

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Fertilidad en cabras en pastoreo, sometidas al efecto macho e inseminadas con semen fresco.

Por:

**GLORIA LETICIA MELCHOR SAAVEDRA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Marzo 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Fertilidad en cabras en pastoreo, sometidas al efecto macho e inseminadas con semen fresco.

Por:

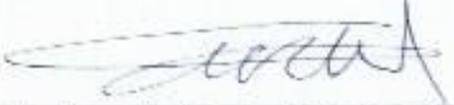
**GLORIA LETICIA MELCHOR SAAVEDRA**

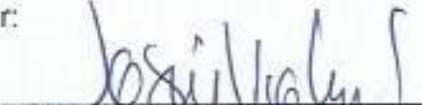
TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

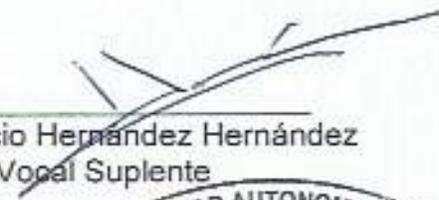
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

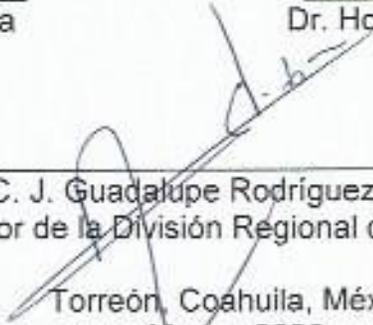
Aprobada por:

  
Dr. Gerardo Duarte Moreno  
Presidente

  
Dr. Jesús Vielma Sifuentes  
Vocal

  
Dr. José Alfredo Flores Cabrera  
Vocal

  
Dr. Horacio Hernández Hernández  
Vocal Suplente

  
MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México  
Marzo 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Fertilidad en cabras en pastoreo, sometidas al efecto macho e inseminadas con semen fresco.

Por:

**GLORIA LETICIA MELCHOR SAAVEDRA**

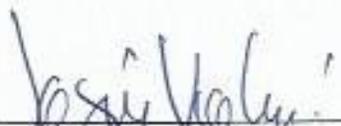
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

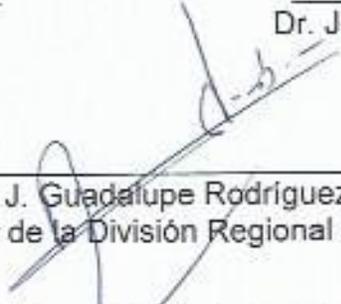
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Gerardo Duarte Moreno  
Asesor Principal

  
Dr. Jesús Vielma Sifuentes  
Co-asesor

  
Dr. José Alfredo Flores Cabrera  
Co-asesor

  
MC. J. Guadalupe Rodríguez Martínez  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México  
Marzo 2020



## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres José Manuel Melchor Villa e Irene Saavedra Hernández** por su apoyo incondicional para poder lograr mis sueños y aportar a mi vida profesional.

**A mis hermanos** por ser parte importante de mi vida y brindarme su apoyo durante toda mi vida y sobre todo en los momentos más difíciles de mi vida profesional

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UAAAN** por proveerme el conocimiento necesario para ejercer mi profesión que tanto me llena de orgullo y las herramientas para ser una profesionista.

**Al Centro de Investigación y Reproducción Caprina (CIRCA)** por el apoyo y el conocimiento aportado a mi estudio.

## DEDICATORIA

**A mi hija Frida Samantha Ramírez Melchor** por enseñarme el amor y la alegría por la vida, por ser esa personita que me motiva cada día a ser mejor persona te amo mi muñeca.

**A mis padres José Manuel Melchor Villa e Irene Saavedra Hernández** a quienes amo, quiero y respeto, pues me han demostrado que en esta vida todo lo que sueñas lo logras con esfuerzo y dedicación. Por apoyarme toda mi vida.

**A mis hermanos Francisco Apolinar Melchor Saavedra, Priscila Guadalupe Melchor Saavedra y en especial Alma Janet Melchor Saavedra** por acompañarme a lo largo de mi vida, aconsejándome en los momentos más difíciles de mi vida demostrándome que son los mejores hermanos.

**A mi asesor el Dr. Gerardo Duarte Moreno** por apoyarme, orientarme y guiarme durante la realización de este estudio, gracias por su conocimiento y su confianza.

**A todos los doctores del Centro de Investigación y Reproducción Caprina (CIRCA)** por el apoyo y el conocimiento aportado a mi estudio.

## RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue determinar si el sistema de producción de pastoreo sedentario afecta negativamente la fertilidad de las cabras que son expuesta al efecto macho e inseminadas con semen fresco. Se utilizaron 18 machos cabríos 6 vasectomizados para ponerlos en contacto con las cabras y 12 enteros aislados para la obtención del semen. Todos los machos estuvieron sexualmente activos mediante tratamiento fotoperiódico de 16h luz de noviembre a enero. A 84 cabras anéstricas integradas en un grupo pastoreo GP n=42 y otro estabulado GE n=42 se les administró 20 mg de progesterona 48 horas antes de la introducción de los machos. En abril, los machos vasectomizados fueron puestos en contacto con las cabras. En el GE los machos permanecieron en contacto constante y el GP solo durante la tarde-noche. La actividad estral se determinó dos veces al día, cabra que era registrada en estro fue inseminada 12 horas después. Se determinó el porcentaje de cabras en estro, la tasa ovulatoria y el porcentaje de cabra gestantes. El 90.5 % (P=1) de ambos grupos entraron en estro dentro de los 11 días de bioestimulación por los machos foto estimulados. La tasa ovulatoria en el GE fue mayor ( $1.7\pm 0.1$ ) que en el GP ( $1.4\pm 0.1$ ;  $P=0.05$ ). El porcentaje de cabras gestantes del GE fue del 82% y en el GP fue del 50% ( $P=0.004$ ). El sistema de producción en pastoreo sedentario influye en la fertilidad de las cabras manejadas en este sistema donde la tasa de gestaciones es menor que en estabuladas

### Palabras claves:

Cabras, IA, Pastoreo sedentario

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	I
DEDICATORIA .....	II
RESUMEN.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Producción caprina en México.....	3
2.2 Sistemas de producción de caprinos.....	4
2.2.1 Sistemas extensivos .....	4
2.2.2 Sistema intensivos .....	4
2.2.3 Sistema semi intensivo .....	4
2.2.4 Semi extensivo .....	4
2.3 Estacionalidad reproductiva de los caprinos .....	5
2.4 Fotoperiodo regulador de la estacionalidad reproductiva .....	6
2.5 Actividad sexual de los machos Cabríos .....	7
2.6 Ciclo estral de las cabras .....	8
2.7 Métodos de inducción y sincronización del estro y la ovulación de las hembras caprinas	9
2.7.1 Tratamientos hormonales .....	9
2.7.2 Bioestimulación sexual .....	10
2.8 Recolección, manejo y preservación del semen para IA .....	11
2.8.1 Control de la cantidad y calidad del semen .....	12
2.9 Inseminación artificial.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
4. OBJETIVO.....	15
5. HIPÓTESIS.....	15

6. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
6.1 Ubicación del área de estudio .....	16
6.2 Animales experimentales .....	16
6.2.1 Machos.....	16
6.2.2 Hembras experimentales .....	17
6.3 Efecto macho.....	18
6. 4 Colecta de semen y preparación de pajillas.....	18
6.5 Evaluación del semen .....	18
6.5.1 Volumen de eyaculado .....	18
6.5.2 Concentración espermática .....	19
6.5.3 Motilidad espermática.....	19
6.5.4 Espermatozoides vivos y muertos.....	19
6.6 Inseminación artificial .....	19
6.7. Variables evaluadas en las hembras caprinas .....	19
6.7.1 Detección de estro .....	19
6.7.2 Tasa ovulatoria .....	20
6.7.3 Porcentaje de cabras gestantes después de la inseminación artificial con semen fresco .....	20
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	21
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
8.1 Resultados .....	22
8.1.1 Porcentaje de cabras en estro. ....	22
8.1.2 Tasa ovulatoria .....	23
8.1.3 Porcentaje de cabras gestantes después de la inseminación artificial con semen fresco. .....	24
8.2 DISCUSIÓN .....	25

9.- CONCLUSIÓN .....	27
10. LITERATURA CITADA.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo estral de la cabra.	8
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de cabras que manifestaron estro en dos sistemas, en pastoreo sedentario y estabulado durante 11 días de exposición a los machos cabríos foto-estimulados.	22
<b>Figura 3.</b> Tasa ovulatoria de las cabras en pastoreo sedentario y estabulado expuestas al efecto macho.	23
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de cabras gestantes en pastoreo sedentario y estabulado.	24

## 1.- INTRODUCCIÓN

En México la caprinocultura es de gran importancia, siendo los estados de: Coahuila, Zacatecas, Puebla, Oaxaca y Guerrero los mayores productores de carne caprina aportando el 50% de la producción nacional. La producción caprina se ha convertido en una buena alternativa de producción animal por la capacidad de las cabras para convertir la materia seca en leche más eficientemente que otros rumiantes (Amoah, *et al.*, 1996). Los caprinos locales del norte de México, explotados de manera extensiva se caracterizan por poseer una reproducción estacional (Delgadillo *et al.*, 2003). La especie caprina presenta estacionalidad reproductiva como forma de supervivencia y adaptación al medio ambiente, caracterizándose por la presentación de la actividad sexual en un periodo definido (otoño), para que las crías puedan nacer en estaciones en que las probabilidades de sobrevivencia sean mayores primavera (Malpoux, 2001). Particularmente en la Comarca Lagunera (26°N), la producción caprina presenta una marcada estacionalidad, determinada principalmente por la actividad reproductiva estacional que manifiestan los caprinos. En efecto, en las cabras locales de la Comarca Lagunera sin la presencia constante del macho, la actividad reproductiva inicia en septiembre y termina en febrero (Duarte *et al.*, 2010).

