

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**TRATAMIENTO DE MACHOS CABRIOS SEXUALMENTE INACTIVOS CON  
TESTOSTERONA POR VÍA INTRAMUSCULAR O SUBCUTANEA PARA  
INDUCIR LA ACTIVIDAD EN CABRAS ANOVULATORIAS**

**POR**

**REYNA DANIELA MELCHOR PÉREZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**ABRIL DE 2015**

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

TRATAMIENTO DE MACHOS CABRIOS SEXUALMENTE INACTIVOS CON  
TESTOSTERONA POR VÍA INTRAMUSCULAR O SUBCUTÁNEA PARA INDUCIR  
LA ACTIVIDAD ESTRAL EN CABRAS ANOVULATORIAS

POR  
REYNA DANIELA MELCHOR PÉREZ

TESIS

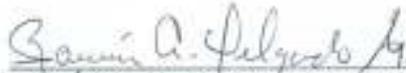
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. FRANCISCO GERARDO VELIZ DÉRAS

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
  
Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

ABRIL DE 2015

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

TRATAMIENTO DE MACHOS CABRIOS SEXUALMENTE INACTIVOS CON  
TESTOSTERONA POR VÍA INTRAMUSCULAR O SUBCUTÁNEA PARA INDUCIR  
LA ACTIVIDAD ESTRAL EN CABRAS ANOVULATORIAS

POR

REYNA DANIELA MELCHOR PÉREZ

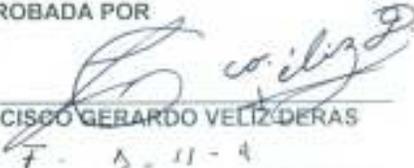
TESIS

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. FRANCISCO GERARDO VELIZ DERAS

VOCAL:

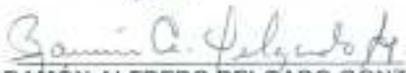
F. 13-11-4  
DR. FERNANDO ARELLANO RODRÍGUEZ

VOCAL:

  
DRA. LETICIA ROMANA GAYTAN ALEMAN

VOCAL SUPLENTE:

  
DR. JUAN MANUEL GUILLEN MUÑOZ

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

ABRIL DE 2015

## **DEDICATORIAS**

### **A Dios**

Primera mente por darme la gran familia que tengo, por permitirme llegar a este momento de mi vida, por todos los momentos de tristezas y alegrías que me enseñaron a valorar cada día y por culminar esta gran etapa en mi vida.

### **A mis padres**

#### **Ernestina PérezGonzález**

Por el apoyo incondicional que me ha dado, por cada uno de sus valiosos consejos que he recibido, por haber depositar toda esa confianza en mi, sin dejar de mencionar todo el tiempo que ha ocupado y que ha sacado por estar a mi lado y darme mucho cariño, amor y demostrarme que pese a las dificultades que pueda pasar uno en la vida siempre se puede salir adelante. por ayudarme después de cada tropiezo, y porque a pesar de la distancia en los momentos difíciles siempre estuviste conmigo.

#### **Máximo Melchor Olmedo**

Por enseñarme que se debe luchar a pesar de los obstáculos para llegar a la meta, por demostrarme que los sueños pueden hacerse realidad, por inculcarme

valores, por enseñarme el valor que tiene la familia, por los consejos que ayudaron a tomar decisiones correctas, por que tu esfuerzo ha hecho que no me falte nada, por la educación que me has dado y por que tu amor me ha enseñado amar a los que me rodean.

### **A mis hermanos**

#### **Tania, Y Yadhira**

Porque a pesar de todo lo que hemos pasado, siempre me han demostrado que en los momentos difíciles, siempre estaremos unidas y que jamás dejaremos de luchar por nuestros sueños, por todo el apoyo, y amor incondicional, y por la hermosa sobrina que me has dado Tania.

#### **Marco, Jesús y Diana**

Por todos esos momentos de felicidad y locura que hemos pasado juntos, y por el cariño y amor que nos tenemos,

### **A mis abuelos**

#### **Adela González†y Mauricio Pérez†**

#### **Reyna Olmedo †y Filogonio Melchor†**

Gracias por los padres maravillosos que me han dado por todo el apoyo y los consejos que han servido y ayudado en los momentos difíciles, por ese amor incondicional, por esos abrazos de consuelo, aunque siempre están en mis pensamientos me hubiera gustado que estuvieran presente físicamente en esta etapa de mi vida, pero se que en cualquier parte que se encuentren lo están viendo así que les dedico este presente con todo amor.

### **A mis primos y tías**

Por el apoyo moral y el gran cariño que me han dado, y todos los momentos de felicidad que hemos pasado juntos.

### **Jorge Luis**

Por todo el amor, cariño y momentos felices q pasamos juntos, por todas las veces que me escuchaste y aconsejaste, por haber estado cuando te necesite,, por el tiempo en el que me dijiste que todo es posible.

### **Salvador Gutiérrez**

Por cada momento que has estado apoyándome, escuchándome y aconsejándome, por todo el amor que me das, y por creer en mí.

## **Yadira Lizeth Román Soltero †**

Por darme la oportunidad de ser más que una amiga, porque en todos los momentos que te necesite estuviste conmigo, por los 5 maravillosos años que hemos pasado juntas y por permitirme ser parte de tu familia, gracias a toda tu familia que me ha brindado mucho cariño y amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna “MI ALMA TERRA MATER” por la oportunidad de poder ser parte de ella y permitirme culminar mi carrera y por la gran oportunidad que me dio de haber conocido dentro de ella a todos mis amigos que han pasado a ser parte de mi familia.

