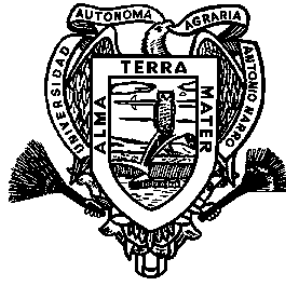


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**PROPORCIONAR UN COMPLEMENTO ALIMENTICIO  
INCREMENTA LA TASA OVULATORIA Y SE ASOCIA A MAYOR  
CONCENTRACIÓN DE PROGESTERONA EN CABRAS  
SOMETIDAS AL EFECTO MACHO**

**POR:**

**OSCAR FABIÁN BANDA LÓPEZ**

**TESIS:**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**ABRIL DE 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**PROPORCIONAR UN COMPLEMENTO ALIMENTICIO INCREMENTA LA TASA  
OVULATORIA Y SE ASOCIA A MAYOR CONCENTRACIÓN DE  
PROGESTERONA EN CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO MACHO**

**POR**

**OSCAR FABIÁN BANDA LÓPEZ**

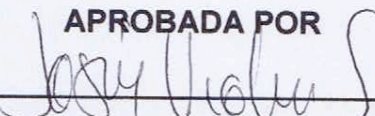
**TESIS**

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

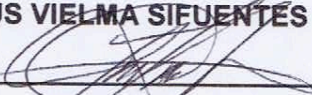
**APROBADA POR**

**PRESIDENTE**



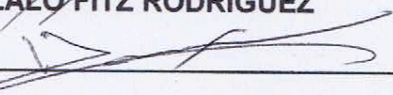
**Dr. JESÚS VIELMA SIFUENTES**

**VOCAL**



**Dr. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ**

**VOCAL**

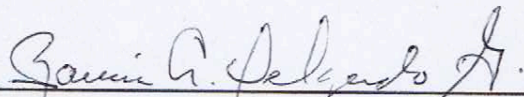


**Dr. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

**VOCAL SUPLENTE**



**Dr. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA**



**MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ**



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL** Coordinación de la División  
Ciencia Animal

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**ABRIL DE 2016**

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

PROPORCIONAR UN COMPLEMENTO ALIMENTICIO INCREMENTA LA TASA  
OVULATORIA Y SE ASOCIA A MAYOR CONCENTRACIÓN DE  
PROGESTERONA EN CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO MACHO

POR:

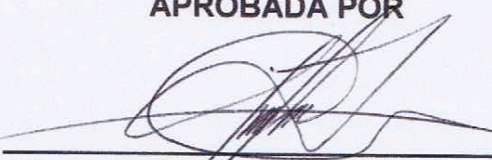
OSCAR FABIÁN BANDA LÓPEZ  
TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

  
Dr. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

ASESOR:

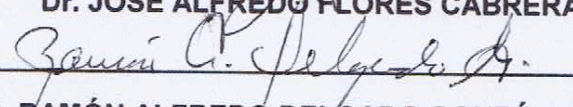
  
Dr. JESÚS VIELMA SIFUENTES

ASESOR:

  
Dr. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:

  
Dr. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL DE 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

De manera tangible agradezco el apoyo que ofrece el Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), para que los estudiantes tengan conocimiento real de la investigación científica y faciliten los medios para obtener un título como profesionalista.

## **DEDICATORIA**

La culminación de esta etapa como estudiante universitario fue debido al esfuerzo y empeño compartido entre mi familia y yo, de tal manera que sin su valioso apoyo me hubiera sido más difícil terminar esta meta que algún día me propuse.

## RESUMEN

Los objetivos de la presente tesis fue investigar en las cabras en pastoreo sedentario si proporcionar un complemento alimenticio durante el efecto macho, incrementa la tasa ovulatoria y si ello está asociado a una mayor concentración de progesterona en sangre. Además, determinar su efecto en la respuesta sexual y reproductiva de las hembras. Un grupo de cabras (n=25) fue alimentado durante el estudio sólo de la vegetación disponible en las áreas de pastoreo. Otro grupo de cabras (n=25) fue alimentado como el anterior, pero además cada hembra recibió un complemento alimenticio durante 21 días. La tasa ovulatoria fue determinada por ultrasonografía transrectal. En 6 hembras escogidas al azar de cada grupo se realizaron muestreos sanguíneos para la determinación de las concentraciones de progesterona. Los promedios de concentración de progesterona se compararon con un análisis de varianza para observar la interacción tiempo x grupo. Con el perfil de secreción de progesterona y la tasa ovulatoria se realizó una correlación de Pearson. La tasa ovulatoria fue comparada con la prueba U de Mann-Whitney. La proporción de hembras gestantes se compararon con una prueba de  $\chi^2$ . Se encontró una interacción tiempo x grupo en el perfil de progesterona plasmática (P=0.04). La tasa ovulatoria fue más alta en el grupo complementado nutricionalmente ( $2.1 \pm 0.1$ ) que en el grupo no-complementado ( $1.4 \pm 0.1$ , P<0.05). Además, existió una correlación positiva entre la tasa ovulatoria y la concentración de progesterona en los días 15 y 17 después de la introducción del macho  $r=0.603$ , P=0.04 y  $r=0.694$ , P=0.01(respectivamente). La proporción de hembras gestantes no fue diferente entre el grupo complementado nutricionalmente (100%; 25/25) y el no complementado (84%; 21/25; P=0.110). Con estos resultados, se concluye que un complemento alimenticio ofrecido a las cabras durante el efecto macho, incrementa la tasa ovulatoria y está asociado a mayores concentraciones de progesterona plasmática.

**Palabras Clave:** *cabras, nutrición, reproducción, bioestimulación sexual*

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN .....	iii
ÍNDICE .....	iv
Índice de Figuras.....	vii
1.- INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.- Objetivo.....	2
1.2.- Hipótesis .....	2
2.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Estacionalidad reproductiva de los caprinos.....	3
2.1.1 Estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes originarios de zonas templadas .....	4
2.1.2 Estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes originarios de zonas tropicales .....	4
2.1.3 Estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes originarios de zonas subtropicales .....	5
2.2 Efecto macho .....	6
2.3 Respuesta de las hembras al efecto macho .....	6
2.4 Factores que pueden afectar la respuesta estral y ovulatoria de las hembras al efecto macho.....	7



2.5 Respuesta reproductiva y la influencia de un complemento nutricional en hembras caprinas.....	8
2.6 Presencia del cuerpo lúteo y su relación con las concentraciones de progesterona en el ciclo estral .....	9
3.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 Localización .....	12
3.2 Animales y manejo.....	12
3.2.1 Machos .....	12
3.2.2 Hembras .....	13
3.3 Tratamiento fotoperódico de los machos cabríos .....	13
3.4 Diseño experimental .....	14
3.6 Variables determinadas .....	15
3.6.1 Determinación de las concentraciones plasmáticas de progesterona....	15
3.6.2 Tasa ovulatoria .....	16
3.6.3 Tasa de gestación .....	16
4.- RESULTADOS.....	17
4.1 Perfil diario de progesterona plasmática.....	17
4.2 Patrón del perfil promedio diario de concentración de progesterona durante el estudio en ambos grupos .....	20
4.3 Porcentaje total de cabras que ovularon .....	21
4.4 Tasa ovulatoria.....	21
4.5 Correlación entre la tasa ovulatoria y las concentraciones de progesterona	22
4.6 Tasa de gestación.....	23



