abecia *et al.*, 2006; Martin y Kadokawa 2006; Robinson *et al.*, 2006; Blache *et al.*, 2007). Sin embargo, en hembras subalimentadas un complemento alimenticio incrementa la fertilidad de las hembras (Kleemann y Cutten, 1978; Rhind *et al.*, 1989; Rassu *et al.*, 2004). En cabras, un complemento alimenticio de 14 días iniciando el día 9 después del primer contacto entre machos y hembras, incrementa la tasa de gestación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Las ovejas de las razas Karayaka y Sarda bien alimentadas presentan mejores tasas de desarrollo embrionario que las hembras subalimentadas (Molle *et al.*, 1997; Ocak *et al.*, 2006). Estos datos sugieren que la duración del suplemento alimenticio y el momento en que éste se otorga, tienen una influencia directa sobre el rendimiento reproductivo de las hembras y puestas al efecto macho (Resse *et al.*, 1990; Molle *et al.*, 1995, 1997; Nottle *et al.*, 1997; El-Hag *et al.*, 1998).

Un complemento alimenticio compuesto de soya, maíz y alfalfa ofrecido a las cabras subalimentadas expuestas al efecto macho mejora la tasa de ovulación y la fertilidad (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). El presente trabajo se realizó para determinar si una complementación alimenticia compuesta de soya y maíz incrementa la tasa de ovulación y la fertilidad de las hembras mantenidas en condiciones extensivas expuestas a machos sexualmente activos.

## **Objetivo**

Determinar si una complementación alimenticia con soya y maíz incrementa la tasa ovulatoria y el porcentaje de gestación en las cabras mantenidas en condiciones extensivas y expuestas al efecto macho.

## **Hipótesis**

La complementación alimenticia compuesta de soya y maíz incrementa la tasa ovulatoria y el porcentaje de gestación en las cabras mantenidas en condiciones extensivas y expuestas al efecto.

## **Material y métodos**

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

El presente estudio se realizó del 1 de noviembre de 2008 al 25 de mayo de 2009 en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, y en el Ejido el Sacrificio, 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.

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

#### ***3.2.1. Machos***

Se utilizaron 4 machos cabríos adultos locales de la Comarca Lagunera. Estos machos fueron alojados en un corral al aire libre de 5 x 6 m y se alimentaron durante todo el estudio con heno de alfalfa a libre acceso y 300 g de concentrado comercial (14% de PC, 2.5 Mcal/kg) por día y por animal. El agua y las sales minerales también se proporcionaron a libre acceso.

### **3.2.2. Tratamiento fotoperiódico de los machos**

Los machos se sometieron a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz/día) del 1 de noviembre al 15 de enero. Los días largos fueron proporcionados combinando luz artificial y luz natural. El mecanismo de encendido y apagado de las 6 lámparas se realizó mediante un reloj automático y programable (Interamic, Timerold, USA). El encendido de las lámparas fue fijo y ocurrió diariamente a la 06:00 h y el apagado fue a las 09:00 h. Por la tarde, el encendido de las lámparas se realizó a las 17:00 h y el apagado fue a las 22:00 h.

### **3.3.3. Hembras**

Se utilizaron 73 cabras adultas multíparas, las cuales eran explotadas en un sistema de pastoreo extensivo sedentario. La ciclicidad de las cabras se determinó mediante una ecografía transrectal realizada 10 días antes de la introducción de los machos en los grupos de cabras. Las ecografías se hicieron utilizando un aparato Aloka SSD 550 equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. La presencia de al menos un cuerpo lúteo fue el criterio para determinar si una hembra estaba cíclica (De Castro *et al.*, 1999). Todas las hembras estaban anovulatorias.

### **3.4. Efecto macho**

El 4 de abril de 2009 las cabras se dividieron en dos grupos homogéneos de acuerdo a su peso y condición corporal y se expusieron durante 15 días consecutivos a los machos sexualmente activos ( $n=2/\text{grupo}$ ). Todas las hembras permanecieron en condiciones extensivas y pastaban conjuntamente de 09:00 h a 18:00 h diariamente. En la tarde, al regresar del pastoreo, las cabras eran alojadas en corrales abiertos en donde eran expuestas a los machos hasta el día siguiente. Un grupo de cabras no recibió ninguna complementación alimenticia en el corral (peso corporal:  $38.6 \pm 0.9$  kg; condición corporal:  $1.7 \pm 0.05$ ;  $n=36$ ). El otro grupo de hembras recibió una complementación alimenticia compuesta de 0.350 kg de maíz rolado, 0.150 kg de soya durante 23 días iniciando el día de la introducción en el grupo de las hembras (peso corporal:  $42.5 \pm 0.9$  kg; condición corporal:  $1.7 \pm 0.05$ ;  $n=37$ ).

