

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

**UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Efecto de proporcionar un complemento alimenticio sobre la tasa ovulatoria y la fertilidad de las hembras caprinas en un sistema de producción extensivo y expuestas al efecto macho

POR:

**JUAN LUIS ACEVEDO URIBE**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TITULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2016

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**JUAN LUIS ACEVEDO URIBE**

“Efecto de proporcionar un complemento alimenticio sobre la tasa ovulatoria y la fertilidad de las hembras caprinas en un sistema de producción extensivo y expuestas al efecto macho”

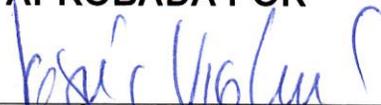
**TESIS**

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**APROBADA POR**

**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES**

**VOCAL:**

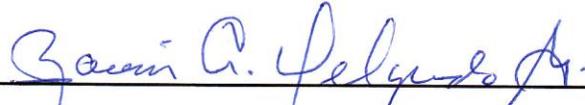
  
\_\_\_\_\_  
**DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ**

**VOCAL:**

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

**VOCAL SUPLENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA**

  
\_\_\_\_\_  
**MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

  
Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**JUNIO DE 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**JUAN LUIS ACEVEDO URIBE**

"Efecto de proporcionar un complemento alimenticio sobre la tasa ovulatoria y la fertilidad de las hembras caprinas en un sistema de producción extensivo y expuestas al efecto macho"

**TESIS**

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**COMITÉ PARTICULAR**

**ASESOR PRINCIPAL DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ**

**ASESOR DR. JESUS VIELMA SIFUENTES**

**ASESOR DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

**ASESOR DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA**

**MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ**



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**JUNIO DE 2016**

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Juan Luis Acevedo Manjarrez y Martha Uribe García por la educación, el apoyo que me brindan y sin condición alguna de llenarme de cariño día con día.

A mis tíos Margarito Huicochea y Elvia Acevedo Manjarrez por cuidarme, educarme y verme como su hijo.

A mis hermanas Lizeth, Tania y Guadalupe por cuidarme y demostrarme su cariño siempre preocupándose por mí persona.

A mi hijo Jaime Sebastián Acevedo para motivarlo y demostrarle que es posible lograr lo que se proponga.

A mi familia en general a mis abuelos, tíos, primos, sobrinos por brindarme su apoyo ayudándome a mejorar y siempre sacar mi mejor versión.

A mis amigos y compañeros que hacen de mi vida divertida, agradable y digna de disfrutar.

A María Fernanda Sánchez por ser tan linda conmigo, por motivarme a ser mejor cada día y brindarme la hermosa oportunidad de conocerla.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todo poderoso, creador de todas las cosas, por concederme fortaleza, salud, y en los momentos difíciles iluminarme el camino dándome voluntad y sabiduría permitiéndome cumplir mis sueños en compañía de los que más amo disfrutando plenamente esta hermosa vida.

A mis padres por todo el apoyo incondicional, la paciencia y tolerancia de confiar en mí, por ayudarme a cumplir mis sueños y por ser el pilar más importante de mi vida todo lo que soy es gracias a ustedes. Sin olvidar a mi familia y amigos que hacen cada momento digno de agradecerse.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mi Alma Mater por permitirme lograr el sueño de ser Médico Veterinario Zootecnista, disfrutando cada proyecto, clases, tareas y actividades que durante 5 años llenaron mi vida de conocimiento y experiencias muy gratas con todas las personas y animales que hacen de esta universidad cada día mejor.

A mi asesor el Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez por confiar en mí y ayudarme a superar el último reto universitario, a mis asesores por hacer esta labor tan amena e enriquecedora, por su apoyo gracias.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
ÍNDICE DE TABLA.....	vi
I.- RESUMEN .....	vii
II.- INTRODUCCIÓN .....	1
III.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Estacionalidad reproductiva en los caprinos.....	3
Estacionalidad reproductiva en las hembras.....	3
Estacionalidad reproductiva en los machos.....	4
3.2 Relaciones socio-sexuales (Efecto macho) .....	5
3.3 Factores que afectan la respuesta estral y ovulatoria en las hembras expuestas al efecto macho .....	7
3.3.1 Comportamiento sexual de los machos.....	7
3.3.2 Nivel de alimentación en las hembras .....	7
3.4 Influencia de proporcionar un complemento alimenticio sobre la respuesta neuroendocrina y sexual de las hembras .....	9
3.5 El complemento alimenticio y su efecto en la fertilidad de las hembras .....	10
IV.- OBJETIVO.....	12