5.- DISCUSIÓN .....	24
6.- CONCLUSIÓN .....	27
7.- LITERATURA CITADA.....	28

## Índice de Figuras

Figura 1. Perfil de progesterona indicativo de la respuesta ovárica de las cabras en el grupo No-complementado. _____	17
Figura 2. Perfil de progesterona indicativo de la respuesta ovárica de las cabras en el grupo Complementado. _____	18
Figura 3. Perfil promedio ( $\pm$ SEM) diario de las concentraciones de progesterona de las cabras expuestas a efecto macho y que recibieron o no un complemento alimenticio (P=0.04). _____	20
Figura 4. Correlación entre la tasa ovulatoria y el perfil de progesterona al día 15 y 17 post introducción de los machos. _____	22

## 1.- INTRODUCCIÓN

La caprinocultura nacional tiene varias limitantes, pero también se tienen fortalezas y oportunidades relacionadas con las características propias de la especie caprina. Los productos y subproductos de origen caprino tienen demanda en el mercado. Una de sus limitantes es la producción estacional de leche y carne, esto provoca que la disponibilidad de los productos como carne, la leche y subproductos como quesos y dulces varíe en el año. Sin embargo, la estación para la producción de leche de cabra y el cabrito pueden adelantarse si los partos ocurren antes de la estación natural. Dada la importancia de esta actividad pecuaria en la Comarca Lagunera, como región productora caprina del país donde la producción es estacional, se han realizado trabajos de investigación que dan como resultado técnicas que se pueden incorporar a los sistemas de producción de la región. Lo anterior, con la finalidad de modificar la estación de los partos y como consecuencia mejorar la disponibilidad de sus productos y subproductos. Una de las técnicas reproductivas desarrolladas y que se puede emplear fácilmente es el "efecto macho". Un agregado a esta técnica, consiste en ofrecer un complemento alimenticio a las cabras que se someten al efecto macho, lo anterior, dado que en los sistemas de producción de la región, los animales están sujetos a variaciones importantes en la disponibilidad de alimento y por lo tanto es común que estén subalimentados durante algunos meses del año (enero-mayo). Esta subalimentación provoca la disminución del número de hembras gestantes (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). En los sistemas de producción caprina en pastoreo no es común que se ofrezcan complementos alimenticios de buena

calidad. Ello, a pesar de que se conoce que un complemento alimenticio resulta en un incremento en el rendimiento reproductivo de las cabras y ovejas (Martin *et al.*, 2004; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). En ovejas se ha reportado que un incremento en la tasa ovulatoria está relacionado con una mayor secreción de progesterona plasmática (Cahill *et al.*, 1981). Con los conocimientos anteriores se realizó el presente trabajo que tiene como finalidad lo siguiente:

### **1.1.- Objetivo**

Determinar si el proporcionar un complemento alimenticio incrementa la tasa ovulatoria y si ello está asociado a mayores concentraciones de progesterona en cabras bioestimuladas con machos sexualmente activos.

### **1.2.- Hipótesis**

Proporcionar un complemento alimenticio incrementa la tasa ovulatoria y ello resulta en mayores concentraciones de progesterona en cabras sometidas al efecto macho utilizando machos sexualmente activos.

## 2.- REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Estacionalidad reproductiva de los caprinos

La estacionalidad reproductiva que presentan algunas especies se caracteriza por la alternancia de periodos de actividad e inactividad sexual (Karsch *et al.*, 1984, Ortavant *et al.*, 1985). La reproducción de algunas razas de cabras es descrita como estacional; en ellas, el inicio y la duración de la actividad reproductiva depende de varios factores, tales como: la presencia del macho, el sistema de producción y específicamente el fotoperíodo (Duarte *et al.*, 2008; Fatet *et al.*, 2011). Algunos autores sugieren que la estacionalidad reproductiva de estas cabras se debe a la reducida disponibilidad de alimento existente en las áreas de pastoreo a través del año, ya que coincide con el periodo de reposo sexual o anestro de las hembras (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Con esto, se afirmaba que la alimentación era un factor que determinaba la estacionalidad reproductiva. Sin embargo, en sentido opuesto, Duarte *et al.* (2008) demostraron que las cabras locales del subtrópico mexicano presentan una estacionalidad reproductiva independientemente de la disponibilidad de alimento. Posteriormente, se demostró en esta latitud que el fotoperíodo es la principal señal que modula el ritmo anual de reproducción (Delgadillo *et al.*, 2014). La estacionalidad reproductiva que presentan los caprinos y ovinos se debe a un ritmo endógeno de la reproducción y a la interpretación por el sistema nervioso central de la duración de la noche, lapso durante el cual ocurre la secreción de melatonina por la glándula pineal (Karsch *et al.*, 1984; Chemineau *et al.*, 2003).

### **2.1.1 Estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes originarios de zonas templadas**

La estacionalidad reproductiva de caprinos y ovinos de las regiones templadas en los hemisferios norte y sur ( $>40^\circ$ ) es una estrategia adaptativa donde las especies definen sus periodos de actividad reproductiva. Así, los caprinos y ovinos limitan su actividad sexual a un periodo del año, para asegurar que los nacimientos ocurran en una época favorable (primavera) para el crecimiento de las crías (Ortavant *et al.*, 1985). En estas regiones la actividad reproductiva se inicia con los días decrecientes del otoño y el periodo de anestro estacional con el inicio de los días crecientes de la primavera (Malpaux *et al.*, 1996). Por ejemplo, en la cabra Alpina la presentación de estros acompañados de ovulación, inicia en septiembre (otoño) y finaliza en febrero (invierno) (Chemineau *et al.*, 1992). En los machos cabríos Alpinos se encontró mayor peso testicular y producción espermática durante noviembre y diciembre (otoño-invierno), mientras que durante mayo y junio (primavera-verano) se identificó un menor peso testicular (Chemineau *et al.*, 1992).

### **2.1.2 Estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes originarios de zonas tropicales**

En las regiones de latitudes tropicales ( $<23^\circ$  norte o sur), se ha reportado que las razas caprinas locales muestran una actividad sexual regular a lo largo del año. Cuando las hembras adultas no se encuentran gestantes, presentan ciclos estrales ininterrumpidos (Delgadillo y Malpaux, 1996). Por ejemplo, los machos cabríos de la Isla de Guadalupe en el Caribe no presentan variaciones en el

comportamiento sexual, y la producción espermática durante el año (Chemineau, 1993).

### **2.1.3 Estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes originarios de zonas subtropicales**

Las cabras originarias o adaptadas del subtrópico Mexicano 26°23' N, presentan las primeras ovulaciones en septiembre, y la última ovulación se presenta en febrero (Duarte *et al.*, 2008). En las cabras criollas nativas de Argentina (30° S) la estación reproductiva inicia en marzo y termina en septiembre (Rivera *et al.*, 2003). En Australia (29° S), las cabras Cashmere presentan una estación reproductiva de marzo a julio (Restall, 1992). Se deduce que la estación reproductiva de las hembras caprinas del subtrópico norte y sur ocurre en el otoño-invierno y la época de anestro durante la primavera-verano. Los machos cabríos originarios o adaptados al subtrópico Mexicano 26°23' N mantenidos bajo fotoperiodo natural y alimentados según sus requerimientos nutricionales presentan niveles plasmáticos de testosterona elevados entre mayo y diciembre, mientras que los valores son bajos de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999). Los machos cabríos de la raza Cashmere de Australia (29° S), mantenidos bajo fotoperiodo natural y alimentados a libre acceso con alimento de alta calidad presentan una secreción estacional de LH y testosterona con valores elevados entre noviembre y mayo, los niveles mas bajos de ambas hormonas fueron detectados entre junio y octubre (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Esto sugiere que la estación reproductiva de los machos caprinos del subtrópico norte y sur predomina durante el verano-otoño y la época de reposo sexual durante el invierno y la



primavera.

