

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE MACHOS CABRÍOS EN REPOSO
SEXUAL TRATADOS CON TESTOSTERONA POR VÍA INTRAMUSCULAR (IM)
Y/O SUBCUTÁNEA (SC).**

POR:

ALEJANDRO JUÁREZ PALAFOX

TESIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO, 2014

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



**INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE MACHOS CABRÍOS EN REPOSO
SEXUAL TRATADOS CON TESTOSTERONA POR VÍA INTRAMUSCULAR (IM)
Y/O SUBCUTÁNEA (SC).**

POR:

ALEJANDRO JUÁREZ PALAFOX

Firma manuscrita de Alejandro Juárez Palafox.

**DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS
ASESOR PRINCIPAL**



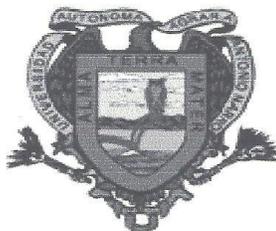
Firma manuscrita de Ramón Alfredo Delgado González.

MCV RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO, 2014

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



INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE MACHOS CABRÍOS EN REPOSO
SEXUAL TRATADOS CON TESTOSTERONA POR VÍA INTRAMUSCULAR (IM)
Y/O SUBCUTÁNEA (SC).

TESIS POR:

ALEJANDRO JUÁREZ PALAFOX

Elaborada bajo la supervisión del comité particular y aprobada como requisito
parcial para optar por el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

JURADO:

F. A. H. R.
DR. FRANCISCO GERARDO VELIZ DERAS
PRESIDENTE

DR. FERNANDO ARELLANO RODRIGUEZ
VOCAL

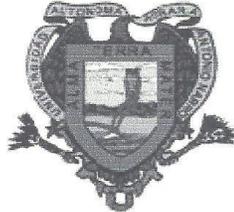
DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO
VOCAL

MC. LETICIA ROMANA GAYTÁN ALEMÁN
VOCAL

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO, 2014

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



INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE MACHOS CABRÍOS EN REPOSO
SEXUAL TRATADOS CON TESTOSTERONA POR VÍA INTRAMUSCULAR (IM)
Y/O SUBCUTÁNEA (SC).

TESIS POR:

ALEJANDRO JUÁREZ PALAFOX

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría

ASESOR PRINCIPAL

co. eliz
DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

ASESORES:

F. D. 11-2

DR. FERNANDO ARELLANO RODRÍGUEZ
ASESOR

MC. GERARDO ARELLANO RODRÍGUEZ
ASESOR

MC. ÓSCAR ÁNGEL GARCÍA
ASESOR

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO, 2014

DEDICATORIAS

Antes que nada a Dios por hacer de mí una persona profesionalista y permitirme culminar con éxito mi carrera.

A mi padre M.V.Z Joel Luis Juárez Rojas, a mi madre Ana María Palafox Méndez, que todo lo que soy y tengo se lo debo a ustedes al estar conmigo en las buenas y en las malas, por brindarme sus consejos, su apoyo moral y escucharme cuando los necesité, esto es para ustedes.

A mi hermano M.V.Z Luis Joel Juárez Palafox por ser mi amigo de toda la vida y apoyarme de la mejor manera cuando me hacía falta.

A mi familia que ha estado conmigo brindándome su apoyo a lo largo de mi carrera.

A ti Rosy mi pareja, amiga y compañera de siempre que has sabido estar conmigo durante cinco largos años apoyándome en las buenas y en las malas.

A mis amigos que también han sabido escuchar y brindarme su apoyo cuando me hizo falta.

A mis asesores, en especial al M.C Oscar Ángel García que fue pieza importante en la elaboración de este trabajo.

A todas esas personas que me faltó nombrar y que sin embargo los llevo presentes.

A mi ALMA MATER, por permitirme ser buitre de corazón.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada agradezco infinitamente a Dios por haberme prestado vida y darme la oportunidad de terminar mi carrera universitaria, por llenarme de bendiciones a lo largo de la vida, darme consuelo, momentos de paz y calma cuando las cosas fueron difíciles.