A mi asesor el Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras por su apoyo en la elaboración de esta tesis.

Al Dr. Fernando Arellano Rodríguez, por poder participar en el proyecto de investigación que me ayudo a realizar esta tesis.

Al MC Manuel Guillen Muñoz, por el apoyo y revisión de este trabajo.

A todos mis amigos y compañeros, Yadira Román, Cristian Avalos, Cesar

Macías, Emmanuel Huerta, Efraín Santos, José Luis Delgado, Jair Alain,

José Manuel Castro, Víctor García, Jacob, Lorena Ponce, Jorge Avendaño, por su apoyo y todo el cariño incondicional que me han dado, gracias a todos porque son grandes personas que han marcado una parte de mi vida.

## RESUMEN

El presente estudio se realizó como finalidad de evaluar la efectividad de la aplicación de testosterona por vía intramuscular o subcutánea en la estimulación de respuesta sexual de machos cabríos y su capacidad de inducir la actividad estral en cabras anovulatorias. El día 31 de mayo (día 0), un grupo de 20 hembras anovulatorias (GC) fueron expuestas a dos machos testigo. Un segundo grupo de 20 hembras (GIM) fueron expuestas a otros dos machos tratados con testosterona por vía intramuscular. Un tercer grupo de 20 hembras (GSS) fueron expuestas a 2 machos tratados con testosterona vía subcutánea. La proporción de gestación y actividad estral se comparó mediante una prueba de chi cuadrada, la latencia al estro se comparó mediante una prueba de t-student. Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el paquete estadístico SYSTAT- 10 (Evenston, ILL, USA, 2000). En base a los resultados mostrados el contacto de machos tratados con testosterona por vía IM, SC así como los machos del grupo control indujeron la actividad sexual de las cabras y no hubo diferencia estadística significativa entre los 3 grupos ( $P < 0.05$ ). En la latencia al estro no existió diferencia estadística significativa entre los grupos tratados con testosterona IM o SC ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, si existió diferencia comparándolos contra el grupo control ( $P > 0.05$ ). En gestación los grupos de hembras tratados con testosterona independientemente de la vía de administración mostraron un 90% (18/20) y el grupo control fue 80% (16/20), mas sin embargo no existió diferencia estadística entre los tres grupos ( $P < 0.05$ ). Los resultados del presente estudio demostraron que los machos cabríos tratados con testosterona independientemente de la vía de aplicación (IM ó SC), no es un factor determinante en la inducción de la actividad estral durante el mes de mayo, Mas sin embargo si acorto la latencia al estro con lo cual en una alternativa para mejorar este parámetro reproductivo.

**Palabras clave:** Testosterona, hembras anovulatorias, comportamiento sexual, respuesta sexual, caprinos.

## ÍNDICE

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	v
RESUMEN .....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO .....	3
HIPÓTESIS .....	3
II. REVISION DE LA LITERATURA .....	4
2.1. Estacionalidad Reproductiva En Caprinos .....	4
2.2. Estacionalidad En Diferentes Regiones .....	6
2.3. Factores Que Regulan La Reproducción En La Cabra .....	7
2.3.1. Fotoperiodo .....	7
2.3.2. Nutrición .....	9
2.4. Bioestimulación Sexual En Caprinos .....	11
2.5. Efecto Macho .....	12
2.6. Uso De La Testosterona En La Reproducción Caprina .....	14
III. MATERIALES Y METODOS .....	17
3.1. Localizacion Y Metodos .....	17
3.2. Animales Experimentales.....	17
3.2.1. Machos .....	17
3.2.1.1. Formación De Grupos Experimentales .....	17
3.2.1.2. Manejo Y Alimentación .....	18
3.2.1.3 <i>Tratamiento Con Testosterona Exógena A Los Machos</i> .....	18
3.2.2.1. Manejo Y Alimentación .....	19
3.2.3. Introducción De Los Machos Con Las Hembras (Efecto Macho).....	19
3.3 Variables A Determinar .....	20
3.3.1 Hembras .....	20
3.3.1.1 Actividad Estral .....	20
3.3.1.2 Latencia Al Estro.....	21

3.3.1.3 Diagnóstico De Gestación .....	21
3.3.2 Análisis Estadísticos .....	21
IV. RESULTADOS .....	22
4.1. Respuesta De Las Hembras Expuestas A Machos Tratados .....	22
4.1.1. Actividad Estral .....	22
4.1.2. Latencia Al Estro .....	23
V. DISCUSIÓN.....	24
VI. CONCLUSION.....	27
VII. LITERATURA CITADA.....	28

## I. INTRODUCCIÓN

En México, las zonas áridas y semiáridas ocupan cerca del 50% del territorio y se distribuyen, principalmente, en la parte norte del país. A pesar de ello, el número importante de familias que ahí habitan, participan en la actividad agropecuaria y representan una contribución muy importante para la economía (Aréchiga et al., 2008). En los caprinos locales del norte de México, en particular los de la comarca Lagunera (26°N), existe una estacionalidad reproductiva. En los machos el periodo de reposo sexual ocurre de enero a abril, mientras que en las hembras, el periodo de anestro sucede de marzo a agosto. En ambos sexos, esta estacionalidad es provocada por las variaciones de la duración del día (Delgadillo et al., 2003). En las últimas décadas se han buscado alternativas que permitan que los animales produzcan leche y carne fuera de la estación natural ya que los caprinos presentan periodos de estacionalidad reproductiva lo cual impide su reproducción en ciertas estaciones del año (Delgadillo et al., 2003). Por todo lo anterior existe la necesidad de buscar nuevas técnicas que contrarresten este fenómeno el cual

causa pérdidas económicas para los productores caprinos año con año en esta región.