## **2.2 Efecto macho**

El efecto macho consiste en introducir a machos en un grupo de cabras y/o ovejas anovulatorias y en respuesta a este contacto se puede inducir la actividad sexual de las cabras y ovejas en pocos días después del contacto (Chemineau, 1987; Martin *et al.*, 1986; respectivamente). Una de las formas para modificar la estación reproductiva es mediante la técnica de bioestimulación sexual, es decir con el “efecto macho” (Pellicer-Rubio *et al.*, 2007; Delgadillo *et al.*, 2009).

## **2.3 Respuesta de las hembras al efecto macho**

En las cabras y ovejas el contacto con machos provoca un incremento en la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH, culminando en un pico preovulatorio de esta hormona que provoca la ovulación (Poindron *et al.*, 1980; Chemineau *et al.*, 1986; Martin *et al.*, 1986; Vielma *et al.*, 2009). La ovulación ocurre generalmente en un período de dos a cuatro días después de la introducción del macho. En las ovejas se ha descrito que la primera ovulación no es acompañada de estro, mientras que en las cabras, una proporción variable manifiestan un comportamiento estral en la primera ovulación inducida por el macho (Walkden-Brown *et al.*, 1999). En las cabras criollas de la Isla de Guadalupe, un 97% de hembras ovulan durante los primeros 7 días de contacto con los machos, esta primera ovulación está asociada con comportamiento estral en un 62%. Además, estas cabras presentan un ciclo ovárico corto. Este ciclo corto es seguido por una segunda ovulación y la subsecuente formación de un cuerpo lúteo de duración

normal. La segunda ovulación está asociada con un estro en el 90% de las hembras (Chemineau, 1987). Las cabras Cashmere de Australia y las cabras criollas del subtrópico Mexicano, ambas expuestas a el efecto macho, presentan un comportamiento similar a lo anteriormente descrito. (Walkden-Brown *et al.*, 1993<sup>a</sup>; Delgadillo *et al.*, 2002).

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

Existen factores externos que pueden afectar la respuesta estral y ovulatoria de las hembras al efecto macho: La intensidad de la actividad sexual que despliega el macho (Flores *et al.*, 2000), y la condición corporal que poseen las hembras al momento del efecto macho provocada por una subalimentación (Mellado *et al.*, 1994; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2009). La importancia de la intensidad de la actividad sexual del macho para inducir y sincronizar la respuesta estral en hembras caprinas y ovinas ha sido documentada por Delgadillo *et al.* (2009) y Ungerfeld *et al.* (2004), respectivamente. En hembras caprinas en anestro estacional se observó un alto porcentaje de estros después del contacto continuo con machos sexualmente activos. En cambio, resultados contrarios fueron obtenidos con cabras en anestro estacional expuestas a machos sexualmente inactivos (Flores *et al.*, 2000). Los tratamientos fotoperiódicos (Delgadillo *et al.*, 2002) y la alimentación adecuada potencializan la actividad sexual del macho (Walkden-Brown *et al.*, 1993<sup>b</sup>). Cuando las hembras caprinas tienen una condición corporal de 1.9 un alto porcentaje de hembras presentan estros sin ovulación,

ovulación sin estro, ausencia de estro y ovulación, en un porcentaje menor estro con ovulaciones (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2009).

## **2.5 Respuesta reproductiva y la influencia de un complemento nutricional en hembras caprinas**

En los rumiantes, la alimentación actúa en dos niveles: 1.- hipotálamo (permitiendo o evitando la ovulación). 2.- nivel ovárico (afectando la tasa ovulatoria; Scaramuzzi y Martin, 2008), donde se ha demostrado que la alimentación es más importante en cada etapa del proceso reproductivo (Martin *et al.*, 2004). En cabras y ovejas, al ofrecer un complemento nutricional durante 7 o 10 días respectivamente, se incrementa la tasa ovulatoria (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009; Nottle *et al.*, 1997). Este efecto se debe a la estimulación del crecimiento de folículos ovulatorios y a la disminución de la atresia folicular (Nottle *et al.*, 1997; Muñoz-Gutiérrez *et al.*, 2002; Somchit *et al.*, 2007). Además, cuando se proporciona el complemento nutricional se aumentan los niveles de glucosa e insulina en sangre (Haruna *et al.*, 2009; Zabuli *et al.*, 2010; Somchit *et al.*, 2007), este incremento de glucosa está asociado con el incremento de la tasa ovulatoria (Scaramuzzi *et al.*, 2010; García, 2015).

El momento y duración en que se proporciona el complemento alimenticio pueden también disminuir las pérdidas embrionarias (Molle *et al.*, 1997). Además, se ha sugerido que las bajas tasas de partos pueden ser reflejo de las pérdidas embrionarias y son debido a una nutrición deficiente después de la cubrición (Mellado *et al.*, 1996). El complemento alimenticio puede utilizarse en pequeños rumiantes mantenidos en sistemas de producción extensivo, particularmente en

zonas semiáridas o mediterráneas (Scaramuzzi *et al.*, 2006), donde la disponibilidad de alimento es reducida y la condición corporal es de 1-1.5 (escala de 1-4), lo cual se ha reportado que en las cabras reduce el éxito reproductivo (Mellado *et al.*, 1994). Con el propósito de mejorar la eficiencia reproductiva de los caprinos se utilizaron estas dos herramientas en conjunto (el complemento alimenticio y efecto macho; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008 y Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Así, en cabras criollas anovulatorias con pobre condición corporal y mantenidas en un sistema extensivo: un complemento alimenticio por 7 días antes de ser sometidas a efecto macho; incrementa la tasa ovulatoria de la primera ovulación inducida por el macho, esta respuesta no persiste en la segunda ovulación (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008). Sin embargo, el mismo tratamiento nutricional iniciando el día en que inicia el efecto macho, incrementa la tasa ovulatoria en la segunda ovulación en cabras complementadas, comparado con cabras no complementadas. Además un complemento alimenticio durante 14 días a partir del día 9 de haber iniciado el efecto macho mejora la tasa de preñez en cabras (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

## **2.6 Presencia del cuerpo lúteo y su relación con las concentraciones de progesterona en el ciclo estral**

La fase lútea se inicia desde el momento de la ovulación. Aproximadamente 5 días después del inicio del estro, las células del folículo donde ocurrió la ovulación se convierten en células lúteas y se forma el cuerpo lúteo (CL). Este cuerpo lúteo secreta progesterona y su concentración aumenta y permanece en un nivel alto ( $> 1$  ng / ml) durante 16 días. Durante esta fase lútea,

el crecimiento folicular dependiente de las gonadotropinas, continúa de una manera similar a una oleada, pero la progesterona inhibe la ovulación. Al final de la fase lútea, 16-18 días después del estro, la prostaglandina F<sub>2</sub> alfa secretada por el útero no grávido induce la regresión del cuerpo lúteo (luteólisis) y la disminución de la secreción de progesterona (Fatet *et al.*, 2011), la fertilización ocurre pocas horas después de la ovulación. El embrión llega al útero 4-5 días después del estro en una etapa de mórula temprana. La implantación del embrión se observa 18-22 días después de la aparición de estro en cabras. Mientras que en el ganado ovino, la placenta se convierte en la principal fuente de progesterona después de 2 meses de gestación, en cabras, la presencia de un cuerpo lúteo funcional es indispensable para mantener la gestación (Fatet *et al.*, 2011). En cabras cíclicas es posible detectar un cuerpo lúteo a los 3 días después de la ovulación por medio de ultrasonografía transrectal (Orita *et al.*, 2000; Medan *et al.*, 2003; Simões *et al.*, 2007). Además, se conoce que la secreción de progesterona se incrementa de manera paralela al crecimiento del cuerpo lúteo (Orita *et al.*, 2000; Simões *et al.*, 2007), esta correlación entre el diámetro del cuerpo lúteo y la concentración de progesterona plasmática se ha descrito en cabras (Medan *et al.*, 2003) y en ovejas con el volumen lúteo (Shabankareh *et al.*, 2009). A mayor volumen lúteo provocado por ovulaciones dobles en el mismo ciclo estral, la concentración de progesterona plasmática, es significativamente mayor en ovejas con doble ovulación que en ovejas con una sola ovulación (Samartzi *et al.*, 1995; Shabankareh *et al.*, 2009). Al respecto, Simões *et al.* (2007) asociaron altos niveles de progesterona con el tamaño de los cuerpos lúteos en cabras. En otro estudio, donde las cabras fueron inducidas al estro con prostaglandinas y PMSG,