A mi padre M.V.Z Joel Luis Juárez Rojas que aunque ya no estés conmigo de esta manera te demuestro que agradezco mucho el esfuerzo que hiciste por mí, que gracias a ti desde pequeño fuimos creciendo entre los animales, de ahí el gusto por esta profesión, que también supiste enseñarnos a trabajar y a enseñarnos que en esta vida todo se puede, te nos adelantaste en el camino pero te llevo en el corazón siempre.

A mi madre Ana María Palafox Méndez que siempre supo escucharme y tener los consejos y las palabras apropiadas para cada situación, que a pesar de los momentos difíciles no te diste por vencida y nos apoyaste para seguir adelante.

A mi hermano M.V.Z Luis Joel Juárez Palafox por todo su aprecio y apoyo incondicional en los momentos en que más lo necesité, por ser el mejor amigo que he tenido en la vida, gracias por todo su apoyo.

A toda mi familia, mis tíos Marco Antonio, Dolores, Aracely y Erika Palafox que estuvieron al pendiente de mí.

A mis abuelos Marcos y Berta Palafox por su cariño y apoyo en los momentos difíciles que pasamos.

A mis amigos y a mis compañeros de tesis Emmanuel y Daniela, que me brindaron su apoyo incondicional.

A mis asesores, en especial al M.C Oscar Ángel García por ayudarme en la elaboración de este trabajo.

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi ALMA MATER de toda la vida, por permitirme ser parte de ella.

Al equipo de básquet-bol de mi ALMA MATER por permitirme el honor de vestir su camiseta y defender sus colores, pero sobre todo por ser buitre de corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO.....	3
1.2. HIPÓTESIS.....	3
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	4
2.1. Estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes.....	4
2.2. Estacionalidad reproductiva de las cabras.....	5
2.3. Control reproductivo del macho.....	6
2.4. Factores que regulan la estacionalidad reproductiva en el macho.....	7
2.4.1. Fotoperiodo.....	9
2.4.2. Nutrición.....	9
2.4.3. Clima.....	10
2.4.3.1. Actividad sexual de las cabras localizadas en regiones templadas.....	11
2.4.3.2. Actividad sexual de las cabras localizadas en regiones subtropicales.....	12
2.5. Inducción de la actividad reproductiva en el macho.....	13
2.5.1. Bioestimulación sexual.....	13
2.5.1.1. Efecto macho-hembra.....	14
2.5.1.2. Efecto hembra-macho.....	15
2.5.1.3. Efecto hembra-hembra.....	16
2.6. Tratamientos hormonales para estimular el comportamiento sexual de los machos.....	17
2.6.1. Testosterona.....	17
2.6.2. GnRH.....	18
2.6.3. Melatonina.....	19
2.6.4. Glutamato.....	21
2.6.5. Kisspeptinas (Kp).....	25

III.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1.	Lugar de estudio	27
3.2.	Animales y su manejo.....	27
3.2.1.	Manejo de los machos.....	27
3.2.2.	Tratamiento de los machos.....	27
3.3.	Variables evaluadas.....	28
3.3.1.	Actividad sexual del macho	28
3.4.	Análisis estadísticos.....	28
IV.	RESULTADOS.....	29
4.1.	Respuesta de los grupos experimentales.	29
4.2.	Prueba de comportamiento de machos tratados con testosterona IM y testosterona SC vs grupo control.....	29
V.	DISCUSIÓN.....	30
VI.	CONCLUSIÓN	30
VII.	LITERATURA CITADA	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1. Adaptación de la representación esquemática de las relaciones entre los factores del medio ambiente, el sistema nervioso central, la hipófisis y las gónadas en la especie caprina (Chemineau y Delgadillo, 1993). -----8

Fig.2. Vías neuronales propuestas por las que los AAE influyen en la secreción hormonal. (Urbanski *et al.*, 2006). ----- 24

Fig.3. AVPV: núcleo periventricular anteroventral. ARC: núcleo arcuato. GNRH-R: receptor de la hormona liberadora de gonadotropinas. LH-R: receptor de la hormona luteinizante. FSH-R: receptor de la hormona foliculoestimulante. ----- 26