La utilización de tratamiento con testosterona exógena en machos cabríos, induce a una intensa actividad sexual de los machos durante el periodo de reposo sexual. Luna-Orozco et al. (2012), demostraron que la utilización de (50 mg/IM/3 semanas) era suficiente para estimular la actividad estral en hembras anovulatorias durante los meses de anestro estacional (marzo).

Sin embargo, no se sabe que vía de aplicación de testosterona (intramuscular, IM; subcutánea, Sc), es más efectiva para mejorar la estimulación sexual de los machos cabríos del norte de México. Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar si existe una diferencia entre la vía de aplicación de la testosterona para inducir a la respuesta sexual de machos cabríos y determinar su habilidad de inducir a la actividad sexual en cabras anestricas.

## **OBJETIVO**

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la efectividad de la aplicación de testosterona por vía intramuscular y subcutánea en machos cabríos para inducir la actividad estral en cabras anovulatorias.

## **HIPÓTESIS**

La aplicación de testosterona por vía intramuscular o subcutánea estimula la respuesta sexual de los machos cabríos inducen la respuesta de la actividad estral en cabras anovulatorias.

## **II. REVISION DE LA LITERATURA**

### **2.1. Estacionalidad reproductiva en caprinos**

De acuerdo a su comportamiento reproductivo, los mamíferos se clasifican en reproductores estacionales o continuos, según ciclen en una determinada época o durante todo el año. Dentro del primer grupo, y según cual es la estación de cría, se clasifican en estacionales de fotoperiodo ascendente o descendente. En base a esta clasificación, los caprinos están considerados como reproductores poliéstricos estacionales de fotoperíodo descendente (De la rosa, 2011).

La estacionalidad reproductiva es un fenómeno fisiológico de adaptación en muchas especies silvestres para enfrentar los cambios estacionales de las condiciones climáticas, para que los partos se presenten durante el momento más favorable para la supervivencia de las crías. La domesticación ha inducido a una perdida casi completa de la adaptación de las especies al medio ambiente como ha sucedido con los bovinos y porcinos; sin embargo especies como los ovinos, caprinos y equinos han retenido la capacidad de adaptación, dando como resultado una reproducción estacional, por lo que razas de ovinos y caprinos de

regiones templadas y subtropicales son sexualmente activos durante el otoño e invierno, de manera que los nacimientos ocurren durante la primavera (Malpaux et al., 1996).

Los pequeños rumiantes son animales poliéstricos estacionales, es decir, presentan varios ciclos estralesúnicamente en una estación variada del año, con lo cual, la actividad reproductiva se relaciona íntimamente con el ritmo de producción de la carne, leche y sus derivados (Álvarez y Zarco, 2001). La actividad reproductiva de los animales domésticos puede ser influenciada por varios factores como son: la raza, la localización, el fotoperiodo y la alimentación entre otras (Carillo, et al. 2010).

Las razas caprinas adaptadas a las áreas subtropicales presentan variaciones estacionales en su actividad reproductiva. En el subtrópico de México, en particular en la Comarca Lagunera, se han observado variaciones en la actividad sexual de los caprinos locales, determinándose una marcada estacionalidad reproductiva (Delgadillo et al., 2003).

La acción del fotoperíodo depende de la latitud, es mayor en las regiones más alejadas del ecuador que en las cercanas (Delgadillo et al., 2003).

La aparición y duración de estos periodos varía según la latitud en donde se encuentren. En la comarca lagunera el periodo de inactividad sexual en cabras sucede durante los meses de marzo o agosto, mientras que el periodo de actividad sexual de las cabras sucede de septiembre a febrero (Duarte et al., 2008).

## **2.2. Estacionalidad en diferentes regiones**

Las razas de ovinos y caprinos originarios de zonas templadas, muestran marcadas variaciones estacionales en la actividad reproductiva. Sin embargo, en las zonas tropicales, donde las variaciones fotoperiódicas son menos marcadas que las templadas, las razas nativas pueden reproducirse durante todo el año, aunque presentan una disminución de la actividad reproductiva en diferentes periodos del año (Chemineau et al., 1994).

En el subtrópico australiano la actividad gonadal de los machos cabríos es influida principalmente por la alimentación, por lo que la estación sexual inicia antes en machos bien alimentados que en los que no lo están. En el subtrópico mexicano, y particularmente en la comarca lagunera hay una estacionalidad de los partos en hembras locales que se encuentran en condiciones extensivas, con un alto porcentaje de ellos entre noviembre y febrero lo que indica que el inicio de la actividad sexual ocurre en junio. En los machos de esta región en condiciones

extensivas el periodo sexual ocurre durante el invierno y la primavera (Delgadillo et al., 2003).

### **2.3. Factores que regulan la reproducción en la cabra**

La duración de la temporada de apareamiento, la libido y el comportamiento sexual y social, son codificados por los factores genéticos y se modifican por la acción de los factores externos principalmente el fotoperiodo y disponibilidad de alimento, temperatura, régimen pluvial y humedad. Existen numerosos antecedentes que demuestran una importante variación de la actividad reproductiva entre genotipos, en particular la libido. Esta variación implica que los aspectos reproductivos no pueden extrapolarse entre las distintas razas y que deben ser evaluados por cada sistema de producción (Silvestre et al., 2012).