V.- HIPÓTESIS .....	12
VI.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
4.1 Localización del experimento.....	13
4.2 Animales experimentales .....	14
4.2.1 Machos .....	14
4.2.2 Hembras .....	14
4.2.3 Grupos experimentales.....	15
4.3 Variables a determinar .....	16
4.3.1 Actividad ovárica.....	16
4.3.2 Tasa Ovulatoria .....	16
4.3.3 Tasa de gestación por ultrasonido.....	16
4.3.4 Fertilidad al parto .....	16
4.3.5 Prolificidad .....	17
4.4 Análisis estadísticos.....	17
VII.- Resultados.....	18
VIII.- Discusión .....	19
IX.- Conclusión.....	21
X.- Literatura citada .....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Factores que influyen en los fenómenos de bioestimulación sexual de las cabras.....	6
Figura 2. Porcentaje de las variaciones en la disponibilidad de alimento en el transcurso del año, y el porcentaje de gestaciones.....	9

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Respuesta sexual y reproductiva de las cabras anovulatorias que recibieron o no un complemento alimenticio durante 21 días continuos a partir de la introducción de los machos. ....	18
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## I.- RESUMEN

El presente trabajo se realizó para determinar si un complemento alimenticio compuesto de (maíz y soya) durante 21 días, ofrecido a las cabras en un sistema de pastoreo extensivo sedentario, mejora su respuesta sexual y reproductiva al efecto macho. Un grupo de cabras sólo se alimentó en las áreas de pastoreo (grupo no complementado n=50), el grupo (complementado n=50) se alimentó de las áreas de pastoreo y se les ofreció un complemento de 350 g de maíz roado, 150 g de pasta de soya, por hembra, por día a partir de la introducción de los machos. Las tasas ovulatoria y de gestación se determinaron por ultrasonografía. La tasa ovulatoria fue comparada con la prueba *U* de Mann-Whitney. El porcentaje de ovulación fue analizado con una prueba exacta de Fisher. El porcentaje de hembras que ovularon no difirió en los dos grupos ( $P > 0.05$ ). Mientras, la tasa ovulatoria fue superior ( $P < 0.05$ ) en las hembras complementadas ( $1.8 \pm 0.1$ ) comparada con la del grupo no complementado ( $1.4 \pm 0.1$ ). La tasa de gestación fue similar en el grupo complementado (78 %) y en el grupo no complementado (76 %;  $P > 0.05$ ). La fertilidad al parto fue del 59% en el grupo complementado y de 58% en el no-complementado ( $P > 0.05$ ). La prolificidad no se detectó diferencia entre los grupos complementado y no complementado ( $1.5 \pm 0.1$  vs  $1.4$  respectivamente  $\pm 0.1$ ;  $P > 0.05$ ). Se concluye que las cabras manejadas en pastoreo extensivo sedentario el proporcionar un complemento alimenticio administrado durante 21 días continuos a partir de la introducción de machos sexualmente activos, incrementa la tasa ovulatoria pero no la tasa de gestación.

**Palabras clave:** Cabras, bioestimulación, nutrición, fertilidad

## II.- INTRODUCCIÓN

La actividad caprina sostiene aproximadamente un millón y medio de productores. Dicha actividad principal o complementaria está enfocada en producir carne o leche. Los estados con mayor población caprina son Oaxaca, Puebla, Guerrero, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León y Michoacán, que aportan el 74% de la producción nacional. De este total, la Comarca Lagunera de Coahuila tiene el 68 % y la parte de Durango el 32%. En el caso de la leche, su producción se concentra en Coahuila, Durango y Guanajuato que aportan con el 72 % de la producción del país (SIAP-SAGARPA, 2014). Ante la demanda de estos productos se ha generado información que permite la innovación tecnológica para que los sistemas de producción.

La producción caprina depende de la eficiencia reproductiva de los animales (Martin y Kadokawa, 2006). Por ello, la estacionalidad reproductiva que manifiestan algunas razas caprinas es un factor limitante para su producción. La inducción de la actividad sexual de las hembras durante el anestro estacional es posible mediante el efecto macho (Ungerfeld *et al.*, 2004; Pellicer-Rubio *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2014). Esta técnica estimula el estro y la ovulación en las hembras al ponerlas en contacto con los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2006).

En un estudio realizado en la región Lagunera se observó que en el pastoreo extensivo sedentario (sistema de producción caprina predominante en la Comarca Lagunera) la disponibilidad de la vegetación en las áreas de pastoreo disminuye de noviembre a marzo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Esta disminución en la cantidad de

vegetación condiciona una subalimentación, que a su vez disminuye considerablemente la respuesta sexual (estro y ovulación), la fertilidad y la prolificidad de las cabras expuestas a los machos (Mellado y Hernández, 1996). Sin embargo, la complementación alimenticia puede mejorar la respuesta sexual y productiva de las cabras expuestas al efecto macho. Proporcionar a las hembras un complemento alimenticio de 7 días desde el momento de la introducción de los machos, mejora su tasa de ovulación de las cabras. Asimismo, una complementación alimenticia de 14 días a partir del día 9 de poner en contacto a las hembras y a los machos incrementa la tasa de gestación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

El presente estudio se realiza para conocer más al respecto, dado que los estudios anteriores se realizaron en experimentos independientes y utilizaron diferentes hembras, y no se conoce la respuesta sexual y reproductiva de las cabras que reciben complementación alimenticia durante 21 días después de ser expuestas al efecto macho.