Este fenómeno biológico de la estacionalidad reproductiva representa a nivel mundial una limitante en la disponibilidad de los productos caprinos como son leche y el cabrito, ya que lleva a una concentración de estos productos al final del invierno y durante la primavera lo que provoca importantes variaciones anuales en sus precios (Chemineau *et al.*, 2007).

Para favorecer la producción caprina en la temporada natural de inactividad sexual, se han desarrollado diferentes técnicas reproductivas, tales como el uso de hormonas exógenas y de bioestimulación sexual. Una técnica de bioestimulación sexual que ofrece ventajas es la llamada “efecto macho”. Los machos cabríos inducidos artificialmente a una intensa actividad sexual durante el período natural del reposo son capaces de modificar el anestro estacional de las cabras con las que tengan contacto, induciéndolas al estro y a la ovulación fuera del periodo natural de reproducción.

Después de que las cabras inducidas por esta bioestimulación entran en actividad ovárica se pueden utilizar diferentes técnicas para conseguir preñez como: la monta natural,

inseminación artificial, por mencionar algunas. En la inseminación artificial (IA), el éxito de la fertilidad de las cabras depende del momento de la inseminación y la técnica en relación con la ovulación, por lo tanto, se requiere de una detección precisa del estro (Baril *et al.*, 1996).

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Producción caprina en México

En México existen 494,000 unidades de producción caprina, 8, 724,946 cabezas de ganado en pie, las cuales producen alrededor de 39,531 toneladas de carne en canal y 160,217 toneladas de producción de láctea (SIAP, 2016). Aproximadamente 1.5 millones de mexicanos tienen como actividad productiva primaria o complementaria a la caprinocultura (Aréchiga *et al.*, 2008). El 64% de las cabras se concentra en los sistemas de producción característicos de las zonas áridas y semiáridas y el 36% restante en la región templada del país (Cantú *et al.*, 1989) Además .más del 70% es producido en los sistemas extensivos de producción de las zonas áridas y semiáridas y aproximadamente el 25% es producida en los sistemas intensivos de producción de leche de cabra. Dentro de los estados más productores de leche, sobresalen Coahuila con el 37.2 % del total nacional, Durango (CNOG, 2003).Teniendo así la Región Lagunera un inventario de 413,217 cabezas de ganado. Encontrándose la mayor parte de la población caprina en las zonas áridas. Este sistema, presenta la ventaja de abaratar costos en alimentación e instalaciones, pero generalmente sus rendimientos productivos son menores (Aréchiga *et al.*, 2008).

En la Comarca Lagunera, la alimentación de las cabras en pastoreo consiste en arbustos (*Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplex acantocarpa*, *Agave scabra*, *Mimosa biuncifera*), plantas herbáceas (*Heliantus ciliaris*, *Salsola kali*, *Solanum elaeagnifolium*) y pastos (*Sorghum halepense*, *Chloris virgata*, *Setaria verticillata*, *Eragrostis pectinacea*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua barbata* y *Aristida purpurea* (Duarte *et al.*, 2008).

En el subtrópico mexicano, y en particular en la Comarca Lagunera (26° N), existe una estacionalidad en la ocurrencia partos de las cabras locales mantenidas en condiciones extensivas. Un alto porcentaje de partos se presenta entre noviembre y febrero, lo que indica que el inicio de la actividad sexual ocurre en junio. En los machos de esta misma región, mantenidos también en condiciones extensivas, el peso testicular, reflejo de la actividad de espermatogénesis, presenta variaciones estacionales, y por ello el período de reposo sexual de ellos, ocurre durante el invierno y la primavera (Delgadillo *et al.*, 2004).

En ambos sexos, ésta estacionalidad es provocada por las variaciones de la duración del día. Los días cortos estimulan la actividad sexual y los días largos la inhiben (Delgadillo *et al.*, 2004).

## **2.2 Sistemas de producción de caprinos**

La caprinocultura mexicana se ha diversificado con diferentes matices de acuerdo a varios factores como son las condiciones ecológicas, la calidad genética del ganado, los objetivos de producción, las necesidades nutricionales de los animales, etc. De este modo, en nuestro país se pueden identificar los siguientes sistemas de producción.

### **2.2.1 Sistemas extensivos**

Este sistema de producción requiere de grandes extensiones de terreno ya que las cabras se alimentan pastoreando a voluntad en forma semi nómada o sedentaria. Presenta la ventaja de abaratar costos en alimentación e instalaciones, pero generalmente sus rendimientos productivos son menores.

### **2.2.2 Sistema intensivos**

Este sistema requiere de instalaciones para una producción estabulada, y de la provisión de concentrados alimenticios de gran valor proteico y energético. Presenta la desventaja de requerir mayores costos pero facilita el manejo de los animales y se obtienen mejores índices productivos en producción de carne y leche.

### **2.2.3 Sistema semi intensivo**

Este sistema representa una combinación de los dos anteriores. Los animales pastorean durante el día y en la tarde-noche los animales se estabulan y se les proporciona un suplemento alimenticio en pesebre. Requiere la inversión en instalaciones y alimentos concentrados. Generalmente, presenta mejores rendimientos productivos que en el sistema extensivo (Aréchiga *et al.*, 2008).

### **2.2.4 Semi extensivo**

Son explotaciones familiares las cuales salen a pastorear, ocasionalmente complementando su alimentación con forrajes y concentrados en los momentos en que sus necesidades alimenticias son mayores: preparto, parto y lactación. El tipo de ganado que se observa varía grandemente en cuanto a sus características de tipo, conformación y producción,

ya que se pueden encontrar desde cabras criollas hasta algunos grupos genéticos como el Murciano Granadino o el Anglo-Nubio. Comúnmente se encuentran rebaños desde 40 hasta 300 caprinos. (Ducoing, 2005).

### **2.3 Estacionalidad reproductiva de los caprinos**

La estacionalidad de la reproducción, como parte del proceso de selección natural, es un mecanismo de adaptación desarrollado por algunos mamíferos silvestres como estrategia para minimizar el impacto negativo del ambiente temperatura, humedad y disponibilidad del alimento (Arroyo, 2011).

Las cabras locales en el norte de México muestran grandes variaciones estacionales en su actividad sexual y endocrina, las cuales son modificadas por la disponibilidad de alimentos. Aunque la disponibilidad de alimentos varía según la temporada, no parece ser el factor principal que influye en la actividad sexual en latitudes subtropicales, como generalmente se piensa (Duarte *et al.*, 2008).

Las cabras presentan una fase de anestro estacional (durante los días largos), con ausencia de ciclos estrales regulares de receptividad sexual y de ovulación. En el macho, cesa la espermatogénesis y la libido durante el anestro estacional (Arroyo, 2011). Por el contrario, Delgadillo *et al.*, 1991 reportó que existe una disminución en el tamaño de los testículos y la calidad espermática. La otra etapa fisiológica, conocida como época reproductiva (días cortos), se caracteriza por la ocurrencia de ciclicidad estral, conducta de estro y ovulación en la hembra. En el macho, se produce un aumento de la actividad sexual, y aumento de la producción espermática así como de su libido (Delgadillo *et al.*, 2004).

Flores *et al.*, 2000, mencionan que la asociación de días largos seguidos de melatonina o días cortos naturales estimula el crecimiento de los testículos, la secreción de testosterona, la producción de espermatozoides y una intensa actividad sexual de los machos locales mexicanos durante la temporada de descanso. En condiciones artificiales, cuando los carneros son sometidos a cambios rápidos de la duración del día, los días largos inhiben la actividad sexual, mientras que los días cortos la estimulan (Martin *et al.*, 1999).