#### **2.3.1. Fotoperiodo**

Para programar su actividad reproductiva los animales utilizan el fotoperiodo, el cual también tiene efectos sobre la secreción de prolactina, hormona que se relaciona con la latencia y el crecimiento del pelaje. En la cabra la gestación dura 5 meses, por lo que para parir en la primavera debe quedar gestante durante el

otoño del año anterior. La reducción de la duración del día que se presenta durante el otoño, le sirve como señal para que se presenten ciclos estrales fértiles, lo mismo ocurre en los animales jóvenes, la pubertad únicamente la presentan durante los días en que se reducen las horas luz (Álvarez et al., 2001).

La información luminosa es captada por la retina, en donde el impulso se transmite por vía nerviosa hasta la glándula pineal, que produce o no melatonina en respuesta a la percepción de luz y oscuridad (Fig. 1).

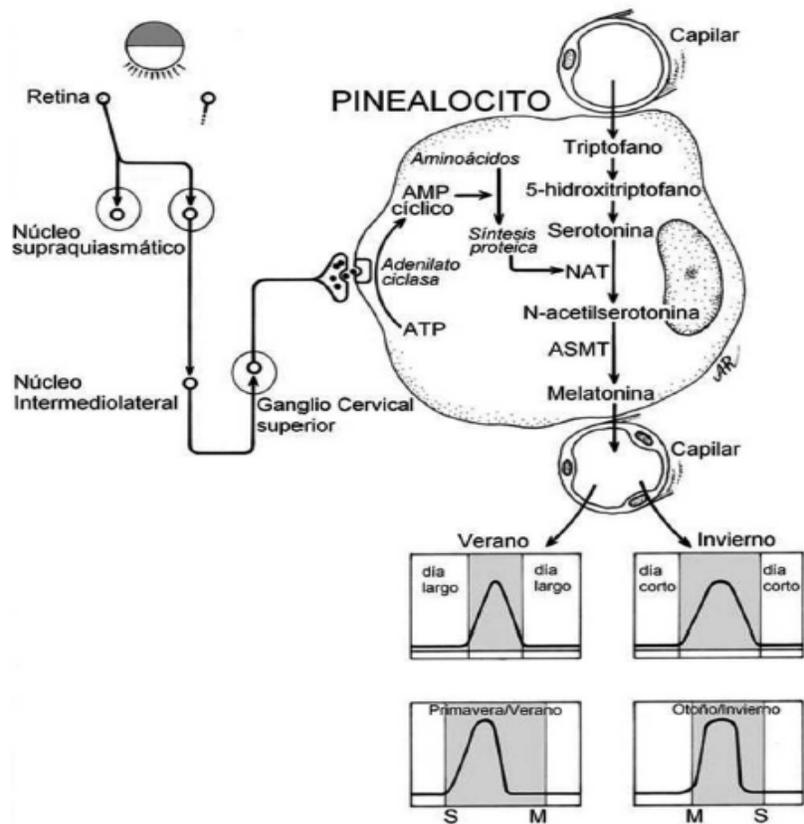


Fig. 1. Síntesis y secreción de melatonina en reproductores de día largo (verano) y reproductores de día corto (invierno) (Reiter et al., 1991).

La hormona se secreta durante las horas de oscuridad, por lo que existe mayor cantidad de melatonina circulante en los días con más cantidad de horas de oscuridad y menor número de horas luz, como en los que se presentan en otoño e invierno, la secreción de melatonina disminuye en los días con menos horas de oscuridad, como los que presentan en la primavera y el verano (Carrillo et al., 2010). Los modos de acción de la melatonina no son conocidos totalmente pero el efecto final durante un día corto es modular la secreción de GnRH que a su vez controla la secreción de LH y FSH (Mailliet et al., 2004). La repetitividad del ciclo anual de reproducción observado en los caprinos locales de la Comarca Lagunera sugiere que el fotoperiodo sincroniza el inicio y final de la actividad sexual en estos animales (Delgadillo et al., 2004).

### **2.3.2. NUTRICIÓN**

Los factores nutricionales necesarios para una reproducción exitosa son la energía, proteínas, vitaminas y minerales. Los niveles de energía de la dieta y la

calidad de forrajes influyen en las características del eyaculado y actúan como moduladores de su calidad (Delgadillo et al., 2000). Cuando los caprinos adultos son alimentados con raciones bajas en energía en periodos prolongados, la libido y la producción de testosterona son afectados antes que las características del semen (Delgadillo y Cheminaeu, 1992)

El periodo de anestro en las hembras y reposo sexual en machos coinciden con el periodo de sequía que ocurre en la región de la comarca lagunera y, en consecuencia, con una dramática disminución de la cantidad y calidad de forraje disponible para los animales, por lo que la ausencia de la actividad sexual se sugirió es provocada por la subalimentación. La alimentación, aun cuando no es el factor regulador principal, si puede ser un factor modulador de la actividad sexual de las hembras caprinas locales del norte de México (Delgadillo et al., 2003)

La restricción alimentaria en los mamíferos puede afectar las regiones del hipotálamo que regulan la liberación y producción de hormonas de la glándula pituitaria involucradas en los procesos reproductivos. En los rumiantes domésticos, la restricción de energía en la dieta provoca retraso en la presencia de la pubertad, distribuidos en la ciclicidad de las hembras sexualmente maduras,

anestro posparto prolongado y, probablemente prolongación del anestro estacional en las especies con comportamiento reproductivo estacional (Rosales et al., 2006).