### **3.5 Variables determinadas**

#### **3.5.1. Actividad ovulatoria**

La actividad ovulatoria se determinó mediante ultrasonografía transrectal, El criterio para determinar si una hembra había ovulado fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en los ovarios. Para ello, se realizó una ecografía 18 días después de la introducción de los machos en los dos grupos de cabras.

### **3.5.2. Tasa ovulatoria**

La tasa ovulatoria se determinó considerando el número de cuerpos lúteos registrados en uno o ambos ovarios al momento de realizarse las ecografías. Para ello se realizó una ecografía 18 días después de la introducción de los machos en los dos grupos de hembras.

### **3.5.3. Tasa de gestación**

El número de hembras gestantes se determinó a los 50 días postintroducción de los machos en los dos grupos de cabras. Para ello se realizó una ecografía utilizando un transductor abdominal de 3.5 MHZ.

## **3.6. *Análisis de datos***

Las proporciones de hembras que ovularon y de hembras gestantes se compararon mediante una prueba de  $X^2$ . La tasa ovulatoria se comparó mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.



## **Resultados**

### **4.1. Actividad ovulatoria**

El porcentaje de cabras que ovularon durante el estudio no difirió entre las cabras del grupo complementado (35/37; 94.6%) y las del grupo no complementado (36/36; 100%;  $P>0.05$ ).

### **4.2. Tasa ovulatoria**

La tasa ovulatoria en las hembras que no recibieron una complementación alimenticia fue inferior ( $1.39 \pm 0.1$ ) a la registrada en las hembras que recibieron la complementación alimenticia ( $1.66 \pm 0.1$ ;  $P<0.05$ ).

### **4.3. Tasa de gestación**

El porcentaje de cabras gestantes fue inferior ( $P<0.05$ ). En el grupo de hembras complementadas (16/37; 43.2%) que en aquellas hembras que no fueron complementadas (25/36; 69.4%).

## Discusión

La aportación de soya y maíz incrementó la tasa ovulatoria en las hembras complementadas, pero no incrementó la fertilidad de éstas al ser expuestas al efecto macho. El incremento de la tasa ovulatoria observada en el presente estudio coincide con los resultados descritos en cabras de la misma raza que fueron complementadas durante 7 días antes del efecto macho o al inicio de éste (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). En cambio, el porcentaje de gestación obtenido en el grupo de cabras complementadas difiere de lo reportado por Fitz-Rodríguez *et al.* (2009). Estos últimos autores demostraron que un complemento alimenticio compuesto de soya, maíz y alfalfa incrementó la fertilidad de las hembras expuestas a machos sexualmente activos. En las condiciones en las que se hizo el presente estudio, los resultados indican que la complementación alimenticia compuesta de soya y maíz incrementó la tasa de ovulación, pero no la de gestación.

El porcentaje total de hembras que ovularon durante el estudio no difirió entre las cabras que recibieron o no la complementación alimenticia. Esto difiere de lo reportado en cabras complementadas del mismo genotipo mantenidas en el mismo sistema de explotación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). La falta de diferencia entre los grupos utilizados en el presente estudio puede explicarse por el hecho a que las cabras no complementadas tuvieron acceso a alfalfa y avena durante el pastoreo, y esto mejoró, probablemente, su respuesta ovulatoria al ser expuesta a

los machos. Otra posibilidad que pudiera explicar la falta de diferencia entre los dos grupos de hembras es que en el presente estudio se determinó solamente la segunda ovulación, cuando la actividad ovulatoria es semejante entre las hembras complementadas y las no complementadas. La tasa ovulatoria fue superior en las hembras complementadas que en las no complementadas. Esos resultados que coinciden con los reportados anteriormente en animales de la misma raza, sugieren que la complementación alimenticia con soya y maíz incrementó el crecimiento folicular y disminuyó la atresia folicular, permitiendo un incremento en la tasa ovulatoria de las cabras tal y como fue reportado previamente (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). En efecto, una complementación alimenticia previa al efecto macho o al inicio de éste, incrementa la tasa ovulatoria de las hembras, probablemente porque promueve el crecimiento folicular (Muñoz-Gutiérrez *et al.*, 2002).