En las cabras de la Comarca Lagunera, el periodo de anestro en las hembras y de reposo sexual en los machos coincide con el periodo de sequía de la región y, en consecuencia, con

una dramática disminución de la cantidad y la calidad del forraje disponible para los animales, por lo que se sugirió que la ausencia de actividad sexual era provocada por la subalimentación. Sin embargo, la estacionalidad reproductiva también se ha observado en los animales mantenidos en estabulación y alimentados adecuadamente según sus necesidades fisiológicas. En las cabras mantenidas en estabulación y con una buena condición corporal, las actividades estral y ovárica inician en septiembre y terminan en febrero (Duarte *et al.*, 2008).

La menor duración en la secreción de melatonina durante los días largos, permite la síntesis de dopamina e induce el anestro estacional. Durante los días cortos, la mayor duración en la síntesis y secreción de melatonina inhibe la producción de dopamina, con el subsecuente restablecimiento de la actividad estral y la ovulación (Malpaux *et al.*, 1996).

Esto nos sugiere que la estacionalidad reproductiva de los caprinos principalmente del norte de México no depende primordialmente de la disponibilidad de su alimento si no de diversos factores. En un estudio realizado por Duarte, *et al.* 2008 demuestra que los niveles de hormona luteinizante (LH), hormona responsable de la ovulación descienden un mes antes en las hembras explotadas extensivamente (febrero) que en las mantenidas en estabulación (marzo). Esto sugiere que la alimentación, aun cuando no es el factor regulador principal, sí puede ser un factor modulador de la actividad sexual de las hembras caprinas locales del norte de México.

En ambos sexos, ésta estacionalidad es provocada por las variaciones de la duración del día. Los días cortos estimulan la actividad sexual y los días largos la inhiben (Delgadillo *et al.*, 2004).

#### **2.4 Fotoperiodo regulador de la estacionalidad reproductiva**

De todos los factores ambientales, el fotoperiodo es el más repetible y con variabilidad nula entre años (Arroyo, 2011).

La actividad reproductiva en los caprinos domésticos se regula por distintos factores como son la raza, la nutrición y el fotoperiodo (Chemineau, 1983). Las características reproductivas de machos y hembras caprinas han permitido demostrar la intervención del medio ambiente, como una herramienta para desarrollar técnicas relevantes para manipular la actividad sexual de los animales.

El fotoperiodo es el mayor indicador que acciona y sincroniza la estación reproductiva en los caprinos subtropicales de México (Delgadillo, *et al.*, 2004)

Las características reproductivas de machos y hembras caprinas han permitido demostrar el rol del medio ambiente, como una herramienta para desarrollar técnicas relevantes para manipular la actividad sexual de los animales.

En los caprinos originarios de latitudes templadas y subtropicales, el fotoperiodo es el principal factor medio ambiental que determina la estacionalidad de la actividad sexual (Malpoux *et al.*, 1996; Martin *et al.*, 1999). La percepción de la cantidad de horas luz, es decir, la información fotoperiódica de los días cortos es captada por la retina y el impulso pasa a través del tracto retinohipotalámico, hasta el hipotálamo en los núcleos supraquiasmáticos (NSQ) donde los ganglios cervicales superiores (GCS) atraviesan los núcleos paraventriculares (NPV) hasta llegar a la glándula pineal, donde los pinealocitos captan el triptófano para convertirlo en melatonina y llegue a los lugares donde tendrá su función (Karsch *et al.*, 1988; Chemineau *et al.*, 1992b; Thiery *et al.*, 2006). La melatonina se une a receptores que se encuentran en el eje hipotálamo-pituitario-gonadal, para luego modular la pulsatilidad de GnRH que a través del sistema porta hipofisiario llega a la adenohipófisis estimulando la síntesis de las hormonas folículo estimulantes (FSH) y hormona luteinizante LH, para luego viajar hacia las gónadas.

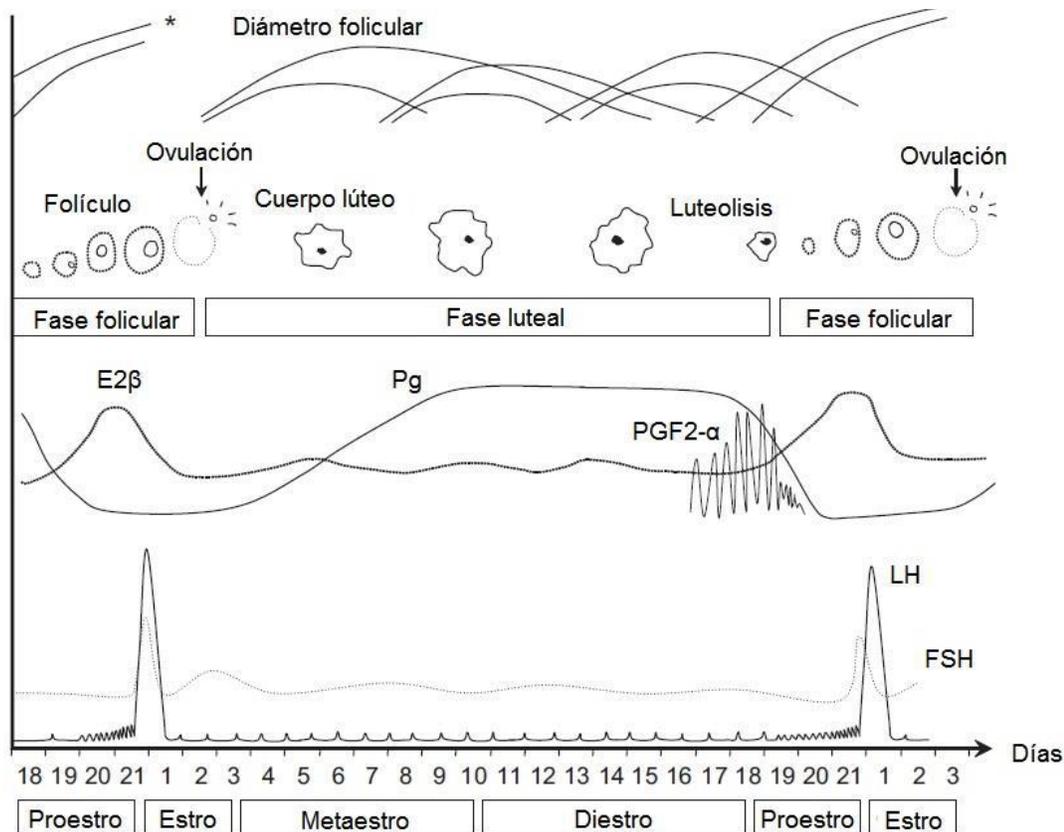
En los machos locales de la Comarca Lagunera, la utilización de 2.5 meses de días largos (16 h de luz/día) a partir del 1 de noviembre, seguidos de la aplicación subcutánea de dos implantes de melatonina (18 mg c/u), permite inducir una intensa actividad sexual durante el periodo natural de reposo. Es importante mencionar que la sola aplicación de 2.5 meses de días largos estimula la secreción de testosterona y la libido (Delgadillo *et al.*, 2000).

## **2.5 Actividad sexual de los machos Cabríos**

Los machos de manera natural tienen un periodo de reposo sexual de enero a abril, el cual se caracteriza por bajo peso testicular y una reducción de la producción espermática (Delgadillo *et al.*, 2001) bajo comportamiento sexual y bajas respuestas hormonales a la testosterona o nulos en la mayoría de los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 1999). De igual manera, los niveles plasmáticos de testosterona se incrementan durante los días cortos y disminuyen durante los días largos (Delgadillo *et al.*, 2000)

De manera fisiológica en los machos la FSH actúa en las células de Sertoli, secretando proteínas de unión a testosterona (Androgen Binding Protein, ABP), además de la producción de activina e inhibina que regulan la liberación de FSH, mientras que la LH tiene acción en las células de Leydig para estimular la síntesis y secreción de testosterona (Bustos *et al.*, 2012). La testosterona es la hormona responsable de la espermatogénesis y el comportamiento sexual; durante la época de reposo cuando disminuye la testosterona, también disminuye el olor y el comportamiento sexual (Walkden-Brown *et al.*, 1993; Delgadillo *et al.*, 1999).