#### **2.4. Bioestimulación sexual en caprinos**

El término de bioestimulación sexual, se refiere a la estimulación del sistema reproductivo de un animal por un individuo de la misma especie (Álvarez et al., 2007). La utilización de la bioestimulación sexual en rebaños de ganado ovino-caprino, es una tecnología que hoy tiene gran importancia por su contribución a la obtención de celos naturales, fuera de la estación sexual, lo que contribuye a la reducción del uso de hormonas exógenas. Con la bioestimulación sexual por efecto hembra y efecto macho en ovinos y caprinos, se puede favorecer: la producción de partos y leche durante s periodo improductivo, el éxito de la reproducción programada con menos, o sin uso de hormonas, la eficiencia reproductiva durante el año, tanto bajo sistema de monta libre, como en el de monta dirigida (Álvarez et al., 2001). El ejemplo más claro es el efecto macho en ovejas y cabras en el cual se induce la ovulación por la introducción de un macho sexualmente activo con cabras en anestro. En la exposición de hembras, el macho

induce en pocos minutos un incremento en las frecuencias de los pulsos de la hormona LH presentando la ovulación en los próximos 3 a 5 días (Álvarez et al., 2007).

## **2.5. Efecto macho**

El efecto macho es el proceso donde los sementales son capaces de inducir o estimular la presencia de celos en cabras que se encuentran en la estación de anestro y ocurre principalmente en criolla, Nubia y Bóer. Normalmente, tras la entrada de los machos, las cabras presentan celo entre los 7 y los 12 días (Urrutia et al, 2002). En ovejas y cabras se induce la ovulación por la introducción de un macho sexualmente activo con cabras en anestro. En la exposición de hembras, el macho induce en pocos minutos un incremento en las frecuencias de los pulsos de la hormona LH presentando la ovulación en los próximos 3 a 5 días (Álvarez et al., 2007).

Este fenómeno es multisensorial y la respuesta de las hembras depende de la calidad de las señales emitidas por el macho. Durante el periodo de reposo sexual, la calidad de las señales del macho (comportamiento sexual, olfato, la

vista, el tacto y el oído) disminuye considerablemente, por lo que en algunos meses del año, la respuesta de las hembras al efecto macho es baja o ausente (Delgadillo et al., 2008).

La presencia del macho aumenta la actividad hipofisaria de las hembras, lo que se manifiesta con una elevación de la frecuencia y un aumento de la amplitud de la secreción pulsátil de LH, la cual conlleva, al actuar sobre el ovario, a una estimulación del crecimiento folicular y consecuentemente a un aumento de la secreción estrogénica que va a determinar la secreción del pico preovulatorio de LH y por consiguiente la ovulación (Urrutia et al., 2002).

Los machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a tratamientos fotoperiódicos o mediante tratamientos hormonales mediante aplicación de testosterona mejoran la calidad de sus señales y en consecuencia la respuesta de las hembras (Delgadillo et al 2008; Luna-Orozco et al., 2012).

Sin embargo, la introducción repentina de machos sexualmente activos son capaces de inducir a la actividad sexual de las hembras en la época de anestro estacional (Delgadillo et al., 2002).

## **2.6. Uso de la testosterona en la reproducción caprina**

La testosterona es uno de los esteroides fundamentales asociados al proceso de reproducción. Asegura la diferenciación sexual y el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios del macho semental y regula la secreción de gonadotropinas, se encarga de la virilización externa durante la embriogénesis, la mayor parte de la maduración sexual y la vida sexual adulta, incluyendo la iniciación y mantenimiento de la espermatogénesis. El 98% de la testosterona circula unida a globulina transportadora siendo el 2% libre la fracción biológicamente activa y disponible (Soto et al., 2001).

La testosterona es necesaria para el comportamiento sexual normal, la función testicular y el desarrollo muscular. Las concentraciones testiculares de testosterona son considerablemente superiores a las concentraciones sistémicas, y son necesarias para la función normal, las proteínas producidas por los sustentocitos que se unen a la testosterona son las responsables de la mantención de esta alta concentración testicular. Cuando las concentraciones de testosterona son altas, este sistema disminuye la producción de ésta debido a la

inhibición que se produce sobre el hipotálamo-hipófisis, por el contrario, cuando las concentraciones son bajas no hay inhibición y el sistema incrementa la producción de testosterona (Obregón y Díaz, 2012).

Las hormonas FSH y testosterona cumplen papeles importantes en la espermatogenesis, aunque la testosterona de animales no estacionales parece ser el factor regulador más importante. El aumento en la concentración de testosterona plasmática también es indicativo del inicio de la pubertad (Aranguis, 2007).

Los machos tratados con testosterona inducen eficientemente a cabras en anestro. Croker et al. (1982) en un estudio que realizo reporto que mediante el tratamiento con testosterona a machos castrados se provocó la actividad estral en el 74% de las cabras en los primeros 13 días, después de la introducción de los machos, mientras que el grupo control expuesto a machos castrados no tratados fue solamente del 17%. Otro estudio realizado por Luna-Orozco et al.(2012), reportaron que el 93% de las hembras expuestas a los machos tratados con testosterona mostraron actividad estral, quedando gestantes el 77%, mientras las cabras sometidas a los machos control no mostraron ningún signo de actividad estral. Lo que conlleva a la conclusión final que los machos cabríos tratados con

testosterona exógena mejoran su comportamiento sexual lo cual induce la actividad sexual de las hembras anéstricas.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. LOCALIZACION Y METODOS**

El estudio se realizó en un hato lechero bajo condiciones extensivas, el cual fue del 15 de mayo al 14 de julio del 2013, en el ejido 6 de Enero, este forma parte de la comarca lagunera de Durango la cual está situada a una latitud de 26°N y a una altura que varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar. Se utilizaron caprinos de genotipo indefinido (mezcla de diversas razas lecheras multirraciales), además serán expuestos a las variaciones naturales del fotoperiodo de la región antes y durante el estudio, los cuales son de 13:41 horas durante el solsticio de verano y 10:19 horas durante el solsticio de invierno.