A pesar del incremento de la tasa ovulatoria en el grupo complementado, la tasa de fertilidad fue inferior en este grupo que en el no complementado. La tasa de gestación observada en el presente estudio es inferior a la reportada por otros autores (Flores *et al.*, 2000; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Estos resultados pueden explicarse por al menos 3 factores. Primero: es probable que el incremento de la tasa ovulatoria haya modificado la calidad del ovocito o el ambiente uterino, provocando fallas en la fecundación incrementando la mortalidad embrionaria (Abecia *et al.*, 2006). Sin embargo, esta hipótesis no concuerda con los resultados obtenidos por otros autores en cabras de la misma raza (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Segundo: las cabras de los dos grupos pastoreaban en terrenos diferentes

y las hembras no complementadas tuvieron acceso a avena y alfalfa. Esto incrementó, probablemente, la fertilidad de las cabras no complementadas. Sin embargo, esta hipótesis no explica la razón por la cual la fertilidad del grupo complementado fue de alrededor del 40 %. ¿La aportación de soya y maíz disminuyó la viabilidad embrionaria? Es una pregunta que debe responderse para determinar si debe incluirse la alfalfa en la ración de las cabras que reciben una complementación alimenticia. Tercero: Las cabras de los dos grupos pertenecían a hatos diferentes. Esta situación pudo influir dramáticamente en la respuesta observada en el presente estudio. En efecto, a pesar de que la condición corporal de las hembras de los grupos utilizados no era diferente, el estado nutricional previo al estudio, así como los aspectos productivos, sanitarios y la edad de los animales no fueron controlados y estos factores pudieron influir en los resultados obtenidos, debido a un “efecto hato”(Corteel *et al.*, 1988). Para poder determinar la eficiencia de la complementación con soya y maíz, sería necesario hacer el estudio con hembras del mismo hato.

## **Conclusión**

Los resultados de este estudio demuestran que la complementación alimenticia con soya y maíz incrementa la tasa ovulatoria, pero no la fertilidad de las cabras mantenidas en condiciones extensivas y expuestas al efecto macho.

## Literatura citada

Abecia, J.A., Sosa, C., Forcada, F., Meikle, A. 2006. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reprod Nutr Dev* 46, 367-378.

Blache, D., Chagas, L.M., Martin, G.B. 2007. Nutritional inputs into the reproductive neuroendocrine control system - a multidimensional perspective. *J Reprod Fertil Suppl* 64, 123-39.

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

Chemineau, P., 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.

Corteel, J.M., Leboeuf, B., Baril, G. 1988. Artificial breeding of adult goats and kids induced with hormones to ovulate outside the breeding season. *Small Rumin Res* 1, 19-35.

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.

De Santiago-Miramontes, M.A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpaux, B., Scaramuzzi, R.J., Delgadillo, J.A. 2008. The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to the male effect is increased by nutritional supplementation. *Anim Reprod Sci* 105, 409-416.

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

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

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernandez, H., Fernandez, 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., P., Malpaux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtropico mexicano utilizando tratamientos fotoperiodicos y efecto macho. *Vet Mex* 34, 69-79

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

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.

Dunn, T.G., Moos, G.E., 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J Anim Sci* 70, 1580-1593.

El-Hag, F.M., Fadlalla, B., Elmadih, M.A. 1998. Effect of strategic supplementary feeding on ewe productivity under range conditions in North Kordofan, Sudan. *Small Rumin Res* 30, 67-71.

Fitz-Rodríguez, G. 2004. Estimulación de la actividad reproductiva en cabras Criollas mantenidas en condiciones extensivas usando el efecto macho. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

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.

Forcada, F., Abecia, J.A. 2006. The effect of nutrition on the seasonality of reproduction in ewes. *Reprod Nutr Dev* 46, 355-365.

Henniawati, Fletcher, I.C. 1986. Reproduction in Indonesian sheep and goats at two levels of nutrition. *Anim Reprod Sci* 12, 77-84.

Khaldi, G. 1984. Variation saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement d'oestrus et la durée de l'anoestrus post-partum des femelles ovines de race Barbarine: influences du niveau alimentaire et la présence du mâle. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier, France.

Kleemann, D.O., Cutten, I.N. 1978. The effect of frequency of feeding a lupin grain supplement at mating on the reproductive performance of maiden and mature Merino ewes. *Aust J Exp Agric Anim Husb* 18, 643-647.

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

Lassoued, N., Rekik, M., Mahouachi, M., Ben Hamouda, M. 2004. The effect of nutrition prior to and during mating on ovulation rate, reproductive wastage, and lambing rate in three sheep breeds. *Small Rumin Res* 52, 117-125.

Mani, A.U., McKelvey, W.A.C., Watson, E.D. 1992. The effects of low level of feeding on response to synchronization of estrus, ovulation rate and embryo loss in goats. *Theriogenology* 38, 1013-1022.

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.

Martin, G.B., Milton, J.T.B., Davidson, R.H., Banchemo, G.E., Lindsay, D.R., Blache, D. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Anim Reprod Sci* 82-83, 231-246.

McWilliam, E.L., Barry, T.N., Lopez-Villalobos, N., Cameron, P.N., Kemp, P.D. 2004. The effect of different levels of poplar (*Populus*) supplementation on the reproductive performance of ewes grazing low quality drought pasture during mating. *Anim Feed Sci Technol* 115, 1-18.