## 2.6 Ciclo estral de las cabras



**Figura 1.** Ciclo estral de la cabra tomada de (Fatet, 2011)

El ciclo estral de la hembra caprina se divide en 2 fases: la folicular y la lútea, presentan en época de actividad sexual, estro y ovulación en promedio, cada 21 o 22 días y en la época de anestro se caracteriza por la ausencia total de actividad sexual. Sin embargo, en la época

reproductiva existen ciclos cortos (<17 días) y ciclos largos (>25 días). En la mayoría de las hembras caprinas se presenta la temporada de reproducción en otoño-invierno y el anestro en primavera-verano (Malpaux *et al.*, 1996)

El eje hipotálamo-pituitario-ovárico controla la actividad reproductiva, principalmente, a través de las interacciones entre FSH, LH, E<sub>2</sub> y la progesterona (P<sub>4</sub>). Durante la fase folicular que comprende desde el crecimiento de los folículos hasta la ovulación, las gonadotropinas estimulan el desarrollo de los folículos, promoviendo la proliferación de las células de la granulosa por parte de la FSH; su pico está asociado al surgimiento de la onda folicular, después de la cual decrece la concentración plasmática de FSH, originando la dominancia folicular, que permite al folículo dominante expresar receptores para la LH, producir inhibina y E<sub>2</sub>. El alto nivel circulante de E<sub>2</sub> induce la liberación de la Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH) desde el hipotálamo, resultando en un pico pre-ovulatorio, por retroalimentación positiva o Feed Back positivo de LH, de amplitud y frecuencia suficiente para estimular la maduración final del folículo y la posterior ovulación (Franco y Uribe-Velásquez, 2012), entonces la fase lútea comprende desde la formación del cuerpo lúteo hasta su destrucción o luteólisis (Driancourt, 2001). En ausencia de gestación, el útero libera prostaglandina F<sub>2</sub>α para producir la lisis del CL e iniciar un nuevo ciclo. Durante la estación sexual, las hembras no gestantes presentan varios ciclos estrales y ovulatorios (Chemineau *et al.*, 1992).

## **2.7 Métodos de inducción y sincronización del estro y la ovulación de las hembras caprinas**

### **2.7.1 Tratamientos hormonales**

En las cabras que presentan una estacionalidad reproductiva, la actividad sexual puede ser inducida durante los periodos de anestro utilizando hormonas exógenas como progestágenos, eCG, melatonina, entre otros (Chemineau *et al.*, 1992).

La progesterona y sus análogos son las principales hormonas comúnmente utilizadas para la inhibición y sincronización del estro, en cabras han utilizado el Acetato de Medroxiprogesterona (MAP), Acetato de Fluorogestona (FGA) y el CIDR (Controlled Internal Drug Release) que contiene progesterona. En un inicio, la duración de los tratamientos con progestágenos era de 21 días, para imitar la duración promedio de un ciclo estral normal (Corteel, 1975). Sin embargo, los tratamientos con progestágenos por periodos prolongados

han sido asociados con baja fertilidad. Esto se debe a cambios fisiológicos en el útero que alteran el transporte espermático (Pearce y Robinson, 1985). Actualmente existen tratamientos cortos con duración de 6 a 12 días, los cuales han demostrado ser más efectivos que el tratamiento largo, ya que no afectan la fertilidad.

La aplicación de P<sub>4</sub> en cabras 48 horas antes o al momento de la introducción de machos foto-estimulados, redujo el número de ciclos cortos (17.6 y 33.3% respectivamente), logrando una mejor sincronización y elevada fertilidad (76%) al ser inseminadas durante la primera ovulación después de la introducción del macho (Cortinas, 2015).

### **1.7.2 Bioestimulación sexual**

El concepto de bioestimulación sexual se refiere a la estimulación reproductiva otorgada por un animal a otro de la misma especie (Álvarez *et al.*, 2003). La bioestimulación juega un papel importante en el proceso reproductivo del comportamiento de los mamíferos. Las feromona en la orina, heces y glándulas cutáneas pueden ser percibidas a través del sistema olfatorio para obtener respuesta de comportamiento endocrino en otro individuo (Rekwot *et al.*, 2001).

Las relaciones sociales es una estrategias para garantizar un control sostenible de la reproducción (Delgadillo, 2010). La introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro, de las que estuvo separado por lo menos durante tres semanas, puede inducir la actividad reproductiva unos días después de ponerlos en contacto. Este fenómeno llamado efecto macho (Walkden-Brown *et al.*, 1999).

La comunicación social entre machos y hembras puede modificar su estado reproductivo (Arroyo, 2011). La exposición repentina de hembras anéstricas (anestro estacional) a un macho sexualmente activo, incrementa rápidamente la frecuencia de pulsos de LH (Álvarez y Zarco, 2001; Delgadillo *et al.*, 2008) y la ovulación ocurre entre 40 y 50 h después de la primera exposición; ambos eventos, en la mayoría de los casos, se acompañan por conducta estral. Además de éste conocido "efecto macho", también se ha demostrado que en estas especies hay un "efecto femenino" a través del cual la presencia de hembras estro induce la ovulación en algunos de sus compañeras en anestro. (Delgadillo *et al.*, 2008)

El contacto físico y el mejoramiento del comportamiento sexual de los machos incrementan la respuesta de las hembras al efecto macho (Walkden-Brown *et al.*, 1999). El

hecho de que las hembras en celo compitan por los machos incrementa el grado de contacto entre las hembras y el macho, esto es de gran importancia para el efecto macho (Chemineau *et al.*, 1988).

Zarco *et al.*, 1995 menciona que el efecto hembra sirve para amplificar el efecto masculino, y que la introducción de los machos, o el regreso de los machos al rebaño, induciría la ovulación en algunos animales, lo que a su vez facilitaría la respuesta del resto de las hembras. Sin embargo, no es la única señal sensorial utilizada por los machos, ya que las cabras anósmicas (remoción de la capacidad para percibir el olor) continúan respondiendo a la introducción de los machos por un pulso inducido de LH (Chemineau *et al.*, 1986). Además de que está bien establecido que las señales olfativas de los machos también estimulan la ovulación en cabras anovulatorias (Chemineau *et al.*, 1987).

## **2.8 Recolección, manejo y preservación del semen para IA**

Se pueden usar dos métodos principales para la recolección de semen. El primer método es usando como estímulo un electroeyaculador o el segundo más aceptado, es recolectar el semen mediante el uso de una vagina artificial, utilizando una hembra en estro o estrogenizada, incluso un maniquí.

Preparación del macho. Limpiar cuidadosamente la región abdominal hacia delante y alrededor de la vaina del prepucio. Se recomienda limpiar la parte interna de la con solución salina para eliminar el máximo de fragmentos e impurezas que allí se acumulan.

Recolección de semen, Con la cabra sujeta a un "potro" o el maniquí, el operador se arrodilla por el lado derecho del macho, al momento de montar el macho, con la mano desvía ligeramente el pene tomándolo al nivel de la funda. Simultáneamente, con la otra mano, avanza la vagina artificial (temperatura 42-45° Celsius) hacia el extremo del pene. Inmediatamente es necesario tener cuidado al colocar la vagina artificial en la prolongación del pene para asegurar la completa penetración en la vagina artificial. Inmediatamente después de la eyaculación, el macho se desmonta, y el operador aplica dos fuertes sacudidas descendentes sobre toda la vagina artificial para provocar el descenso del eyaculado a la parte inferior del tubo de la colección. Es especialmente importante que el semen pase el menor tiempo posible en contacto con el cono de látex o silicón.

El semen recolectado debe manipularse con cuidado para evitar el choque térmico, el choque frío, la contaminación con agua, desinfectantes, la luz solar y el aire, así como otros procesos o factores que pueden disminuir la viabilidad de los espermatozoides. Los parámetros cuantitativos y cualitativos de la eyaculación deben examinarse inmediatamente después de la recolección.

### **2.8.1 Control de la cantidad y calidad del semen**

#### **Volumen de la eyaculación**

La evaluación del volumen de la eyaculación se realiza leyendo directamente las graduaciones en el tubo de recolección. La lectura está hecha sin tener en cuenta la parte espumosa de la eyaculación.

#### **Concentración de la eyaculación**

El objetivo de esta medición es determinar el número de espermatozoides por ml de semen puro, utilizando la menor cantidad posible para realizar la medición. La concentración de esperma generalmente varía de  $2.8 \times 10^9$  espermatozoides por ml de semen eyaculado. Existen diferentes posibilidades para medir esta concentración:

- Apreciación visual directa de la consistencia de la eyaculación.
- Conteo exacto de espermatozoides en un hemocitómetro o cámara de Neubauer.
- Medición de la densidad óptica con un espectrofotómetro

#### **Movimiento de las olas**

Esto es una medición fácil y rápida y requiere un examen microscópico del semen tan pronto como se realiza la recolección de semen, para obtener una apreciación del movimiento de la onda del semen. Una gota de semen puro se deposita en un portaobjetos de vidrio y se coloca calentada ( $37-38^{\circ}$  Celsius) bajo el microscopio (aumento 40x). La observación tiene que hacerse muy rápidamente ya que el movimiento ondulatorio del semen puro, a esta temperatura, disminuye rápidamente después de 15-20 segundos.