### III.- REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Estacionalidad reproductiva en los caprinos

La estacionalidad reproductiva que presentan los pequeños rumiantes localizados en las latitudes templadas o los que están adaptados a las regiones subtropicales se caracterizan por presentar una alternancia de periodos de reposo sexual y de actividad sexual a lo largo del año (Bronson, 1985; Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991; Duarte *et al.*, 2008; 2010).

#### Estacionalidad reproductiva en las hembras

La estacionalidad reproductiva en los caprinos originarios o adaptados al subtrópico se caracteriza por la manifestación de un periodo de reposo sexual y un periodo de actividad sexual durante el año (Delgadillo *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2008).

El periodo de inactividad sexual de las cabras de la Comarca Lagunera ocurre durante los meses de marzo a agosto, lo que corresponde a las estaciones de primavera-verano, y se caracteriza por la ausencia de estros y ovulaciones. En cambio en el periodo de actividad sexual que se presenta de septiembre hasta febrero, es decir en las estaciones de otoño e invierno, este periodo se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales y ováricos (Delgadillo *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2008).

## Estacionalidad reproductiva en los machos

Los machos, al igual que las hembras caprinas durante el año entran en una etapa de reposo sexual, pues se ha demostrado que su actividad sexual se presenta en los meses de mayo y diciembre (verano–otoño) seguido de un periodo de reposo sexual que ocurre durante los meses de enero a abril (invierno y primavera) (Delgadillo *et al.*, 1999). En este periodo, la secreción cualitativa y cuantitativa de LH, de testosterona, el peso testicular y de producción espermática se encuentran reducidos (Delgadillo *et al.*, 1999., Delgadillo *et al.*, 2001).

En ambos sexos esta estacionalidad reproductiva resulta de la existencia de un ritmo endógeno de reproducción que es sincronizado por las variaciones anuales del fotoperiodo (Thiery *et al.*, 2002; Malpaux, 2006). Sin embargo, existen otros factores externos e internos que pueden modificar el ritmo reproductivo anual tales como las relaciones socio-sexuales (Delgadillo *et al.*, 2009) y la nutrición (Martin *et al.*, 2004). Esto último debido a la poca disponibilidad de alimento en las áreas donde se alimentan y que coinciden con el periodo de reposo sexual de las hembras (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991).

### 3.2 Relaciones socio-sexuales (Efecto macho)

Se ha demostrado que las relaciones sociales entre los individuos de la misma especie pueden modificar su estado reproductivo (Bronson, 1985). Durante el periodo de anestro, las ovejas y las cabras no desarrollan ciclos estrales u ovulatorios. Sin embargo, cuando se exponen a los machos, ello puede estimularles directamente la secreción de la hormona luteinizante (LH), seguida por el comportamiento estral y la ovulación (Delgadillo *et al.*, 2009; Vielma *et al.*, 2009). Este fenómeno de bioestimulación sexual se conoce como “efecto macho” (Figura 1; Walkden–Brown *et al.*, 1993; Walkden–Brown *et al.*, 1999; Ungerfeld *et al.*, 2004; Delgadillo *et al.*, 2006; Delgadillo *et al.*, 2014). Cuando se utiliza esta técnica con “machos sexualmente activos”, el comportamiento sexual de los machos, es un factor que determina la respuesta de las hembras al efecto macho, 24 o 36 horas después de iniciada la exposición, la respuesta es de la siguiente manera: un 60% presentan estro y ovulan en los primeros 6 días de contacto con los machos, y en un 75 % de los casos se desarrolla un cuerpo lúteo de corta duración de 5.3 días de duración, estos ciclos cortos son siempre seguidos de una segunda ovulación la cual se asocia a un estro en un 90% de las hembras y una fase luteal de duración normal (Flores *et al.*, 2000; Perkins y Fitzgerald, 1994; Delgadillo *et al.*, 2002; Chemineau *et al.*, 2006).