presentan elevada tasa ovulatoria, e incrementan más los niveles de progesterona plasmática comparado con cabras que presentaron su actividad sexual sin el uso de hormonas exógenas (Chemineau *et al.*, 1982). Recientemente se han desarrollado técnicas libres de hormonas exógenas para inducir la actividad sexual de las cabras. Entre ellas esta el conocimiento de las necesidades nutricionales para cada etapa del proceso reproductivo. Asimismo, se ha determinado que el complemento alimenticio afecta positivamente la foliculogénesis (Blache y Martin, 2009). Así, la nutrición enfocada en ciertos periodos reproductivos puede aumentar el tamaño de la camada mediante la optimización de la tasa de ovulación (Martin *et al.*, 2004; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Por los antecedentes que se han descrito acerca del efecto que tiene el complemento alimenticio sobre la tasa ovulatoria y el incremento en los niveles de progesterona, se propone estudiar sí la complementación alimenticia durante el efecto macho incrementa la tasa ovulatoria y si esta se relaciona con mayores concentraciones de progesterona.

### **3.- MATERIALES Y MÉTODOS**

Los procedimientos experimentales y las actividades reportadas en este trabajo se realizaron durante el anestro estacional (abril) y se apegaron a las especificaciones técnicas de la norma oficial mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (SAGARPA-NOM-062-ZOO-2001).

#### **3.1 Localización**

El experimento se realizó en el ejido Morelos II, perteneciente al municipio de Matamoros, ubicado en el estado de Coahuila. El ejido se encuentra dentro de la Comarca Lagunera; región ubicada al norte de México (latitud 26° 23' N y longitud 104° 47' W). En esta región el sistema de producción predominante es el pastoreo sedentario (Hoyos *et al.*, 1986-87), la población caprina se constituye en su mayoría de cabras criollas (Delgadillo *et al.*, 1999), las cuales reflejan una amplia gama de rasgos fenotípicos.

#### **3.2 Animales y manejo**

##### **3.2.1 Machos**

Previo al experimento un grupo de 6 machos cabríos fue sometido a un tratamiento fotoperiodico desde el 1 de noviembre al 15 de enero, con el propósito de inducir el comportamiento sexual en un periodo del año en donde de manera natural son inactivos sexualmente o presentan poco libido (Delgadillo *et al.*, 1999; 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007).



### **3.2.2 Hembras**

Un grupo de hembras caprinas multíparas anéstricas fueron utilizadas para el experimento (n=50). Previo a la formación de los grupos, la anovulación fue determinada mediante un ultrasonido portátil (SSD ALOKA 500) equipado con un transductor de 7.5 MHz, vía trans-rectal (Schrick *et al.*, 1993). La ausencia de un cuerpo lúteo en los ovarios fue el criterio para determinar si la hembra estaba acíclica (De Castro *et al.*, 1999; Simões *et al.*, 2005).

Previo a el experimento, los animales fueron sometidos a diversas técnicas de manejo que consisten en la administración de 1 ml de ivermectina por vía subcutánea por animal, y 2 ml vía intramuscular de una formula farmacológica comercial de vitaminas A, D y E. Además, en los animales se les practicó el siguiente manejo: recorte de pezuñas, cuernos y finalmente la identificación individual de las cabras.

### **3.3 Tratamiento fotoperiódico de los machos cabríos**

Un grupo de 6 machos cabríos fue expuesto a días largos por 2.5 meses; del 1 de noviembre al 15 de enero. Después de esta fecha fueron expuestos a las variaciones naturales de fotoperíodo. Los días largos fueron proporcionados a los machos en los corrales donde estaban alojados. La luz artificial se les brindó a partir de las 0600 h y hasta las 0900 h, aprovechando la luz natural del día, las lámparas, volvieron a encenderse de las 1800 h hasta las 2200 h con el propósito de tener un día largo (16 h luz) (Delgadillo *et al.*, 2002). La luz artificial fue regulada por un reloj electrónico programable que se encendía y apagaba automáticamente, la intensidad de luz artificial fue en promedio de 300 lux a la

altura de los ojos de los machos cabríos. Durante este periodo los machos tuvieron libre acceso a la ingesta de agua, minerales y alfalfa (18% PC), además diariamente se les ofreció 300 g de concentrado comercial (14% PC y 17 Mcal/Kg).

### **3.4 Diseño experimental**

Un grupo de cabras denominado No-complementado (n=25) tuvo una condición corporal de  $1.8 \pm 0.05$  (en una escala de 1-4 de acuerdo con lo descrito por Walkden-Brown et al. (1997) y se mantuvo bajo condiciones de pastoreo sedentario, alimentándose únicamente de la flora propia de la región.

Otro grupo de cabras denominado Complementado (n=25) tuvo una condición corporal de  $1.8 \pm 0.05$  también se alimentó de la flora propia de la región, más una ración compuesta de 900 g de heno de alfalfa (18% PC), 260 g de maíz roado (8.6% PC), 110 g de pasta de soya (49% PC). El complemento alimenticio se les proporcionó a partir de la introducción de los machos, diariamente a las 0800 h del día (50% antes del pastoreo), y a las 1800 h del día (50% después del pastoreo), por 21 días consecutivos.

### **3.5 Efecto Macho**

Al momento de introducir los machos con las hembras se consideró como el día cero y el macho permaneció con las hembras durante 15 días.

En cada grupo de 25 hembras, se asignaron 2 machos cabríos sexualmente activos. Diariamente el contacto de los machos con las hembras fue de las 1800 h y hasta las 0900 h del día siguiente, sumando un total de 15 horas de interacción.

Asimismo, diariamente los machos eran intercambiados entre los grupos de hembras. Dicha fase del experimento se realizó en corrales construidos al aire libre, donde los animales fueron expuestos a condiciones ambientales naturales.

Las horas que las hembras no estaban en contacto con los machos representan el tiempo en el cual las hembras eran llevadas a pastoreo para consumir flora nativa de la región. Mientras que los machos fueron alojados en corrales con sombra al aire libre.

### **3.6 Variables determinadas**

#### **3.6.1 Determinación de las concentraciones plasmáticas de progesterona**

La determinación de progesterona, se obtuvo solo de 6 hembras de ambos grupos. Para ello, se realizó el muestreo sanguíneo diariamente durante los primeros 14 días del experimento, continuándose hasta los días 16, 18 y 20. Las muestras de sangre se obtuvieron de la vena yugular y se colectaron en tubos de 5 ml, provistos de 30 µl de heparina como anticoagulante. Posteriormente, las muestras fueron centrifugadas a 3500 rpm durante 30 minutos, se decantó el plasma; después las muestras de plasma fueron congeladas a -15°C y llevadas al laboratorio para su determinación hormonal.