#### **Porcentaje de células vivas**

Esta medición se realiza en una gota de semen diluido colocado entre el portaobjetos y el cubreobjetos y se examina bajo un microscopio. El aumento del microscopio es de aproximadamente 20x y el nivel de calentamiento es de  $37-38^{\circ}$  Celsius. El operador realiza una

estimación visual promedio del porcentaje de células espermáticas móviles a partir de observaciones sucesivas de más de cinco áreas diferentes de la preparación.

### **Motilidad individual de los espermatozoides**

La estimación visual de la motilidad individual de los espermatozoides se realiza al mismo tiempo que la determinación previa del porcentaje de células vivas. En consecuencia, se realiza bajo las mismas condiciones de temperatura y aumento. La evaluación se realizan utilizando una escala que va desde.

0.- No hay movimiento de células

1.- Desplazamiento muy lento, temblor de espermatozoides, alta oscilación

2.-Movimientos de desplazamiento lento, tembloroso y desorganizado, algunos espermatozoides se mueven más rápido.

3.-Espermatozoides siguen desplazamiento curvilíneo sin movimientos temblorosos

4.-Desplazamientos rápidos, algunos espermatozoides con trayectoria recta, otros con trayectoria circular.

5.- Desplazamiento recto y rápido de los espermatozoides. (Chemineau, 1991, Faigl *et al* 2012).

### **2.9 Inseminación artificial**

La inseminación artificial (IA), definida como la introducción de espermatozoides en el aparato reproductor femenino mediante un instrumento, es sin duda la técnica más antigua dentro de la reproducción asistida (AR). El uso de la IA en la reproducción animal se introdujo originalmente por razones sanitarias. Sin embargo, los agricultores reconocieron que la IA era el método de elección para la rápida introducción de genes valiosos en una población con el fin de mejorar sus características de producción (Faigl *et al.*, 2012).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La IA es una tecnología ampliamente utilizada en el mundo para el mejoramiento genético en diferentes especies. En Francia, este mejoramiento en caprinos ha tenido gran relevancia al seleccionar sementales para el mejoramiento en la calidad de la leche (proteína y grasa). En México, ésta tecnología no es utilizada ampliamente en cabras productoras de leche, y prácticamente no ha sido utilizada en cabras de doble propósito explotadas en un sistema semi-extensivo, también conocido como pastoreo sedentario. Por lo que en la presente tesis se compara la fertilidad obtenida mediante IA con semen fresco, en cabras mantenidas en pastoreo sedentario contra las cabras mantenidas en estabulación (mejor alimentadas). Hasta aquí se ha revisado lo concerniente a la estacionalidad reproductiva en los caprinos, los métodos mediante los cuales es posible inducir la actividad sexual de las hembras durante el anestro estacional y los machos durante el reposo sexual.

#### **4. OBJETIVO**

Determinar si el sistema de producción de pastoreo sedentario afecta negativamente la fertilidad de las cabras que son expuesta al efecto macho e inseminadas con semen fresco.

#### **5. HIPÓTESIS**

El sistema de producción de pastoreo sedentario afecta negativamente la fertilidad de las cabras que son expuesta al efecto macho e inseminadas con semen fresco.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Ejido La Crisis perteneciente al municipio de Matamoros, Coahuila. El Ejido forma parte de la Comarca Lagunera, localizada al norte de México a una latitud de 26° 37'N y a una altitud de 1100 msnm. El sistema de producción que predomina es el semi extensivo o pastoreo sedentario, donde los animales salen al campo diariamente por la mañana guiadas por un pastor a buscar alimento y regresan a por la tarde a resguardarse durante la noche en un corral rústico.

### 6.2 Animales experimentales

#### 6.2.1 Machos

Se utilizaron 18 machos cabríos encastados con edad promedio de 3 años, sexualmente activos por foto-estimulación. Doce machos se conservaron enteros y seis fueron vasectomizados. Los enteros permanecieron en las instalaciones del CIRCA de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL, donde el semen fue colectado, evaluado y procesado para el llenado de las pajillas que se utilizaron en la IA de éste estudio, y los vasectomizados fueron llevados al campo para ser expuestos a las cabras del experimentales. Éstos machos no salían a campo por lo que se les proporciono una alimentación basada en alfalfa henificada (18% de PC y 1.95 Mcal/kg de energía) y en concentrado comercial (18% de PC y 2.05 Mcal/kg de energía). El agua y las sales minerales se les proporcionaron *ad libitum*.

El tratamiento fotoperiódico a los machos inició el 2 de noviembre y terminó el 16 de enero del siguiente año. Así, los machos recibieron 2.5 meses de días largos artificiales (16 horas luz/día), posteriormente al día 16 de enero, los machos percibieron las variaciones de la luz natural de días crecientes.

Los corrales donde se alojaron los machos cabríos fueron equipados con lámparas fluorescentes comprobando que la intensidad luminosa en todo el corral fuera en promedio de 300 lux a nivel de los ojos de los machos. Las lámparas fueron programadas para encenderse automáticamente de las 06:00 y se apagaban a las 09:00 h. Posteriormente, se volvían a encender de las 17:00h y se apagaban a las 22:00h, con ello se proporcionaron 16 h luz y 8 h oscuridad. A partir del 16 de enero se suspendió la luz artificial.

### 6.2.2 Hembras experimentales

Se utilizaron cabras locales de Comarca Lagunera, las cuales ya había parido anteriormente. Se conformaron dos grupos separados de hembras pertenecientes a un mismo hato caprino. Un grupo de cabras continuó en pastoreo (GP, n=42) y otro grupo cabras fue estabulado (GE, n=42), permaneciendo separadas del grupo en pastoreo, estos dos grupos fueron divididos a su vez en 3 corrales (n=14), que estuvieron contiguos, con medidas de 5 x 7 m por cada corral.

La edad promedio de las cabras utilizadas fue de 3 años. En marzo, 15 días antes de iniciar el experimento, todas las cabras experimentales fueron sometidas a un estudio de ultrasonografía transrectal, para ello se utilizó un dispositivo de Aloka SSD-500 conectado a un transductor transrectal de 7.5 MHz para determinar si las hembras se encontraban en estado anovulatorio al no detectárseles cuerpos lúteos.

#### Alimentación

La alimentación de las hembras del GP se basó en el aprovechamiento de la vegetación nativa de la región consistente en arbustos y pastos ocasionalmente se les proporcionaba esquilmos agrícolas como: maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum*), remolacha (*Beta vulgaris*) y también se les proporcionó grano de sorgo escobero (*Sorghum bicolor*) como suplementación alimenticia.

La alimentación de las cabras del GE fue basada en alfalfa henificada con 18% de PC y 1.95 Mcal/kg de energía, de acuerdo a sus requisitos nutricionales y suplementadas con grano de sorgo escobero (10.2% PC, grasa 1%, CHOs 73.2%). El agua y las sales minerales se les proporcionaron *ad libitum* en los dos grupos.

Dos días antes del inicio del experimento las cabras fueron separadas en los dos subgrupos, distribuidas homogéneamente según su condición corporal ( $2.1 \pm 0.05$  en ambos grupos); la condición corporal se determinó mediante la técnica descrita por (Walkden-Brown *et al.*, 1997).

A todas las hembras utilizadas en el experimento, se les aplicaron 20 mg de progesterona 48 horas antes de la introducción de los machos para reducir el número de ciclos cortos.

### **6.3 Efecto macho**

El 4 de abril a las 19:00 h, los machos vasectomizados y foto-estimulados fueron puestos simultáneamente en los dos grupos experimentales (uno por corral). Dichos machos fueron intercambiados entre subgrupos cada 12h (07:00 y 19:00 h) con las hembras durante 11 días.

Las cabras del GP, salían al campo alrededor de las 9:00h. Regresando alrededor de las 19:00 h., éstas cabras caminaban aproximadamente 10 km de distancia de ida y vuelta al corral, donde después eran encerradas permaneciendo en contacto con el macho toda la tarde-noche ( $\pm 14$  h).