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

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

##### **3.2.1.1. Formación de grupos experimentales**

Se utilizaran 6 machos cabríos adultos locales de la región, con una edad promedio entre 2 a 5 años. El 1 de mayo los machos fueron estabulados y alimentados con una dieta que cubría sus necesidades fisiológicas. Estos machos fueron divididos en tres grupos homogéneos (n=2 c/u) en cuanto a condición

corporal, peso corporal, circunferencia escrotal y olor. Los grupos estuvieron separados a una distancia de más de 100 m entre grupos.

### **3.2.1.2. Manejo y alimentación**

La alimentación será a base de heno de alfalfa (17 % PC, 1.95 Mcal de EM) a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14 % de proteína cruda, 1.7 Mcal de EM) por día y por animal durante todo el período experimental y se adicionaron (block) sales minerales.

### **3.2.1.3 Tratamiento con testosterona exógena a los machos**

El día 13 Tratamiento con testosterona exógena a los machos sobre acceso y 200 g de concentrado comercial (14 % de proteínas Laboratorios Brovel, Mex) para estimular su actividad sexual en contra estación (Luna-Orozco et al., 2012), la cual fue aplicada cada tercer día, durante 3 semanas. Otro grupo de machos (SC; n=2) fueron tratados con testosterona (50 mg/día/animal), vía subcutánea (Laboratorios Brovel, Mex), la cual fue aplicada cada tercer día, durante 3 semanas. Y finalmente otro grupo de machos (SS; n=2) fueron tratados con un ml de solución de concentrado comercial (14 % de proteína)

### **3.2.2 Hembras**

Se utilizaron 60 hembras adultas locales, las cuales fueron divididas en 3 grupos homogéneos en cuanto a peso y condición corporal. Todas las hembras fueron tratadas con 20 mg de progesterona vía intramuscular (progestelas E, Qro, Mex.), como dosis única a las -24 h a la inducción de los machos, esto se realizara con la finalidad de que las hembras sean más receptivas y manifiesten el comportamiento estral a corto plazo (Véliz et al., 2005).

#### **3.2.2.1. Manejo y alimentación**

Las hembras estabuladas desde el 31 de mayo hasta 15 días después de la introducción del macho (14 de junio), la alimentación fue a base de heno de alfalfa (17 % PC, 1.95 Mcal de EM) a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14 % de proteína cruda, 1.7 Mcal de EM) por día y por animal durante todo el período experimenta y se adicionaron (block) sales minerales. El agua fue también a libre acceso.

#### **3.2.3. Introducción de los machos con las hembras (efecto macho)**

El día 31 de Mayo (día 0), un grupo de 20 hembras anovulatorias (GSS) fueron expuestas a 2 machos testigo, un segundo grupo de 20 hembras (GIM) fueron expuestas a otros 2 machos tratados con testosterona por vía intramuscular, y el tercer grupo de 20 hembras (GSC) fueron expuestas a 2 machos tratados con testosterona por vía subcutánea. Los machos y las hembras estuvieron en contacto durante 15 días. Durante todo el periodo de estudio todos los animales se alojaron en corrales provistos de sombra, y divididos con maya y lonas que no permitían la visión entre grupos.

### ***3.3 Variables a determinar***

#### **3.3.1 Hembras**

##### **3.3.1.1 Actividad estral**

Se registró la actividad estral del 31 de mayo al 14 de junio de 2014. Las hembras que permanecían inmóviles a la monta del macho se consideraron en estro (Chemineau et al., 1992). Se detectaron dos veces al día mediante la observación visual de personal capacitado (08:00 y 18:00 h).

### **3.3.1.2 Latencia al estro**

En base a los registros de actividad estral de las hembras se tomó el primer estro de cada hembra y se midió en horas. Posteriormente se promedió el resultado de todas las hembras para sacar un promedio general para cada grupo.

### **3.3.1.3 Diagnóstico de gestación.**

La determinación de hembras gestantes se determinó a los 45 días después de la introducción de los machos. Lo cual se realizó mediante un ultrasonido (HS-2000, Honda Electronics CO, LTD.) por vía transrectal 7.0 MHz.

### **3.3.2 Análisis estadísticos**

La proporción de gestación y celo se comparó mediante una prueba de Chi-cuadrada. La latencia al estro se comparó mediante una prueba de t-student.