Todas las muestras de plasma fueron analizadas en una misma corrida por medio de radioinmunoensayo <sup>125</sup>I en fase sólida y su coeficiente de variación fue 2.14%, la sensibilidad del ensayo fue de 0.02 ng/ml. (Coat-A-Count® Progesterone Siemens Medical Solutions Diagnostics; Simões *et al.*, 2007). Las cabras con

concentraciones de progesterona plasmática  $\geq 1.0$  ng/mL se consideró que presentaron una ovulación (Ponce *et al.*, 2015). Las cabras en las que la progesterona se incrementó y luego disminuyó a niveles basales durante los primeros 7 días, y después se incrementó nuevamente a partir del día 12 después de la introducción del macho, significa que presentaron un ciclo ovarico de corta duración (Chemineau *et al.*, 2006; Bedos *et al.*, 2010).

### **3.6.2 Tasa ovulatoria**

La tasa ovulatoria se determinó el día 18 del experimento, mediante la observación por ultrasonido transrectal (Schrick *et al.*, 1993), el total de cuerpos lúteos registrados de cada hembra, en uno o ambos ovarios se dividió entre el número de hembras que ovularon.

### **3.6.3 Tasa de gestación**

La tasa de gestación se determinó mediante ultrasonografía transrectal al día 50 post introducción de los machos. 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.- RESULTADOS

### 4.1 Perfil diario de progesterona plasmática

En la figura 1, se muestra el perfil individual de la progesterona en 6 cabras del grupo No-complementado. Las cabras fueron expuestas al efecto macho durante el anestro estacional se alimentaron sólo con lo disponible en las áreas de pastoreo.

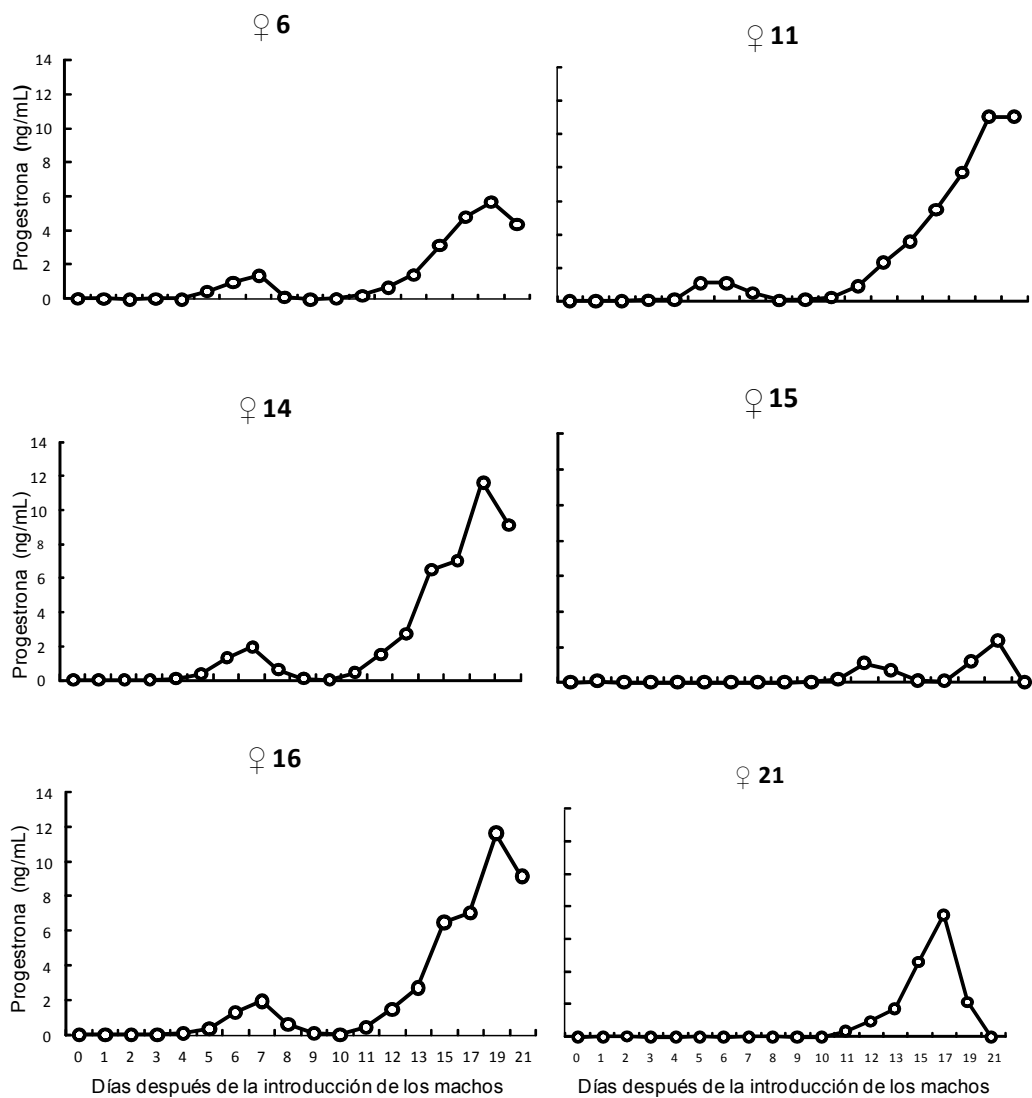


Figura 1. Perfil de progesterona indicativo de la respuesta ovárica de las cabras en el grupo No-complementado.

En la figura 2, se muestra el perfil individual de la progesterona en 6 cabras del grupo Complementado. Las cabras fueron expuestas al efecto macho durante el anestro estacional y se alimentaron de la flora de las áreas de pastoreo más un complemento alimenticio.