### **6.4 Colecta de semen y preparación de pajillas**

La colecta del semen de los machos enteros y fotoestimulados se realizó mediante vagina artificial, para estimular la monta y la consecuente eyaculación se utilizó una hembra previamente inducida al estro con la aplicación intramuscular de 4 mg de cipionato de estradiol. La recolección del semen se realizó por la mañana o por la tarde de acuerdo a la detección de hembras en estro. Inmediatamente después de la colecta, el semen fue evaluado determinándose la concentración espermática, la motilidad y el porcentaje de vivos y muertos para después hacer el cálculo del diluyente a agregar para el empajillado con la concentración deseada. El diluyente se preparó con leche descremada en polvo, de vaca (Svelty), dextrosa anhidra y agua bidestilada de acuerdo con la técnica descrita por el manual para la inseminación en ovejas y cabras (Chemineau *et al.*, 1991). La solución se sometió a baño maría y se mantuvo durante 10 minutos a 90°C, posteriormente fue enfriada a temperatura ambiente. Las pajillas utilizadas fueron de 0.25 ml y se les llenó con una concentración aproximada de 200 millones de espermatozoides. Inmediatamente después de la preparación de las pajillas, éstas se colocaron en una hielera para conservar el semen, hasta el momento de la inseminación. Desde la extracción del semen hasta la inseminación transcurrieron en promedio 40 minutos.

### **6.5 Evaluación del semen**

#### **6.5.1 Volumen de eyaculado**

El volumen del eyaculado fue determinado con la ayuda del tubo colector de vidrio, graduado en divisiones de 0.01 ml, que se conectaba al cono de la vagina artificial. La medición se hizo por observación directa de la marca del volumen en el tubo

### **6.5.2 Concentración espermática**

Para determinar la concentración espermática se utilizó el *Goat Spermacue*<sup>TM</sup>, marca Minitube<sup>®</sup>, que de manera automática calcula dicha variable de cada muestra.

### **6.5.3 Motilidad espermática**

La medición de la motilidad espermática se realizó inmediatamente después de la recolección de la muestra, colocando una gota del semen sin diluir en un portaobjetos y colocándole encima un cubreobjetos precalentado a 37° C. Los espermatozoides se observaron mediante un microscopio óptico a 40X y en la platina caliente se evaluó la motilidad, la formación de las ondas producidas por el desplazamiento de los espermatozoides, la escala de la motilidad se asigna de 0 al 5, donde el valor de 0 representa espermatozoides sin movilidad alguna y un 5 donde estos presentan un rápido movimiento formando marcados remolinos u olas (Chemineau, 1991, Faigl *et al* 2012).

### **6.654 Espermatozoides vivos y muertos**

Por observación de la muestra al microscopio por personal capacitado, se determinó el porcentaje aproximado de espermatozoides vivos y muertos.

## **6.6 Inseminación artificial**

A partir de que las cabras fueron detectadas en estro, fueron sacadas para su posterior inseminación. Es decir, fueron inseminadas 12 h después de ser detectadas en celo. Las cabras fueron inseminadas según las siguientes horas (AM-PM-AM), en el caso de ser detectadas en estro durante la mañana, fueron inseminadas en la tarde de igual manera al ser detectadas en la tarde, fueron inseminadas al día siguiente por la mañana. Asimismo, las cabras que post inseminación continuaban presentado celo, fueron inseminadas por segunda vez, en ese momento.

## **6.7. Variables evaluadas en las hembras caprinas**

### **6.7.1 Detección de estro**

La detección de estro se realizó dos veces al día, una durante la mañana y otra por la tarde (7:00 y 19:00 h), se utilizaron los machos vasectomizados, a dichos machos se les colocó un mandil para evitar que penetraran a las hembras. Se consideró que las hembras se encontraban en estro si estas permanecían inmóviles permitiendo que el macho las montara (Fabre-Nys y Gelez, 2007). Para facilitar la detección del estro al momento de la detección, por

la mañana y la tarde, se realizó un intercambio entre los machos de los diferentes grupos. De esta manera se aprovechó el estímulo del efecto novedad al contacto con hembras diferentes a las que convivían en un momento dado (Loya-Carrera *et al.*, 2014). Al detectar cabras en estro, éstas fueron separadas del resto, posteriormente fueron inseminadas y después fueron reintegradas a sus respectivos grupos.

### **6.7.2 Tasa ovulatoria**

El día 18 post introducción de los machos vasectomizados, mediante el US transrectal, se identificó el número de CL presentes en los ovarios. La tasa ovulatoria se calculó al dividir el número total de cuerpos lúteos detectados entre el número total de hembras que ovularon.

### **6.7.3 Porcentaje de cabras gestantes después de la inseminación artificial con semen fresco**

A las 84 cabras del experimento, a los 73 días después de la introducción de los machos vasectomizados se les realizó ultrasonografía utilizando el transductor transrectal. El porcentaje de gestaciones se calculó al multiplicar el total de gestantes por cien entre el total de inseminadas. Considerándose gestante a las cabras a las cuales se les observó saco vitelino y/o embriones después de la Inseminación Artificial con semen fresco.

## 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

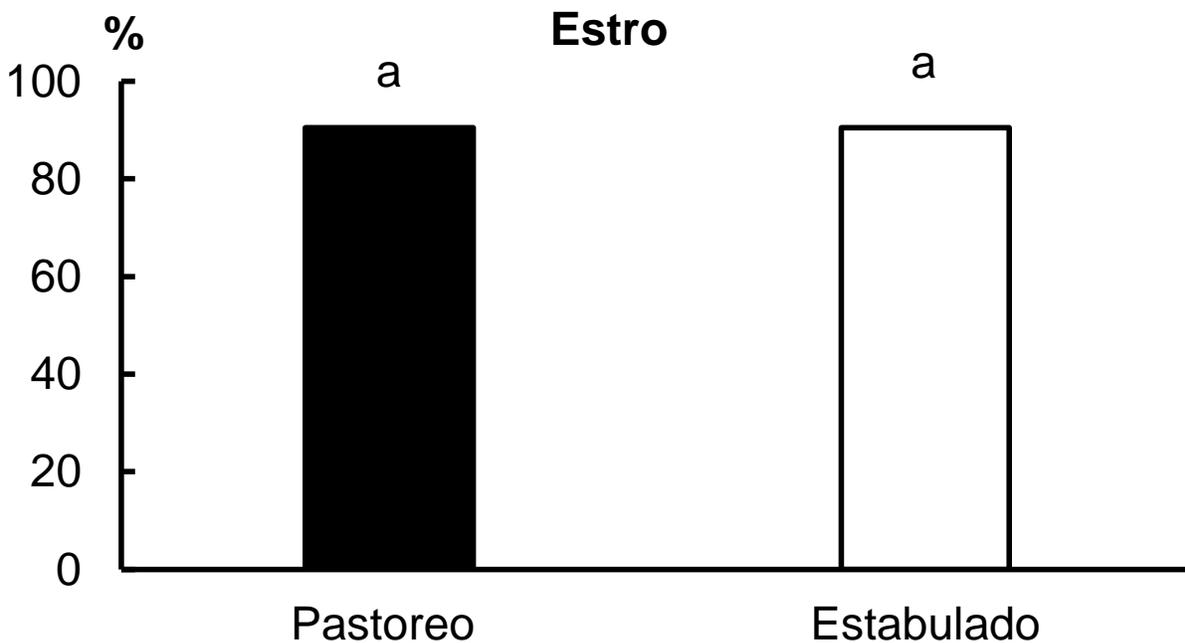
La proporción de cabras que mostraron estro y la tasa ovulatoria, se analizaron con la prueba de Fisher. El porcentaje de cabras gestantes se analizó mediante la prueba de Chi<sup>2</sup> (SYSTAT 13; Chicago, IL).

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Resultados

#### 8.1.1 Porcentaje de cabras en estro.

La mayoría de las cabras pertenecientes a los dos grupos presentaron estro durante los 11 días de exposición a los machos foto-estimulados, (GP= 38/42 y GE= 38/42), 90.5% de las hembras en ambos grupos. (P=1; **Figura 2**)

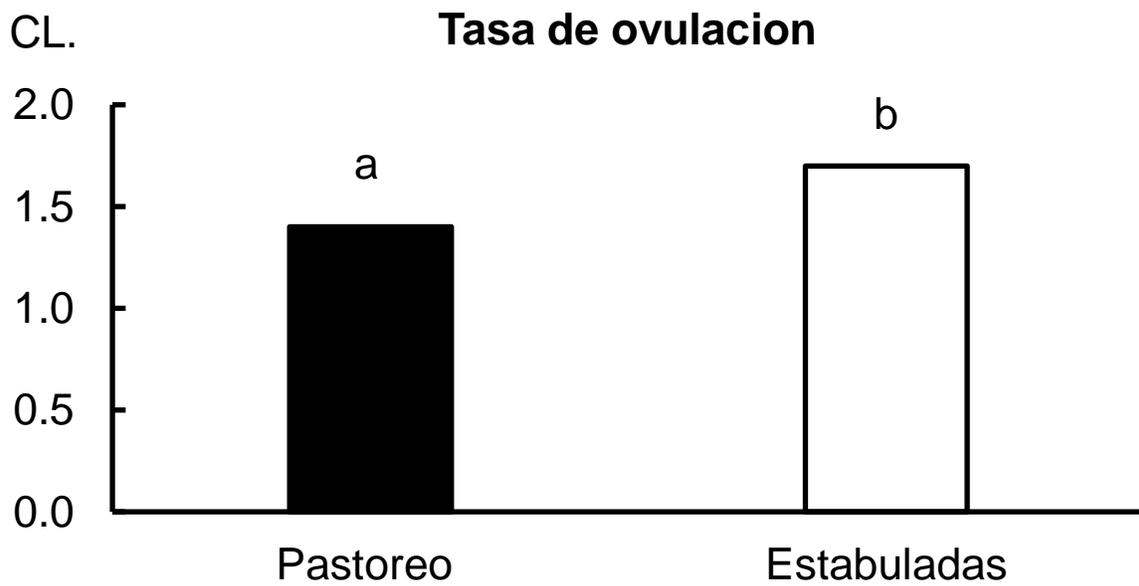


**Figura 2.** Porcentaje de cabras que manifestaron estro en dos sistemas, en pastoreo (■) y estabulado (□) durante 11 días de exposición a los machos cabríos foto-estimulados.