Fig.4. Comportamiento sexual de los machos tratados con testosterona IM (barras negras) y testosterona SC (barras blancas) comparados con el grupo control (barras verdes), del norte de México (26° N) durante dos horas por la mañana (0900-1000 h) y de (1700-1800) durante 5 días en contacto con hembras anovulatorias. ----- 29

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de testosterona por vía IM y subcutánea SC para inducir la actividad sexual en machos cabríos en época de reposo sexual. Se utilizaron 6 machos adultos divididos en tres grupos (n=2 c/u). Un primer grupo de machos grupo control (Control; GC) fue tratado con 0.5 ml de solución salina fisiológica, la cual fue aplicada cada tercer día por animal. Un segundo grupo de machos (T4-IM), fue tratado con 50 mg de testosterona por animal vía intramuscular, cada 3 días, durante 21 días. Un tercer grupo de machos (T4-SC), recibió 50 mg de testosterona por animal vía subcutánea, cada 3 días, durante 21 días. Del 30 de mayo al 3 de junio cada grupo fue puesto en contacto tres grupos (n=20 c/u) de hembras anovulatorias, donde se registró el número de olfateos, aproximaciones, flehmen, intentos de montas, montas completas, automarcajes y agresiones de cada grupo de machos. Cada una de las variables del comportamiento sexual de cada grupo se comparó por medio de una chi-cuadrada. Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el paquete estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000). El 46.4% de las conductas sexuales (olfateos ano-genitales, aproximaciones, flehmen, montas completas, automarcajes y agresiones) fueron realizadas por T4-IM ($P \leq 0.05$). Mientras que el GC realizó el 28% y el T4SC el 25% de las conductas sexuales ($P \leq 0.05$). Los resultados del presente estudio indican que la aplicación de testosterona IM estimula el comportamiento sexual; mientras que la aplicación de testosterona por vía SC no estimula el comportamiento sexual en los machos cabríos durante el periodo de reposo sexual.

Palabras clave: comportamiento sexual, testosterona IM, testosterona SC, estacionalidad reproductiva, machos cabríos.

I. INTRODUCCIÓN

En el norte de México se encuentra una de las regiones más importantes para la producción caprina del país. Ésta es la Comarca Lagunera, la cual cuenta con alrededor de 5% de la población nacional de caprinos (9 millones, SAGARPA., 2006). La mayoría de los caprinos en el mundo y principalmente en México, se explotan bajo sistemas de manejo extensivo con encierro nocturno, esto hace crítica la reproducción y la producción. La Caprinocultura es una actividad productiva que sostiene alrededor de un millón y medio de mexicanos, de los cuales los estados de: Coahuila, Puebla, San Luis Potosí y Guerrero se dedican a la producción de carne caprina. En cambio, los estados con mayor producción de leche caprina son: Coahuila, Durango y Guanajuato, que aportan 74 % de la producción del país (SAGARPA., 2010). 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). Esto trae consecuencias importantes sobre la conducta reproductiva de los rebaños y la economía de las explotaciones (Chemineau *et al.*, 2008). En efecto, la producción caprina depende de la eficiencia reproductiva de los animales (Martin y Kadokawa, 2006). Se han desarrollado estrategias para la activación de machos y hembras en estos periodos de ausencia sexual.

Los sistemas de producción extensiva, se caracteriza por ser un sistema de escasos recursos por parte del productor, por lo que es necesario encontrar una técnica sencilla y económica que sustituya el manejo del fotoperiodo, para inducir la actividad sexual en las cabras en anestro estacional. Una alternativa viable es estimular artificialmente a los machos cabríos inactivos mediante la aplicación de testosterona y exponerlos a cabras en anestro estacional, para tener una producción láctea fuera de época lo cual tendrá como beneficio una producción mayor de leche y cabritos en el año.

1.1. OBJETIVO

Evaluar el efecto de la aplicación de testosterona por vía IM y subcutánea SC para inducir la actividad sexual en machos cabríos en época de reposo sexual.