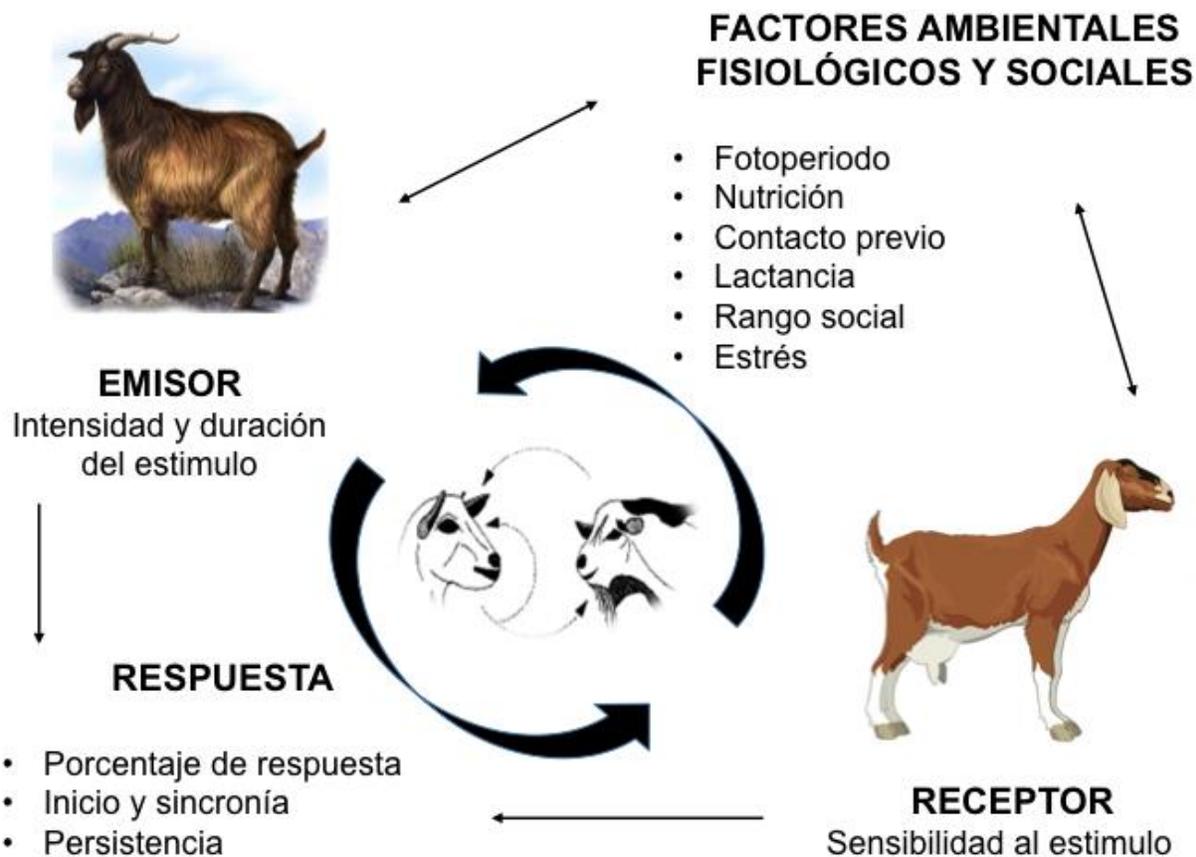


Figura 1.- Factores que influyen en los fenómenos de bioestimulación sexual de las cabras y su respuesta a un complejo ciclo de interacción social entre los sexos, marcadamente influenciados por el medio ambiente, nutrición y estado fisiológico (modificado de Walkden-Brown 1993).

### **3.3 Factores que afectan la respuesta estral y ovulatoria en las hembras expuestas al efecto macho**

Existen factores internos y externos que pueden condicionar la respuesta al efecto macho, (Walkden-Brown 1993). Entre ellos se puede mencionar a la libido o la intensidad del comportamiento sexual de los machos, (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.* 2003; Delgadillo *et al.*, 2006). Y a el estado nutricional de las hembras provocada por el nivel de alimentación (Atti *et al.*, 2004), además de otros.

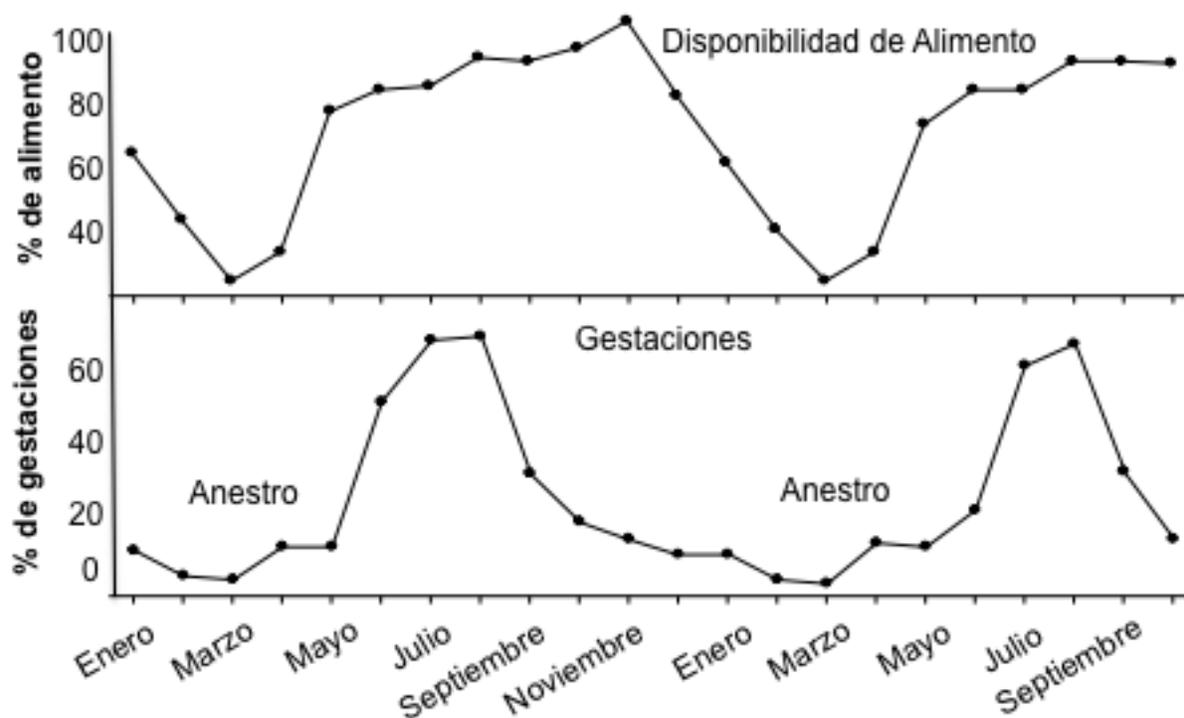
#### **3.3.1 Comportamiento sexual de los machos**