Literales iguales indican una probabilidad P=1

### 8.1.2 Tasa ovulatoria

En la tasa ovulatoria se observó diferencia significativa entre grupos. Grupo estabulado (□) y grupo en pastoreo. (■);  $P < 0.05$ ; **Figura 4**).

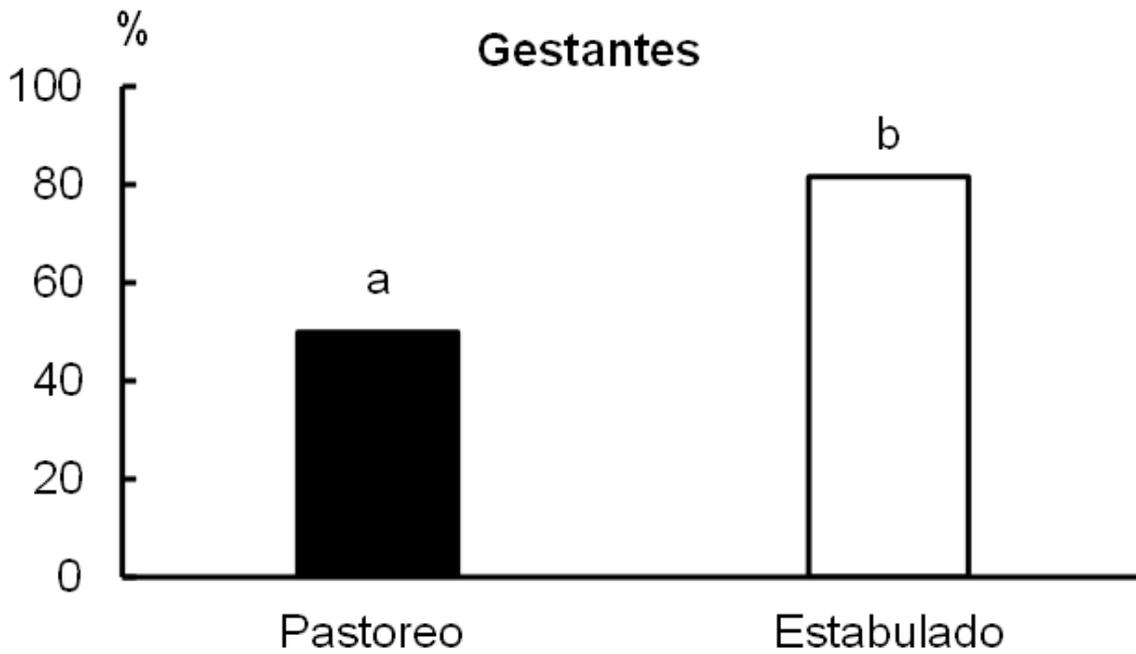


**Figura 3.** Tasa ovulatoria de las cabras en pastoreo (■) y en estabulación (□) expuestas al efecto macho durante 11 días en el anestro estacional con machos sexualmente activos.

Literales diferentes indican una probabilidad de  $P > 0.05$

### 8.1.3 Porcentaje de cabras gestantes después de la inseminación artificial con semen fresco.

El porcentaje total de cabras diagnosticadas como gestantes mediante el US al día 73 post introducción de los machos vasectomizados y sexualmente activos por tratamiento fotoperiódico fue significativamente menor en las cabras del grupo en pastoreo (50%) en comparación con el grupo estabulado (82%)  $P=0.004$ .



**Figura 4.** Porcentaje de cabras gestantes en pastoreo (■) y estabulado (□).

Literales diferentes, indican una probabilidad  $P=0.004$

## 8.2 DISCUSIÓN

La fertilidad y la tasa ovulatoria de las cabras en pastoreo sedentario y expuestas durante 11 días a machos cabríos sexualmente activos mediante un tratamiento fotoperiódico de días largos, fue significativamente menor que la de las cabras manejada en estabulación.

Con respecto a la actividad estral de ambos grupos, el estabulado y en pastoreo sedentario, no existió diferencia significativa. Esto es, que la mayoría de las cabras respondieron de manera similar durante el anestro estacional a las señales de bioestimulación de los machos durante los 11 días del tratamiento. Es interesante señalar que esta respuesta similar se manifestó aún que el contacto de las cabras en pastoreo sedentario con los machos fue mucho menor que el de las cabras estabuladas. Se ha demostrado que el contacto durante varios días con los machos sexualmente activos, puede ser de solo algunos minutos para estimular a las cabras en anestro estacional e inducir una ovulación (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Bedos *et al.*, 2012).

La tasa ovulatoria si tuvo diferencia estadística, lo que significa que a mayor cantidad de óvulos liberados mayor cantidad de crías al nacimiento, que desde el punto de vista de la productividad, en mayores ingresos para el productor.

El bajo porcentaje de gestaciones, en el grupo en pastoreo, probablemente se debió al diferente tipo de alimentación entre ambos grupos. Las cabras que se encontraron bajo condiciones de pastoreo sedentario sólo consumieron la vegetación disponible en el campo, se ha demostrado que mucha de ésta vegetación contiene niveles bajos de proteína y muy poco valor energético, llevando a un estado nutricional inferior al de las cabras en estabulación a las cuales se les proporcionó una dieta balanceada que llenaba sus requerimientos nutricionales, influyendo significativamente en la tasa de gestación.

Además, también pudo haber influido el hecho de que cuando fueron inseminadas por las mañanas, las cabras rápidamente salían al campo, provocando probablemente una pérdida mecánica del semen, también pudo influir la actividad física que tenían las cabras en pastoreo sedentario, pues debían recorrer alrededor de 10 km al día, causando un alto gasto energético, además de que no se descarta el efecto del estrés calórico al que los animales estaban sometidos como lo menciona (Álvarez, 2008), que menciona que la activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal ante situaciones estresantes desencadena cambios conductuales

y fisiológicos que mejoran la adaptabilidad del organismo e incrementan sus oportunidades de supervivencia. Sin embargo, dicha activación y sus hormonas en lo individual afectan el funcionamiento reproductivo de varias especies animales en diversos niveles: secreción de GnRH hipotalámica, secreción de gonadotropinas desde la hipófisis, funcionamiento gonadal y falla en la expresión conductual del estro y en consecuencia, podrían alterar la respuesta reproductiva de manera negativa. Los trastornos en la reproducción por causa del estrés calórico se deben a la activación del eje hipófisis-corteza suprarrenal que se presenta durante el periodo de estrés, tiene efectos negativos sobre la secreción de las hormonas hipofisarias que controlan el funcionamiento de los órganos sexuales gonadotropinas; (Bilandzic *et al.*, 2006).

## **9.- CONCLUSIÓN**

Se concluye que el sistema de producción, influye significativamente en la actividad reproductiva de las cabras en pastoreo sedentario, sometidas al efecto macho durante el anestro estacional con machos cabríos sexualmente activos mediante la fotoestimulación, e inseminadas con semen fresco, disminuyendo significativamente la tasa de gestación y la tasa ovulatoria. Sin embargo, no tuvo influencia en inhibir la respuesta de la actividad estral al ser igual las cabras en pastoreo al de las cabras estabuladas y alimentadas de acuerdo a sus requerimientos nutricionales.

## 10. LITERATURA CITADA

Álvarez, L., G. B. Martin, F. Galindo and L. A. Zarco. 2003. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Applied Animal Behaviour Science*. 84(2): 119-126.

Amoah, E. A., S. Gelaye, P. Guthrie and C. E. Rexroad Jr. 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *Journal of Animal Science*. 74(4): 723-728.

Aréchiga, C. F., J. I. Rincón, S. Méndez De Lara, V. R. Bañuelos y C. A. Meza-Herrera. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9(1): 1-14.