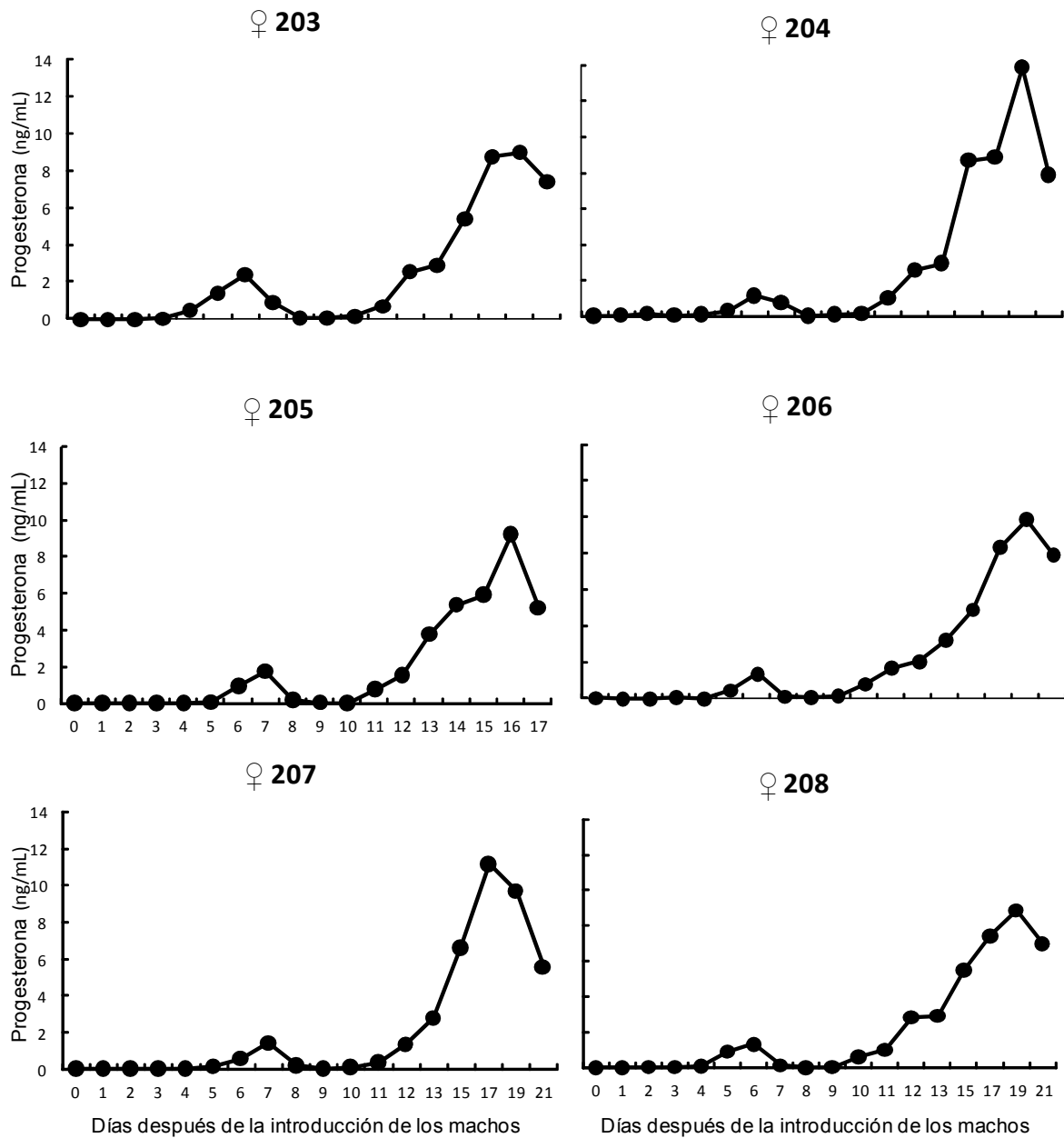


Figura 2. Perfil de progesterona indicativo de la respuesta ovárica de las cabras en el grupo Complementado.

En la figura 1 las cabras 15 y 21 del grupo No-complementado presentaron una ovulación después del día doce posterior de la introducción del macho. Las cabras 6, 11, 14, 16 del grupo No-complementado y las 6 cabras del grupo Complementado (figura 2) mostraron un ciclo ovárico de corta duración, seguido de un ciclo ovárico de duración normal.



#### 4.2 Patrón del perfil promedio diario de concentración de progesterona durante el estudio en ambos grupos

En la figura 3 se muestra el promedio de las concentraciones diarias de progesterona en cabras No-complementadas (Circulos blancos) y de cabras que recibieron un complemento alimenticio (Circulos negros) y expuestas al efecto macho. El MANOVA indicó un efecto del tiempo sobre las concentraciones plasmáticas de progesterona en ambos grupos ( $P < 0.0001$ ), pero no se encontró un efecto del grupo experimental ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, El MANOVA reveló una interacción tiempo x grupo en las concentraciones de dicha hormona ( $P = 0.04$ ).

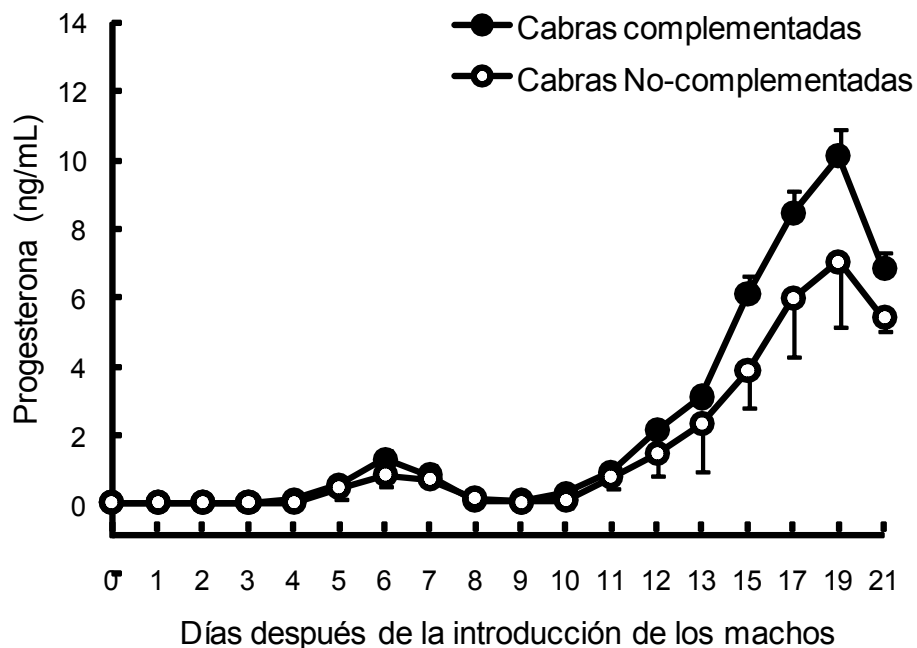


Figura 3. Perfil promedio ( $\pm$  SEM) diario de las concentraciones de progesterona de las cabras expuestas a efecto macho y que recibieron o no un complemento alimenticio ( $P=0.04$ ).

### **4.3 Porcentaje total de cabras que ovularon**

El porcentaje total de cabras que ovularon durante los 15 días que permanecieron los machos con las hembras en el grupo No-complementado fue de 92% (23/25), y no difirió ( $P>0.05$ ) del registrado en grupo complementado (100%; 25/25)

### **4.4 Tasa ovulatoria**

La tasa ovulatoria observada en el grupo no-complementado fue de  $1.4 \pm 0.1$  cuerpos lúteos, y fue significativamente menor que la registrada en el grupo complementado ( $2.1 \pm 0.1$  cuerpos lúteos;  $P<0.05$ ).

#### 4.5 Correlación entre la tasa ovulatoria y las concentraciones de progesterona

Se encontró una correlación positiva y significativa entre la tasa ovulatoria al día 18 post introducción del macho y las concentraciones de progesterona en los días 15 y 17 post introducción de los machos  $r=0.603$ ,  $P=0.04$  y  $r=0.694$ ,  $P=0.01$  (respectivamente). Lo que indica que a mayor tasa ovulatoria de las cabras, se encontró también mayores niveles plasmáticos de progesterona.

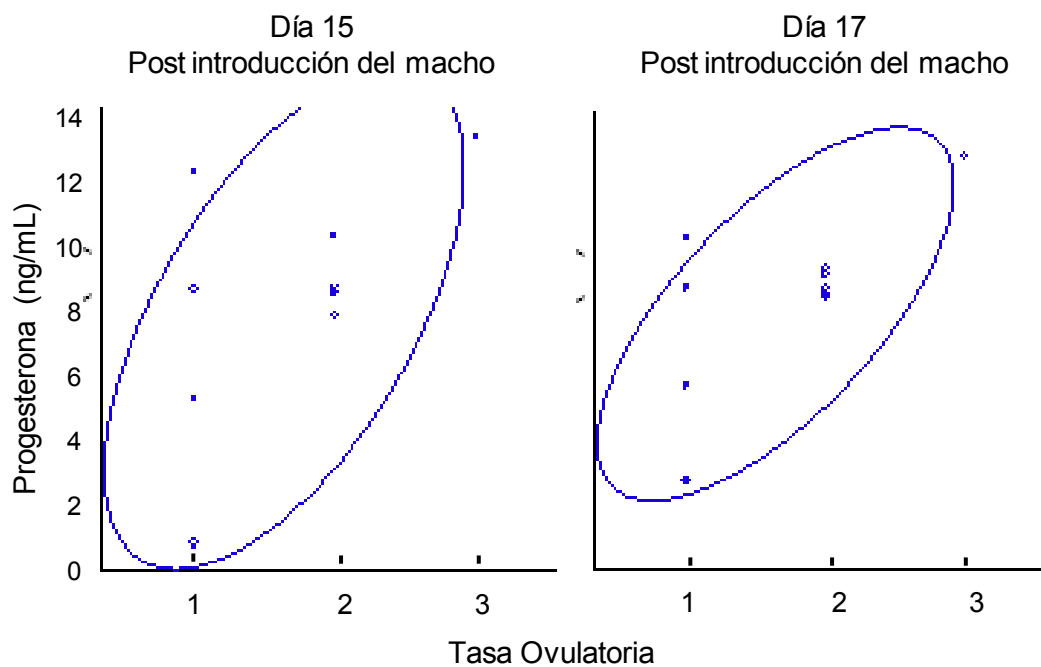


Figura 4. Correlación entre la tasa ovulatoria y el perfil de progesterona al día 15 y 17 post introducción de los machos.