El comportamiento sexual de los machos o libido se refiere a la conducta que despliega el macho hacia la hembra para cortejarla y posteriormente montarla (Chenoweth, 1981). Cuando los machos cabríos se encuentran sexualmente activos, muestran con mayor intensidad y frecuencia conductas que se han definido como: automarcaje, olfateos ano-genitales, flehemen, aproximaciones, intentos de monta y montas con penetración, la expresión intensa de estas conductas se traduce en una mayor capacidad para estimular la respuesta sexual de las hembras (Fabre-Nys., 2000; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2006; Delgadillo *et al.*, 2008).

#### **3.3.2 Nivel de alimentación en las hembras**

La nutrición o el nivel de alimentación a la que están sujetos los animales influye en todos los procesos reproductivos, en las hembras y los machos (Martin *et al.*, 2004; Scaramuzzi., *et al.* 2006). En las hembras bien alimentadas expuestas a los

machos, su respuesta estral y ovulatoria es más alta que las hembras subalimentadas (Henniawati y Fletcher, 1986; Wright et al., 1990; Kusina *et al.*, 2001; Martin *et al.*, 2004). En el norte de México, las cabras bien alimentadas explotadas en condiciones de confinamiento, la respuesta estral y ovulatoria sometidas al efecto macho pueden alcanzar hasta el 90% (Delgadillo *et al.*, 2002) mientras que en sistemas extensivos, donde la alimentación puede variar, la respuesta fue menor a 52% (Mellado y Hernández, 1996). La variación en la cantidad del consumo de alimento afecta al eje reproductivo tanto en hembras como en machos (Blache et al., 2000). En las latitudes subtropicales en general, y en la Comarca Lagunera en el norte de México en particular, la mayoría de los caprinos son manejados en condiciones de pastoreo sedentario y sometidos a variaciones considerables en la disponibilidad alimenticia. En efecto la vegetación natural existente en las áreas de pastoreo que consumen los caprinos disminuye drásticamente de noviembre a marzo como lo muestra la Figura 2 (Sáenz-Escarcega et al., 1991).



**Figura 2.** Porcentaje de las variaciones en la disponibilidad de alimento en el transcurso del año, y el porcentaje de gestaciones y periodo de anestro en las cabras manejadas en un sistema de pastoreo extensivo sedentario en la Comarca Lagunera (26°N, modificado de Delgadillo, 2011).

### 3.4 Influencia de proporcionar un complemento alimenticio sobre la respuesta neuroendocrina y sexual de las hembras

La nutrición o la alimentación que reciben los pequeños rumiantes tienen efectos sobre la función ovárica. Efectivamente, se ha propuesto que estos efectos son a nivel del ovario (Scaramuzzi *et al.*, 2008). De igual manera se ha demostrado que cuando se proporciona un complemento alimenticio energético de corto plazo por 5 días se aumenta el número de folículos. Ello demuestra que los nutrientes tienen influencias sobre la foliculogénesis (Somchit *et al.*, 2007). Asimismo, se ha reportado que la tasa

ovulatoria es mayor en las hembras bien alimentadas que en las subalimentadas al ser expuestas al efecto macho (Lassoued *et al.*, 2004). En cambio, restricción nutricional en la hembra, como resultado de un insuficiente suministro de energía en la dieta, o una menor disponibilidad de energía, cuando existe una excesiva la demanda de ella (actividad física extrema, la demanda de energía en procesos tales como la lactancia), se inhibe la liberación de GnRH y por lo tanto conduce a la reducción de la secreción de LH y, que finalmente, se impide la ovulación (Bronson, 1985). También se ha demostrado que una subalimentación puede disminuir la calidad del ovocito (O'Callaghan *et al.*, 2000) y el desarrollo embrionario (Abecia *et al.*, 1997). Por otro lado, ofrecer un complemento alimenticio de 7 días, antes de la introducción de los machos, incrementa la tasa ovulatoria en la primera ovulación inducida por el macho (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008). Asimismo, cuando se proporciona un complemento alimenticio de 7 días a partir del contacto macho-hembra, mejora la tasa, en la segunda ovulación inducida por el macho (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). De manera general se puede asumir que las cabras que fueron alimentadas con una dieta alta en alimentos energéticos incrementa la frecuencia de LH, lo que origina mayor porcentajes de hembras ovulando, así como la mayor respuesta hacia la técnica de efecto macho (Walkden-Brown *et al.*, 1994).