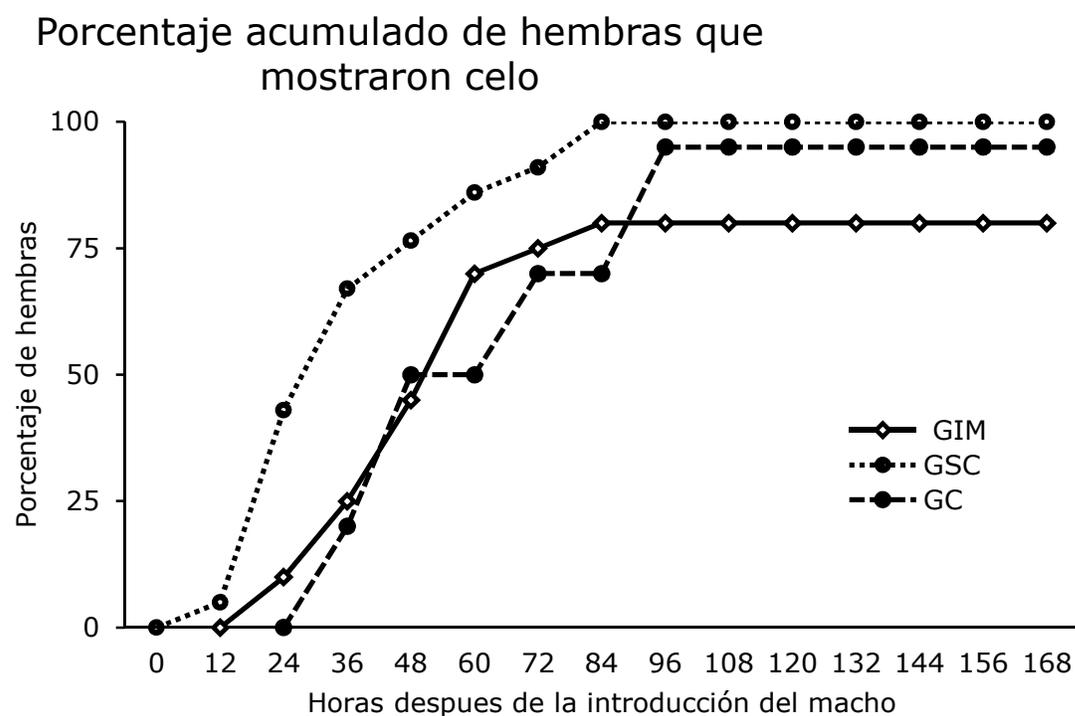
Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el paquete estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Respuesta de las hembras expuestas a machos tratados

#### 4.1.1. Actividad estral

El porcentaje acumulado de hembras que mostraron actividad estral durante las primeras 168 horas de empadre (7 días) se muestra en la Figura 1.



Más del 90% de las hembras respondieron al estímulo de los machos en los 3 grupos. En base a los resultados mostrados el contacto de machos tratados con testosterona por vía IM ó SC así como los machos del grupo control indujeron la

actividad sexual de las cabras y no hubo diferencia estadística significativa entre los 3 grupos ( $P < 0.05$ ).

#### 4.1.2. Latencia al estro

La latencia al estro, se muestran en la tabla 1, no existió diferencia significativa entre los grupos tratados con testosterona (IM o SC;  $P < 0.05$ ). Sin embargo, si existió diferencia comparándolos contra el grupo control ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 1.** Respuesta reproductiva de las hembras expuestas a los machos tratados GIM, GSC y GC durante 15 días después de la introducción de los machos.

	% Actividad estral	Latencia al estro	% Gestación
GIM	90% <sup>a</sup>	43.60±3.3 <sup>a</sup>	90% <sup>a</sup>
GSS	100% <sup>a</sup>	42.86±4.8 <sup>a</sup>	90% <sup>a</sup>
GC	95% <sup>a</sup>	60.16±5.28 <sup>b</sup>	80% <sup>a</sup>

## V. DISCUSIÓN

La actividad estral fue similar en los 3 grupos experimentales GIM, GSC y GC (90%, 100% y 95%, respectivamente) sin que existiera diferencia estadística entre ellos ( $P < 0.05$ ). Adicionalmente, la administración de progesterona contribuyó a evitar que se mostraran ciclos cortos (Veliz et al., 2009), mostrando el mayor porcentaje de actividad estral a las 12 horas después de la introducción de los machos. Se han hecho varios trabajos en relación a la inducción de la actividad sexual en cabras anestrícas las cuales han sido sometidas a machos sexualmente activos en esta zona de la comarca lagunera mostrando un 100% de actividad estral aquellas cabras sometidas a machos sexualmente activos (Véliz et al., 2009; De Santiago Miramontes et al., 2011). Mas sin embargo, el grupo de hembras expuestas a machos tratados con solución salina (GC) tuvieron una respuesta estral tan alta 95% (19/20), aun cuando las hembras se encontraran en anestro estacional. Estos resultados concuerdan con las observaciones de Delgadillo et al. (1999), que han descrito que la actividad sexual de machos cabríos en esta zona del norte de México se extiende desde mayo a diciembre, también se ha podido demostrar que existen variaciones estacionales entre años (Du Pérez et al., 2001), así como también el factor nutricional juega un papel muy importante en esta

modulación, frecuentemente se ha señalado que la nutrición es el factor que controla la reproducción anual de los caprinos aunque sensibles al fotoperiodo, la alimentación se ha convertido en el modulador principal del ciclo anual de reproducción (Galina et al., 2006). Por lo anterior probablemente esto fue una causa por la cual las hembras sometidas a machos del GC mostraron actividad sexual, ya que los machos se encontraban al inicio de la época reproductiva lo cual dio un estímulo suficientemente alto para inducir a la conducta estral de estas hembras.