#### **4.6 Tasa de gestación**

La tasa de gestación fue del 100% (25/25) en el grupo de cabras Complementado, mientras que en el grupo de cabras No-complementado fue del 84% (21/25;  $P=0.110$ ).

## 5.- DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que las cabras bioestimuladas con machos sexualmente activos durante el anestro estacional, en un sistema de producción de pastoreo sedentario al ofrecer un complemento alimenticio se incrementa la tasa ovulatoria, y ello está relacionado a mayores niveles circulantes de progesterona en sangre. Sin embargo, el porcentaje de hembras gestantes no se modificó debido a la complementación alimenticia. En el grupo complementado hubo un incremento mayor de los niveles circulantes de progesterona, que en el grupo No-complementado. Después de la introducción del macho un número variable de hembras exhiben estro en la primera ovulación (seguido en la mayoría de los casos de un ciclo corto) y la segunda ovulación inducida por el macho siempre es acompañada de estro (Walkden-Brown *et al.*, 1999). Se observa también que los niveles plasmáticos de progesterona se incrementan como se ha reportado en cabras (Delgadillo *et al.*, 2003). Esto ocurre en otras especies como el buey almizclero (Rowell *et al.*, 2003) y el Reno (Shipka *et al.*, 2002). Además, en el presente trabajo la tasa ovulatoria se asoció a un mayor incremento de progesterona sanguínea. Cahill *et al.* (1981) encontraron una correlación entre tasa ovulatoria y niveles de progesterona plasmática en ovejas. Orita *et al.* (2000) observaron la dinámica folicular después de la ovulación y detectaron cuerpos lúteos de 3 a 6 días y encontraron una correlación positiva entre el promedio del diámetro del cuerpo lúteo y el promedio de la concentración de progesterona. Resultados similares fueron reportados por Simões *et al.* (2007) en relación al tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona  $r=0.63$  ( $n=87$ ;  $P<0.001$ ) en

cabras y Samartzi et al. (1995) encontraron que en ovejas hay correlación positiva entre la concentración de progesterona y el número de cuerpos lúteos ( $r=0.61$ ,  $P<0.001$ ) y el diámetro total del cuerpo lúteo ( $r=0.63$ ,  $P<0.001$ ). Medan et al. (2003), al sincronizar los estros en cabras observaron que el diámetro del cuerpo lúteo fue positivamente correlacionado con las concentraciones de progesterona. Shabankareh et al. (2009), encontraron que en ovejas donde se sincronizó el estro existió una alta incidencia de ovulaciones dobles asociado a un incremento al volumen lúteo y a altas concentraciones de progesterona circulante. Cuando se ofrece un complemento alimenticio a las cabras se incrementa la tasa ovulatoria (Fitz-Rodríguez et al., 2009; Zabuli et al., 2010), este efecto también es observado en ovejas (Scaramuzzi et al., 2013). Jindal et al. (1996) encontraron que cerdas con una alimentación 1.5 mayor a sus necesidades de mantenimiento durante los 15 días posteriores a la inseminación artificial, presentan mayores niveles de progesterona que cerdas alimentadas solo con los requerimientos de mantenimiento. Johnson et al. (2011) encontraron que cuando combinan el efecto macho y la nutrición en ovejas: primero; que existe un efecto de la condición corporal en la proporción de hembras que responden a este estímulo del macho y segundo; que un complemento alimenticio de corta duración está asociado a una alta proporción de hembras que responden al efecto macho. Rassu et al. (2004) encontraron que cuando se ofrece un complemento alimenticio a las ovejas durante un mes después de la concepción se incrementa la tasa de preñez. Fitz-Rodríguez et al. (2009) demostró en cabras que un complemento alimenticio durante 14 días a partir de la segunda ovulación inducida por el macho mejora la tasa de gestación. Nuestro estudio también combina dos técnicas que se utilizan

para mejorar la producción y el rendimiento reproductivo de las cabras durante el anestro estacional: el efecto macho y un complemento nutricional para aumentar la tasa ovulatoria. Esta combinación de estímulos logran en su conjunto una mayor respuesta sexual y reproductiva.

## **6.- CONCLUSIÓN**

Los resultados del presente trabajo permiten concluir que un complemento alimenticio ofrecido a las cabras bioestimuladas con machos sexualmente activos se incrementa la tasa ovulatoria y ello está relacionado positivamente con las concentraciones de progesterona sanguínea. Sin embargo, la tasa de gestación de las cabras expuestas a machos sexualmente activos, no se modificó debido a la complementación alimenticia durante el efecto macho.



## 7.- LITERATURA CITADA

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

Blache, D., Martin, G.B. 2009. Focus feeding to improve reproductive performance in male and female sheep and goats—how it works and strategies for using it. In *Options Méditerranéennes, Series A, Mediterranean seminars.* 85: 351-364.

Cahill, L.P., Saumande, J., Ravault J.P., Blanc, M., Thimonier, J., Mariana, J.C., Mauléon, P. 1981. Hormonal and follicular relationships in ewes of high and low ovulation rates. *J. Reprod. Fert.* 62: 141-150.

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

Chemineau, P. 1993. Reproducción de las cabras originarias de las zonas tropicales. *Revista científica, FCV-LUZ / Vol. III. No.3*

Chemineau, P., Gauthier, D., Poirier, J.C., Saumande, J. 1982. Plasma levels of LH, FSH, prolactin, oestradiol-17 beta and progesterone during natural and induced oestrus in the dairy goat. *Theriogenology.* 17: 313–323.

Chemineau, P., Levy, F., Thimonier, J. 1986a. Effects of anosmia on LH secretion, ovulation and oestrus behaviour induced by male in the anovulatory Creole goat. *Anim. Reprod. Sci.* 10: 125-132.

Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., Guérin, Y., Ravault, J.P., Thimonier, J., Pelletier, J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 30: 157-184.

Chemineau, P., Morello, H., Delgadillo, J.A., Malpoux, B. 2003. Estacionalidad reproductiva en pequeños rumiantes: Mecanismos fisiológicos y técnicas para la inducción de una actividad sexual a contra-estación. 3er Congreso ALEPRICS, Villa del Mar, Chile. Pp. 1-16

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.

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., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2009. Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. *Anim. Reprod. Sci.* 114: 175-182.

De Santiago-Miramontes, M.A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpoux, B., Scaramuzzi, R.J., Delgadillo, J.A. 2008. The ovulation rate in anoestrus 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., 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., 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 México. *Theriogenology.* 52: 727-737.

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 S.J.A., Flores C.J.A., Véliz D.F.G., Duarte M.G., Vielma S.J., Poindron M.P., Malpoux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. Méx.* 34:001.

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

Delgadillo, J.A., Malpaux, B. 1996. Reproduction of goats in the tropics and subtropics. VI international conference on goats. Volume 2. International academic publishers Beijing, China. Pp. 785-793

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.