### **3.5 El complemento alimenticio y su efecto en la fertilidad de las hembras**

Se ha observado que el estado nutricional que presentan las hembras caprinas altera de manera significativa la sensibilidad de las cabras a la presencia de los machos. (Mellado *et al.*, 1994). Se ha demostrado que cuando las ovejas o cabras están en un sistema extensivo y reciben un complemento alimenticio la fertilidad de

estas hembras es más alta (80-94 %) que aquellas en pastoreo y sin complementos alimenticios (47-78 %; Ugalde y Sanginés, 2002.; Atti *et al.*, 2004). Asimismo, una complementación alimenticia de 14 días a partir del día 9 de contacto entre los dos sexos, incrementa la tasa de gestación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

Sin embargo, no se conoce si un complemento alimenticio compuesto de maíz y soya durante 21 días consecutivos a partir de la introducción de los machos estimula la actividad sexual y reproductiva en las hembras caprinas.

#### **IV.- OBJETIVO**

Determinar si el complemento alimenticio durante 21 días consecutivos a partir de la introducción de los machos mejora la respuesta sexual y reproductiva de las hembras caprinas mantenidas en un sistema de pastoreo extensivo sedentario.

#### **V.- HIPÓTESIS**

Un complemento alimenticio durante 21 días consecutivos a partir de la introducción de los machos induce una mejor respuesta sexual y reproductiva en las cabras mantenidas en condiciones de pastoreo extensivo sedentario.

## VI.- MATERIALES Y MÉTODOS

Nota ética: Los procedimientos experimentales reportados en el presente trabajo están en acuerdo con las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio, como lo describe la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999, SAGARPA, 2001).

### **4.1 Localización del experimento**

El presente trabajo fue realizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y en el ejido Morelos II, municipio de Matamoros, Coahuila (103°13'41" W, 25°31'40" N; con una altitud de 1100 msnm). Esta región Lagunera se caracteriza por tener un clima cálido seco y con lluvias en verano. La vegetación predominante en las áreas de pastoreo se compone de diversidad de especies como, (*Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplex acantocarpa*, *Agave scabra*, y *Mimosa biuncífera*), plantas herbáceas (*Heliantus ciliaris*, *Salsola kali*, y *Solanum elaeagnilolium*), y hierbas (*Sorghum halepense*, *Chloris virgata*, *Setaria verticillata*, *Eragrostis pectinacea*, *Bouteloua curtipendula*, *Aristida purpurea*, y *Bouteloua barbata*) (como lo describió Rivas-Muñoz et al., 2007).

## **4.2 Animales experimentales**

### **4.2.1 Machos**

Se utilizaron 4 machos cabríos inducidos a una intensa actividad sexual mediante tratamiento fotoperiódico previo para que durante el mes de abril, cuando ocurre el periodo de reposo sexual natural, estos machos se encuentren sexualmente activos, de acuerdo a lo descrito por Delgadillo et al. (2002). Los machos cabríos fueron alimentados con heno de alfalfa (18% proteína cruda) y 300 gr de concentrado comercial (14 % PC; 1.7 Mcal/kg) durante el tiempo del tratamiento; las sales minerales y el agua fueron a libre acceso.

### **4.2.2 Hembras**

Se utilizaron 2 grupos de 50 cabras anovulatorias cada uno. La observación de la actividad ovárica se determinó mediante ultrasonido (Aloka SSD 500) y un transductor lineal de 7.5 Mhz. El sistema de producción empleado en el hato caprino, es el pastoreo extensivo sedentario, las hembras caprinas salían al campo a alimentarse de 0900 a 1800 del día. Durante la noche las hembras se alojaban en corrales abiertos.

### 4.2.3 Grupos experimentales

- i) Grupo no complementado, en este grupo las cabras fueron alimentadas solo con la vegetación natural existente en los lugares de pastoreo extensivo sedentario. Las cabras tenían una condición corporal  $1.8 \pm 0.1$  (en una escala de 1-4) y un peso corporal de  $39.8 \pm 1.5$ ).
- ii) Grupo complementado, en este grupo las cabras fueron alimentadas en pastoreo extensivo sedentario más un complemento alimenticio, compuesto de (350 g de maíz roado, 150g de pasta de soya por animal) durante 21 días. El complemento alimenticio fue ofrecido individualmente antes del pastoreo de manera individual desde el día en que las hembras se expusieron al contacto con los machos y hasta el día 21 post introducción. (condición corporal  $1.8 \pm 0.1$ ; y peso corporal de  $40.1 \pm 1.00$  kg).