Por otra parte, las hembras expuestas a machos tratados con testosterona independientemente de la vía de aplicación IM; SC mejoraron la latencia al estro ( $43.60 \pm 3.3$ ,  $42.86 \pm 4.8$ , respectivamente), sin que existiera diferencia estadística entre estos dos grupos ( $P < 0.05$ ), mas sin embargo, si existió diferencia estadística al compararlos contra el GC ( $60.16 \pm 5.28$ ;  $P > 0.05$ ), esto debido probablemente a que los machos tratados con testosterona mostraron una mayor conducta sexual debido a la aplicación de testosterona. Estos resultados están en línea con los reportados por Ángel-García., (2014), los cuales mencionan que la aplicación de testosterona exogena aumenta el comportamiento sexual y los niveles plasmáticos

de testosterona en machos cabríos, lo cual puede explicar porque se acorto la latencia al estro en las hembras expuestas a machos tratados con testosterona independientemente la vía aplicación (IM ó SC).

Por último, en lo referente a la tasa de gestaciones en los grupos GIM, GSC y GC, (90%, 90% y 80%, respectivamente), no existió diferencia estadística entre ellos ( $P < 0.05$ ). Y aun cuando no existió diferencia estadística entre ellos, si existe una diferencia productiva en el número de hembras que van a parir (2 hembras), lo cual si es beneficio para el productor.

## VI. CONCLUSION

Los resultados del presente estudio demostraron que los machos cabríos tratados con testosterona independientemente de la vía de aplicación (IM ó SC) en el norte de México (26°N), no es un factor determinante en la inducción de la actividad estral durante el mes de mayo, bajo las condiciones en las que se realizó este estudio. Mas sin embargo los machos tratados con testosterona (IM o SC) redujeron el tiempo de latencia al estro con lo cual en una alternativa para mejorar este parámetro reproductivo.

## VII. LITERATURA CITADA

- Álvarez L., y Zarco L. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*, 117-129.
- Aránguis Rojas F.A. 2007. Características del eyaculado obtenido por electro eyaculación en corderos post-puberales nacidos de hembras expuestas a un exceso de testosterona durante la preñez, 4-8.
- Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V. R. y Meza-Herrera, C. A. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1-14.
- 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. *HormBehav*, 473-477.
- Carrillo E, Meza-Herrera CA, Véliz FG. 2010. Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados el subtrópico mexicano. *RevMex Cien Pec*, 169-178.
- Chemineau P, Daveua A, Maurice F, Delgadillo J A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small. Rumin. Res*, 299-312.

- Chemineau P. y Delgadillo J. A. 1994. Neuroendocrinología de la reproducción en el caprino. Revista Latinoamericana de pequeños ruminantes, 81-89.
- Chemineau P. 1983. Effect on oestrus and ovulation of exposing creole goats to the male at three times of the year. J ReprodFertil, 65-72.
- Córdova A., Nava J.R., Pérez J.F. 2002. Importancia de las feromonas en la reproducción animal MedVet, 99-107.
- De la rosa C. S. 2011. Manual de reproducción caprina. 1ª edición, 7-10.
- Delgadillo J.A., Fitz-Rodríguez G., Duarte G., Veliz F.G., Carrillo E., Flores J.A., Vielma J., Hernández H., Malpoux B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. ReprodFertilDev, 471-478.
- Delgadillo J.A., Flores J.A., Veliz F.G. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. Vet.Méx, 69-77.
- Delgadillo J.A., Vielma J., Flores J.A. 2008. Localidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho, 39-43.
- Delgadillo, J.A. 2004. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. Reprod. Nutr. Dev, 183-93.

- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpaux, B., 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 727-737.
- Delgadillo, J.A., Carrillo, E., Morán, J., Duarte, G., Chemineau, P., Malpaux, B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *Journal of Animal Science*, 2245-2252.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpaux, B., 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J AnimSci*, 2780-2786.
- Duarte G., Nava-Hernández M.P., Malpaux B., Delgadillo J.A. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *AnimReprodSci*, 65-70.
- Evans G. y W. M. Maxwell. 2000. Inseminación artificial de ovejas y cabras, 192.
- Gibbons A., M. Cueto y M. Wolf. 2000. Manual de inseminación Artificial en la Especie Caprina. EEA Bariloche. INTA, 19.
- Gibbons J.R., Kot K., Thomas D.L., Wilbank M.C., Ginther O.J. 2000. Follicular and FSH dynamics in ewes with a history of high and low ovulation rates. *Theriogenology*, 10005-1020.
- Malpaux, B., Chemineau, P., y Peller. 1993. Efectos de las variaciones del fotoperiodo sobre la reproducción. *Anim .reprod. Sct.*, 235-243.

- Martin G.B., Rodger J., Blache D. 2004. Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *ReprodFertilDev.*, 491-501.
- Mellado M., Olivas R., Ruiz F. 2000. Effect of buck stimulus on mature and prepubertal Norgestomet - treated goats. *Small Rumin Res*, 269-274.
- Obregón B.E., Torres D.L. 2012. Reproducción estacional en el macho”. *Int J. Morphol.*, 1226-1279.
- Rosales C.A., Urrutia J., Gamez H. 2006. Influencia del nivel de alimentación en la actividad reproductiva de cabras criollas durante la estación reproductiva. *TécPecuMéc.*, 399- 406.
- Silvestre P., Naim P. 2012. Estacionalidad reproductiva en machos caprinos criollo-neuquinos de la Patagonia Argentina. *Arch. Zootec.*, 119-128.
- Soto H.E., González B.H., López G. 2001. El ensayo inmunofluorométrico (FIA) en la medición de testosterona en caprinos, 41-43.
- Urrutia J., Gámez V.H., Rosales N.C.A. 2002. Uso del efecto macho y suplementario para el empadre de invierno en cabras, 12-16.