1.2. HIPÓTESIS

La aplicación de testosterona induce la actividad sexual de los machos cabríos en época de reposo sexual independientemente de la vía de aplicación.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes

El término estacionalidad sexual se refiere a que durante una determinada época del año algunas especies tienen periodos de actividad e inactividad sexual. Existen factores que directamente influyen sobre la reproducción, como la duración del día y la noche, las interacciones sociales por mencionar algunos (Bronson., 1985). Los pequeños rumiantes son animales poliéstricos estacionales, es decir, presentan varios ciclos estrales únicamente 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).

Los animales con reproducción estacional como los ovinos y caprinos con el fin de asegurar la supervivencia de su descendencia y por consiguiente de su especie enfrentan las condiciones del medio ambiente con una estrategia reproductiva bien definida: seleccionan la época del año más favorable para sus partos en las cuales abundan de alimentos que son adecuados para el desarrollo de sus recién nacidos (Bronson., 1985). Generalmente ocurren en la primavera, donde encuentran el clima y la disponibilidad de alimento (Heideman., 1994). Para

programar su actividad reproductiva los animales utilizan el fotoperiodo (Goodman., 1994).

2.2. Estacionalidad reproductiva de las cabras

En los trópicos las cabras son criadores continuos, aunque una restricción de forraje puede en ocasiones provocar un periodo de anestro (Luna-Orozco *et al.*, 2012). En latitudes 25° N las razas de cabras nativas son capaces de reproducirse en primavera, sin embargo el mestizaje indiscriminado de razas criollas con razas lecheras ha llevado a un anestro estacional, aunque este es menos marcado que el observado en zonas templadas (Luna-Orozco *et al.*, 2012). La frecuencia de ovulaciones y el comportamiento estral en cabras Alpina y Saanen, incluso manteniendo una excelente condición corporal, presentan un largo periodo de reposo sexual, la temporada de anestro se presenta en los meses de marzo a septiembre (Chemineau *et al.*, 2008).

La estacionalidad reproductiva en cabras lecheras en el norte de México (26°N) es un serio problema para la industria, ya que impide la producción acelerada, limita el acceso a mercados favorables y produce ciclos de producción de la carne y leche de cabra (Carrillo *et al.*, 2011). Algunas razas de ovinos y caprinos originarios o adaptados a latitudes subtropicales presentan estacionalidad en su actividad reproductiva. En las cabras locales de las zonas

áridas de México (26°N), el anestro estacional se presenta de marzo a agosto, mientras que en los machos de esta misma raza el periodo de reposo sexual se extiende de enero a mayo (Carrillo *et al.*, 2007).

2.3. Control reproductivo del macho

Aunque la actividad espermática y el comportamiento sexual siempre están presentes hay una variación marcada según la estación del año en que se encuentren (Chemineau *et al.*, 2010), durante el reposo sexual la secreción de LH, de testosterona, el peso testicular y de producción espermática cualitativa y cuantitativa se encuentran reducidos (Delgadillo *et al.*, 1999., Delgadillo *et al.*, 2001), por lo tanto en dicho periodo el comportamiento sexual de los machos se ve reducido, el número de montas disminuye y las copulaciones pueden desaparecer totalmente.

Esta estacionalidad reproductiva depende principalmente de las variaciones anuales del fotoperiodo (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010), esta acción se genera a nivel de eje hipotálamo – hipofisario – gonadal mediante la vía de la epífisis o glándula pineal. Dicha glándula recibe las variaciones de horas luz por día y actúa transformando los impulsos ópticos en hormona melatonina (Lincoln G.A., 1980; Chemineau *et al.*, 1986). Gracias a la melatonina se regula la secreción de GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), la que a su vez

influye sobre la secreción de gonadotropinas LH y FSH. Durante el día la información lumínica captada inhibe la síntesis de dicha hormona, por lo que la melatonina solo es sintetizada durante la noche. Durante los días largos la duración de la secreción será corta, mientras que en los días cortos esta duración de la secreción será más extensa (Mailliet *et al.*, 2004).