### **4.3 Variables a determinar**

#### **4.3.1 Actividad ovárica**

La actividad ovulatoria se registró post introducción de los machos, para ello se utilizó ultrasonografía transrectal (Aloka SSD-500 y sonda transrectal de 7.5 Mhz), el criterio para determinar si una hembra ovuló fue la presencia de cuerpos lúteos en uno o ambos ovarios de cada hembra los ultrasonidos se realizaron a los 18 días después de la introducción de los machos en los dos grupos de hembras.

#### **4.3.2 Tasa Ovulatoria**

La tasa ovulatoria se determinó al dividir la cantidad total de cuerpos lúteos registrados en las hembras entre el número de hembras que ovularon (Schrick et al., 1993).

#### **4.3.3 Tasa de gestación por ultrasonido**

A partir del día 45 de iniciado el contacto hembras – machos, la gestación fue determinada por ultrasonido con una sonda transrectal de 7.5 Mhz. La tasa de gestación se calculó al dividir el número de hembras gestantes entre el número de hembras expuestas al macho y multiplicado por cien.

#### **4.3.4 Fertilidad al parto**

La fertilidad se determinó al dividir el número de hembras que parieron entre número de hembras que fueron expuestas al macho.

#### **4.3.5 Prolificidad**

La prolificidad fue obtenida al dividir el número de crías nacidas entre el número de hembras que parieron.

#### **4.4 Análisis estadísticos**

Las proporciones de hembras que ovularon, la tasa de gestación y la fertilidad al parto se compararon mediante una prueba de Fisher. La tasa ovulatoria y la prolificidad se compararon mediante la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Los análisis estadísticos se realizaron usando el programa SYSTAT 10 (Evenston, IL. USA, 2000). Los resultados se expresan en promedio  $\pm$  el error estándar de la media (EEM).

## VII.- Resultados

Los porcentaje de respuesta ovulatoria que presentaron las cabras fueron similares en el grupo complementado y las del grupo no complementado ( $P>0.05$ ). La tasa ovulatoria registrada en las cabras complementadas fue superior a la tasa registrada en el grupo no complementado ( $P<0.05$ ). La proporción de hembras gestantes registrada a los 45 días después de la introducción de los machos en el grupo complementado no fue diferente de la registrada en el grupo no complementado ( $P>0.05$ ). La prolificidad registrada en el grupo complementado no difirió de la registrada en el grupo no complementado ( $P>0.05$ ; Tabla 1).

Tabla 1. Respuesta sexual y reproductiva de las cabras anovulatorias que recibieron o no un complemento alimenticio durante 21 días continuos a partir de la introducción de los machos.

Grupo	Ovulación (%)	Tasa Ovulatoria	Gestación(45d)	Fertilidad al parto	Prolificidad
<b>Complementado</b>	48/50(96%) a	1.8% $\pm$ 0.1 a	39/50 (78%) a	23/39(59%) a	1.5 a
<b>No complementado</b>	47/50 (94%) a	1.4 $\pm$ 0.1 b	38/50(76%) a	22/38(58%) a	1.4 a

a , b Las literales diferentes indican diferencias significativas ( $P<0.05$ )

## VIII.- Discusión

Un complemento alimenticio (maíz y soya) durante 21 días consecutivos a partir de la introducción de los machos mejoró la tasa ovulatoria pero no incrementa la fertilidad en las hembras caprinas al ser expuestas al efecto macho y que son mantenidas en un sistema de pastoreo extensivo sedentario. El incremento de la tasa ovulatoria registrada en las cabras complementadas de la presente tesis coincide con lo encontrado en cabras que fueron complementadas durante 7 días antes de la introducción de los machos o al momento de la introducción de estos (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). En cambio, el porcentaje de gestación obtenido en el grupo de cabras complementadas de la presente tesis difiere de los reportado por Fitz-Rodríguez *et al.*, (2009). Los resultados de estos últimos autores demostraron que un complemento alimenticio compuesto de soya, maíz y alfalfa ofrecido desde el momento de la introducción del macho hasta el día 28 se incrementó la fertilidad de las hembras expuestas a machos sexualmente activos. El porcentaje total de hembras que ovularon durante el estudio no difirió entre las cabras complementadas y las no complementadas. Esto difiere de lo reportado previamente en cabras complementadas mantenidas en el mismo sistema de explotación y que fueron expuestas al efecto macho (Fitz-Rodríguez *et al.* 2009). 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 pudiera estar afectando la dinámica folicular al incrementar el crecimiento folicular y disminuir la atresia folicular. Lo anterior a su vez 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. A pesar del incremento de la tasa ovulatoria en el grupo complementado, la tasa de fertilidad fue inferior en éste 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 de la siguiente manera: 1) 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, estas hipótesis no concuerdan con los resultados obtenidos por otros autores en cabras de la misma raza por Fitz-Rodríguez *et al.* (2009), 2) las cabras de los dos grupos pastoreaban en terrenos con baja disponibilidad alimenticia. Esto incrementó, probablemente la pérdida embrionaria. Sin embargo, esta hipótesis no explica la razón por la cual la fertilidad del grupo complementado fue de alrededor del 59 % contra 58% del grupo no complementado. Ante esto surge una pregunta ¿La aportación de soya y maíz disminuyó la viabilidad embrionaria? Esta pregunta que debe responderse para determinar si debe incluirse la alfalfa como fuente de proteína en la ración de las cabras que reciben una complementación alimenticia. 3) La subalimentación a la que fueron expuestas en los meses subsecuentes hasta el parto pudo causar muerte fetal, sería necesario hacer un estudio para determinar que ventanas de alimentación estratégicas podrían evitar estas pérdidas durante la gestación.