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

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

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

García C., S. 2015. Un complemento alimenticio incrementa el nivel de glucosa en sangre y la tasa ovulatoria en cabras expuestas al efecto macho. Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 36 p.

Haruna, S., Kuroiwa, T., Lu, W., Zabuli, J., Tanaka, T., Kamomae, H. 2009. The effects of short-term nutritional stimulus before and after the luteolysis on metabolic status, reproductive hormones and ovarian activity in goats. *J. Reprod. Dev.* 55: 39-44.

Hoyos, F.G., Salinas G.H., y Sáenz E.P. 1987. Caracterización de los sistemas caprinos en la Comarca Lagunera. Reporte del Proyecto de Sistemas de Producción Caprino en la Comarca Lagunera. INIFAP – CIID, 1986 - 87. SARH, Matamoros Coah., México. 5-9.

Jindal, R., Cosgrove, J.R., Aherne, F.X., Foxcroft, G.R. 1996. Effect of nutrition on embryonal mortality in gilts: association with progesterone. *J. Anim. Sci.* 74: 620-624.

Johnson, L., Fabre Nys, C., Chanvallon, A., François, D., Fassier, T., Menassol, J.B., Brown, H.M., Lardic, L., Sacaramuruzzi, R.J. 2011. The effect of short-term nutritional supplementation and body condition on the pituitary and ovarian responses of anoestrus ewes to the “ram effect”. *J. Veterinar. Sci. Technolo.* S2:001.

Karsch, F.J., Bittman, E.L., Foster, D.L., Goodman, R.L., Legan, S.J., and Robinson, J.E. 1984. Neuroendocrine Basis of Seasonal Reproduction. *Recent. Prog. Horm. Res.* 40: 185-232.

Malpaux, B., Viguié, C., Skinner, D.C., Thiéry, J.C., Pelletier, J., Chemineau, P. 1996. Seasonal breeding in sheep: Mechanism of action of melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 42: 109-117.

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

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

Medan, M.S., Watanabe, G., Sasaki, K., Sharawy, S., Groome, N.P., Taya, K. 2003. Ovarian dynamics and their associations with peripheral concentrations of gonadotropins, ovarian steroids, and inhibin during the estrous cycle in goats. *Biol. Reprod.* 69: 57–63.

Mellado, M., Cantú, L., Suárez, J.E. 1996. Effects of body condition, length of breeding period, buck: doe ratio, and month of breeding on kidding rates in goats under extensive conditions in arid zones of Mexico. *Small. Rumin. Res.* 23: 29-35.

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., Landau, S., Branca, A., Sitzia, M., Fois, N., Ligios, S., Casu, S. 1997. Flushing with soybean meal can improve reproductive performance in lactating sarda ewes on a mature pasture. *Small. Rumin. Res.* 24: 157-165.

Muñoz-Gutiérrez, M., Blache, D., Martin, G.B., Scaramuzzi, R.J. 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., Seamark, R.F. 1997. Effect of previous undernutrition on the ovulation rate of merino ewes supplemented with lupin grain. *Anim. Reprod. Sci.* 49: 29-36.

Orita, J., Tanaka, T., Kamonae, H., Kaneda, Y. 2000. Ultrasonographic observation of follicular and luteal dynamics during the estrous cycle in Shiba goats. *J. Reprod. Develop.* 46: 31-37.

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 animals. *Oxford. Rev. Reprod. B.* 7: 305-345.

Pellicer-Rubio, M.T., Leboeuf, B., Bernelas, D., Forgerit, Y., Pougard, J.L., Bonné, J. L., Senty, E., Chemineau, P. 2007. Highly synchronous and fertile reproductive activity induced by the male effect during deep anoestrus in lactating goats subjected to treatment with artificially long days followed by a natural photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.* 98: 241-258.

Poindron, P., Cognié, Y., Gayerie, F., Orgeur, P., Oldham, C.M., Ravault, J.P. 1980. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol. Behav.* 25: 227-237.

Ponce, J.L., Hernández, H., Flores, J.A., Keller, M., Chemineau, P., & Delgadillo, J.A. 2015. One day of contact with photostimulated bucks is sufficient to induce ovulation in seasonally anestrous goats. *Theriogenology*. 84: 880-886.

Rassu, S., Enne, G., Ligios, S., Molle, G., 2004. Nutrition and reproduction. In: Pulina, G. (Ed.), *Dairy Sheep Nutrition*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 109–128.

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

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



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

Rowell, J.E., Sousa, M.C., Shipka, M.P. 2003. The male effect, mounting behavior, and the onset of estrus in farmed muskoxen. *J. Anim. Sci.* 81: 2669-2674.

Samartzi, F., Belibasaki, S., Vainas, E., Boscós, C. 1995. Plasma progesterone concentration in relation to ovulation rate and embryo yield in Chios ewes superovulated with PMSG. *Anim. Reprod. Sci.* 39: 11-21.

Sáenz-Escárcega, P., Hoyos, L.G., Salinas, H., Martínez, Espinoza, J. De J., Guerrero, A. 1991. Establecimientos de módulos caprinos con productores cooperantes. En *evaluación de módulos caprinos en la Región Lagunera*. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Matamoros, Coahuila, Mexico). Pp. 24-34.

Scaramuzzi, R.J., Oujagir, L., Menassol, J-B., Freret, S., Piezel, A., Brown, H.M., Cognié, J., Fabre Nys, C. 2013. The pattern of LH secretion and the ovarian response to the 'ram effect' in the anoestrous ewe is influenced by body condition but not by short-term nutritional supplementation. *Reprod. Fertil. Dev.* 26: 1154–1165.

Scaramuzzi, R.J., Brown, H.M., Dupont, J. 2010. Nutritional and metabolic mechanism in the ovary and their role in mediating the effects of diet on folliculogenesis: a perspective. *Reprod. Dom. Anim.* 45: 32-41.

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 mechanism 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 factor in the development of hormone-free methods for controlling fertility. *Reprod. Dom. Anim.* 43: 129-136.

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

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

Shabankareh, H.K., Habibizad, J., Torki, M. 2009. Corpus luteum function following single and double ovulation during estrous cycle in Sanjabi ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 114: 362-369.

Shipka, M.P., Rowell, J.E., Ford, S. P. 2002. Reindeer bull introduction affects the onset of the breeding season. *Anim. Reprod. Sci.* 72: 27-35.

Simões, J., Almeida, J.C., Baril, G., Azevedo, J., Fontes, P., Mascarenhas, R. 2007. Assessment of luteal function by ultrasonographic appearance and measurement of corpora lutea in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 97: 36-46.

Simões, J., Potes, J., Azevedo, J., Almeida, J.C., Fontes, P., Baril, G., Mascarenhas, R. 2005. Morphometry of ovarian structures by transrectal ultrasonography in Serrana goats. *Anim. Reprod. Sci.* 85: 263-273.

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 and the concentrations of hormones and glucose in plasma and follicular fluid. *Theriogenology*. 68: 1037-1046.

Ungerfeld, R., Forsberg, M., Rubianes, E. 2004. Overview of the response of anoestrus 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 anestrus 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*: 243-257.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati. 1993a. The male effect in the Australia cashmere goat. 1. Ovarian and behavioral response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 41-53.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati. 1993b. The male effect in the Australia cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrus 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 volume and odour in Australian cashmere goats. *J. Reprod. Fert.* 102: 351-360.

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

Zabuli, J., Tanaka, T., Lu, W., Kamomae, H. 2010. Intermittent nutritional stimulus by short-term treatment of high-energy diet promotes ovarian performance together with increases in blood levels of glucose and insulin in cycling goats. *Anim. Reprod. Sci.* 122: 288-293.