Arroyo, J. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. 2011. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14(3): 829-845.

Bilandzic, N., M. Zuric, M. Lojkic, B. Simic, D. Milic and I. Barac. 2006. Cortisol and immune measures in boars exposed to three-day administration of exogenous adrenocorticotropic hormone. *Veterinary Research Communications*. 30(4): 433-444.

Bedos, M., Velázquez, H., Fitz- Rodríguez, G., Flores, JA., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, IG., Retana-Marquez, MS., Muñoz- Gutierrez, M., Keller, M., Delgadillo, JA. 2012. Sexually active bucks are able to stimulate three successive groups of females per day with a 4- hours period of contact. *Physiology and behavior*. 106: 256-263.

Bustos, E. y L. Torres-Díaz. 2012. Reproducción estacional en el macho. *International Journal of Morphology*. 30(4):1266-1279.

- Chemineau, P. 1983. Effect on estrus and ovulation of exposing creole goats to the male at three times of the year. *Journal of Reproduction and Fertility*. 67: 65-72.
- Cantú, R.E., Colín, N.M., Contreras, M., García, J. 1989. Estudios sobre la estacionalidad reproductiva de los machos caprinos de las razas Saanen y Alpina. En: *Memorias de la V Reunión Nacional sobre Caprinocultura*. Zacatecas, México.67.
- Chemineau P. H. Varo, A. Grudé. 1986. Sexual behaviour and gonadal activity during the year in the tropical Creole meat goat. II. Male mating behaviour, testis diameter, ejaculate characteristics and fertility. *Reproduction Nutrition and Development*. 26(2): 453-460.
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats-a review. *Livestock Production Science*. 17: 135-147.
- Chemineau, P., J. Pelletier, Y. Guerin, G. Colas, J. Ravault, G. Toure, G. Almeida, J. Thimonier and R. Ortavant. 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction Nutrition and Developpement*. 28(2): 409-422.
- Chemineau, P. y Cognié, Y. 1991. Training manual on artificial insemination in sheep and goats. *FAO publications*, Roma, Italia.
- Chemineau, P., A. Daveau, F. Maurice and J. A. Delgadillo. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*. 8(4): 299-312.
- Chemineau, P., B. Malpoux, J.P. Brillard and A. Fostier. 2007. Seasonality of reproduction and production in farm fishes, birds and mammals. *Animal*. 1(3): 419-432.

CNOG Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas. 2003. Información económica pecuaria número 19. Disponible en:

[http://cnog.org.mx/documentos/3255\\_BoletinEconomico019.pdf](http://cnog.org.mx/documentos/3255_BoletinEconomico019.pdf) [Consultada 5 marzo de 2020].

Corteel, J. M., G. Baril, F. Bariteau, J. Bussiere, B. Leboeuf and G. DE Montigny. 1975. The use of progestagens to control the oestrous cycle of the dairy goat. *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*. 353-363.

Cortinas, R.D.M. 2015. La administración de progesterona reduce la presentación de ciclos cortos sin disminuir la fertilidad en cabras anéstricas expuestas a machos cabríos fotoestimulados. Tesis maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 51p.

Delgadillo, J.A., E. Carillo, J. Morán, G. Duarte, P. Chémeneau y B. Malpux. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long and melatonin. *Journal Animal Science*. 79: 2245-2252.

Delgadillo, J. A., J. A. Flores, F. G. Véliz, G. Duarte, J. Vielma, P. 2003. Poindron and B. Malpoux. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Veterinaria México*. 34(1).

Delgadillo, J. A. G. Fitz-Rodríguez, G. Duarte, F. G. Veliz, E. Carrillo, J. A. Flores, J. Vielma, H. Hernández and B. Malpoux. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reproduction, Fertility and Development*. 16(4): 471-478.

Delgadillo, J. A and L. I. Vélez. 2010. Stimulation of reproductive activity in anovulatory Alpine goats exposed to bucks treated only with artificially long days. *Animal* 4(12): 2012-2016.

- Driancourt, M. A. 2000. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*. 55(6): 1211-1239.
- Duarte, G., J. A. Flores, B. Malpoux and J. A. Delgadillo. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*. 35(4): 362-370.
- Duarte, G., Nava – Hernández, MP., Malpoux., B. Delgadillo, JA. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to the photoperiod. *Animal Reproduction Science*. 120: 65-70.
- Ducoing W., A. 2005. Situación de la caprinocultura en México. Memorias del Curso Avances sobre la alimentación de la cabra lechera. Amena, Querétaro, Qro (desplegable).
- Fabre-Nys, C. y H. Gelez. 2007. "Sexual behavior in ewes and other domestic ruminants", en *Hormones and Behavior*. 52: 18-25.
- Faigl, V., Vass, N., Javor, A., Kulcsár, M., Solti, L., Amiridis, G. and CSEH, S. 2012. Artificial insemination of small ruminants. *Acta Veterinaria Hungarica*. 60 (1): 115–129.
- Flores, J. A., F. G. Véliz, J. A. Pérez-Villanueva, G. Martínez de la Escalera, P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpoux and J. A. Delgadillo. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction*. 62(5): 1409-1414.
- Franco, J. y L.F. Uribe-Velásquez. 2012. Hormonas de importancia veterinaria en hembras domesticas rumiantes. 11(1): 41-56.

Karsch, F. J., B. Malpaux, N. L. Wayne and J. E. Robinson. 1988. Characteristics of the melatonin signal that provide the photoperiodic code for timing seasonal reproduction in the ewe. *Reproduction Nutrition and Development*. 28(2): 459-472.

Loya-Carrera, J., M. Bedos, J.L. Ponce- Covarrubias, H. Hernández, P. Chemineau, M. Keller and J.A. Delgadillo. 2014. Switching photoperiod males between groups of goats does not improve the reproductive response during the males effect. *Animal Reproduction Science*. 146(1): 21-26.

Malpaux, B., C. Viguié, D. C. Skinner, J. C. Thiéry, J. Pelletier and P. Chemineau. 1996. Seasonal breeding in sheep: mechanism of action of melatonin. *Animal Reproduction Science*. 42(4): 109-117.

Malpaux, B., C. Viguié, D. C. Skinner, J. C. Thiéry and P. Chemineau. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Research Bulletin*. 44(4): 431-438.

Malpaux, B., M. Migaud, H. Tricoire and P. Chemineau. 2001. Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin. *Journal of Biological Rhythms*. 16(4): 336-347.

Martin, G. B., S. Tjondronegoro, R. Boukhliq, C. Margaret., A. Blackberry, R. Briegel, D. Blache, J. Fisher and N. Adams. 1999. Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: modification of endogenous rhythms by photoperiod. *Reproduction Fertility and Development*. 11(6): 355-366.

Pearce, DT., Robison, TJ. 1985. Plasma progesterone concentrations, ovarian and endocrinological responses and sperm transport in ewes with synchronized oestrus. *Journal of Reproduction and Fertility*. 75: 49-62

Rekwot, P., I., D. Ogwu, E. O. Oyedipe and V. O. Sekoni. 2001. The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Animal Reproduction Science*. 65(3): 157-170.

Rivas- Muñoz R., G. Fitz- Rodrigue, P. Poidron, B. Malpaux and J.A. Delgdillo. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *Journal of Animal Science*. 85(5): 1257-1263.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Resumen nacional, producción, precio, valor, animales sacrificados y peso. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario\\_siapx\\_gobmx/ResumenNacional.do](http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/ResumenNacional.do) [2016. Consultada 26 febrero. 2020.

Thiery, J.C., D. Lomet, M. Schumacher, P. Liere, H. Tricoire, A. Locatelli and B. Malpaux. 2006. Concentrations of estradiol in ewe cerebrospinal fluid are modulated by photoperiod through pineal dependent mechanisms. *Journal of Pineal Research*. 41(4): 306-312.

Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall and Henniawati. 1993. The male effect in the Australian cashmere goat. 2. Role of olfactory cues from the male. *Animal Reproduction Science*. 32(12): 55-67.

Walkden-brown, SW., Restall, BJ., Norton, BW., Scaramuzzi, RJ., Martin, GB. 1994. Efect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volumen and odour in Australian cashmere goats. *Reproduction and Fertility*. 102: 351-360.

Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall, R. J. Scaramuzzi, G. B. Martin and M. A. Blackberry. 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 Ruminant Research*. 26(3): 239-252.

Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall, B. W. Norton, R. J. Scaramuzzi and G. B. Martin. 1999. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Journal of Reproduction and Fertility*. 102(2): 351-360.

Zarco Q. I., Rodríguez E, F. Angulo M.R.B., Valencia J. 1995. Female to female stimulation of ovarian activity in the ewe. *Animal Reproduction Science*. 39: 251-258.