## **IX.- Conclusión**

Los resultados de este estudio demuestran que un complemento alimenticio compuesto de maíz y soya durante 21 días consecutivos a partir de la introducción de machos sexualmente activos incrementan la tasa ovulatoria pero no mejora la tasa de gestación.

### **X.- Literatura citada**

Abecia, J.A., Lozano, J.M., Forcada, F., Zarazaga, L. 1997. Effect of level of dietary energy and protein on embryo survival and progesterone production on day eight of pregnancy in Rasa Aragonesa ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 48: 209-218.

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.

Atti, N., Bocquier, F., Khaldi, G. 2004. Performance of the fat-tailed Barbarine sheep in its environment: adaptive capacity to alternation of underfeeding and re-feeding periods. A review. *Anim. Res.* 53: 165-176.

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

Bronson, F.H. 1985. Mammalian reproduction: An ecological perspective. *Biol. Reprod.* 32: 1-26.

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.

Chenoweth, P.J. 1981. Libido and mating behavior in bulls, boar, and rams. A Review. *Theriogenology.* 16: 155-177.

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. 2011. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropics. *Animal*, 5:1, 74-81

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

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

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H., Bedos, M., Fitz-Rodríguez, G., Fernández, I.G., López-Sebastián, A., Gómez-Brunet, A., Santiago-Moreno, J., Zarazaga, L.A., Keller, M., Chemineau, P. 2014. Out-of-season control of reproduction in subtropical goats without exogenous hormonal treatments. *Small Rumin. Res.* 121: 7-11.

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

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating

anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci.* 80: 2780-2786.

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

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.

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

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

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

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

Fitz-Rodríguez, G., De Santiago-Miramontes, M.A., Scaramuzzi, R.J., Malpoux, 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.

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

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

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., Hamouda, M.B. 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.

Malpoux, B. 2006. Seasonal regulation of reproduction in mammals. En: Neill, J.D. (ed.) *Physiology of Reproduction*. Tercera ed. New york: Elsevier. 2: 2231-2282.

Martin G.B., kadokawa, H. 2006. "Clean, Green and ethical" Animal Production. case study; reproductive efficiency in small ruminants. *J. Reprod. Dev.* 52: 145-152.

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

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.

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. Fert.* 118: 303-313.

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.

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

Sáenz-Escárcega, P., Hoyos, F.G., Salinas, G.H., Espinoza, A.J., Guerrero, B.A., Contreras, G.E. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En Evaluación de Módulos Caprinos en la Región Lagunera. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Matamoros, Coahuila, México). Pp. 24-34.

SIAP, SAGARPA, 2014. 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.

Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B. 2008. The importance of interactions among nutrition, seasonality and socio-sexual factors in the development of hormone-free methods for controlling Fertility. *Reprod. Dom. Anim.* 43 (2): 129-136.

Schrack, F.N., Surface, R.A., Pritchard, J.Y., Dailey, R.A., Townsend, E.C., Inskip, E.K. 1993. Ovarian structures during the estrous cycle and early pregnancy in ewes. *Biol. Reprod.* 49: 1113-1140.

Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. (2001). Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación, 22 Agosto 2001.

Somchit, A., Campbell, B.K., Khalid, M., Kendall, N.R., Scaramuzzi, R.J. 2007. The effect of short-term nutritional supplementation of ewes with lupin grain (*Lupinus luteus*), during the luteal phase of the estrous cycle on the number of ovarian follicles and the concentrations of hormones and glucose in plasma and follicular fluid. *Theriogenology*. 68: 1037-1046.

SYSTAT 10 (Evenston, IL. USA, 2000).

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

Ugalde, J.P.R., García, J.R.S. 2002. Respuesta al efecto macho de primas Pelibuey en condiciones de pastoreo y suplementación en trópico. *Téc Pecu Méx* 40 (3) 309-317.

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

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

Walkden-Brown, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J. Reprod. Fert. Supplement.* 52: 243-257.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J. Henniawati. 1993. The male effect in the Australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. Anim. Reprod. Sci. 32: 69-84.

Walkden-Brown, S.W., 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 volumen and odour in Australian cashmere goats. J. Reprod. Fert. 102: 351-360.

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.