Mellado, M., Hernández, J.R. 1996. Ability of androgenized goat wethers and does to induce estrus in goats under extensive conditions during anestrus and breeding seasons. *Small Rumin Res* 23, 37-42.

Mellado, M., Vera, A., Loera, H., 1994. Reproductive performance of crossbred goats in good or poor body condition exposed to bucks before breeding. *Small Rumin Res* 14, 45-48.

Molle, G., Branca, A., Ligios, S., Sitzia, M., Casu, S., Landau, S., Zoref, Z. 1995. Effect of grazing background and flushing supplementation on reproductive performance in Sarda ewes. *Small Rumin Res* 17, 245-254.

Molle, G., Landau, S., Branca, A., Sitzia, M., Fois, N., S, L., Casu, S. 1997. Flushing with soybean meal can improve reproductive performances in lactating Sarda ewes on a mature pasture. *Small Rumin Res* 24, 157-165.



- Muñoz-Gutiérrez, M., D. Blache, G. B. Martin, R. J. Scaramuzzi. 2002. Folliculogenesis and ovarian expression of mRNA encoding aromatase in anoestrous sheep after 5 days of glucose or glucosamine infusion or supplementary lupin feeding. *Reproduction* 124 ; 721-731
- Nottle, M.B., Kleemann, D.O., Grosser, T.I., Seamark, R.F. 1997. Evaluation of a nutritional strategy to increase ovulation rate in Merino ewes mated in late spring-early summer. *Anim Reprod Sci* 47, 255-261.
- Ocak, N., Cam, M.A., Kuran, M. 2006. The influence of pre- and postmating protein supplementation on reproductive performance in ewes maintained on rangeland. *Small Rumin Res* 64, 16-21.
- O'Callaghan, D., Yaakub, H., Hyttel, P., Spicer, L.J., Boland, M.P. 2000. Effect of nutrition and superovulation on oocyte morphology, follicular fluid composition and systemic hormone concentrations in ewes. *J Reprod Fertil* 118, 303-313.
- 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, 305-345.
- Pellicer-Rubio, M.T., 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.
- Perkins, A., Fitzgerald, J.A. 1994. The behavioral component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J Anim Sci* 72, 51-55.
- Rassu, S., Enne, G., Ligios, S., Molle, G. 2004. Nutrition and reproduction. In: *Dairy Sheep Nutrition*, Ed. Pulina, G. CAB International, Wallingford, UK, 109-128.
- Reese, A.A., Handayani, S.W., Ginting, S.P., Sinulingga, W., Reese, G.R., Johnson, W.L., 1990. Effects of energy supplementation on lamb production of Javanese Thin-tail ewes. *J Anim Sci* 68, 1827-1840.
- Restall, B.J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim Reprod Sci* 27, 305-318.
- Rhind, S.M., McKelvey, W.A.C., McMillen, S., Gunn, R.G., Elston, D.A. 1989. Effect of restricted food intake, before and/or after mating, on the reproductive performance of Greyface ewes. *Anim Prod* 48, 149-155.

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.

Robinson, J.J. 1986. Nutrition and embryo loss in farm animals. In: *Embryonic mortality in farm animals*. (Ed). Marinus Nijoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 235-248

Robinson, J.J. 1990. Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutr Res Rev* 3, 253-276.

Robinson, J.J., Ashworth, C.J., Rooke, J.A., Mitchell, L.M., McEvoy, T.G. 2006. Nutritional and fertility in ruminant livestock. *Anim Feed Sci Technol* 126, 259-276.

Robinson, J.J., Rooke, J.A., McEvoy, T.G. 2002. Nutrition for conception and pregnancy. In: *Sheep Nutrition* Eds. Freer, M., Dove H. CAB International, Wallingford, UK 189-211.

SAGARPA. 2007. Situación actual de la actividad agropecuaria. En la región Lagunera Coahuila p.7.

Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., Somchit, A. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod Nutr Dev* 46, 339-354.

Ungerfeld, R. 2007. Socio-sexual signalling and gonadal function: Opportunities for reproductive management in domestic ruminants. In: *Reproduction in Domestic Ruminants*, Ed. Juengel, J.L., Murray, J.F., Smith, M.F., Nottingham University, 207-221.

Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats. *Horm Behav* (2009),doi:10.1016/j.yhbeh.2009.07.015

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.

Wright, P.J., Geytenbeek, P.E., Clarke, I.J. 1990. The influence of nutrient status of post-partum ewes on ovarian cyclicity and on the oestrous and ovulatory responses to ram introduction. *Anim Reprod Sci* 23, 293-303.