2.4. Factores que regulan la estacionalidad reproductiva en el macho

Existen factores capaces de alterar este equilibrio: el fotoperiodo que por la vía sensorial ocular modula la intensidad de la actividad sexual; la presencia de parejas sexualmente a través de la vía sensorial olfativa y el nivel alimenticio (Chemineau y Delgadillo, 1993). En el macho las características reproductivas también se ven influenciadas por la época del año. La nutrición es especialmente importante en la producción, calidad seminal e intensidad de la libido, por lo que los sementales deben recibir suplementación antes del empadre. También se ha demostrado el efecto del fotoperiodo sobre la actividad sexual (Trejo., 1989).

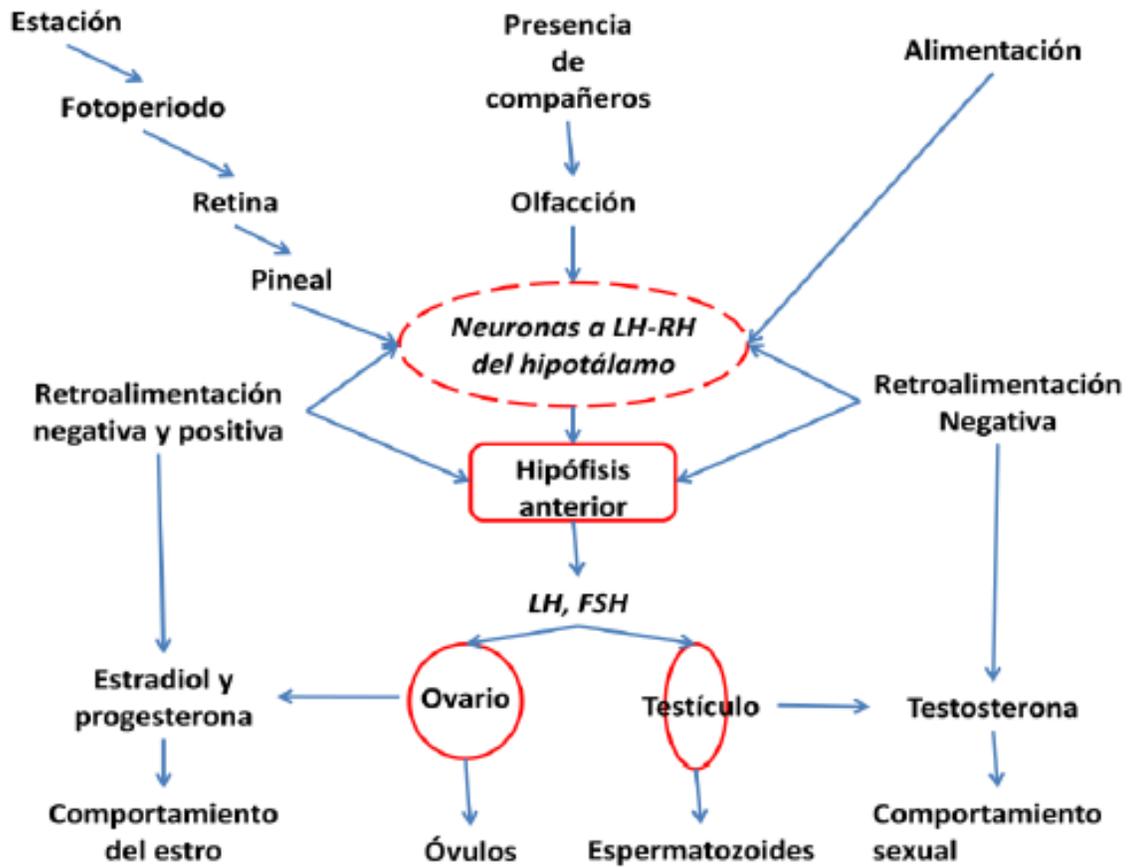


Fig.1. Adaptación de la representación esquemática de las relaciones entre los factores del medio ambiente, el sistema nervioso central, la hipófisis y las gónadas en la especie caprina (Chemineau y Delgadillo, 1993).

2.4.1. Fotoperiodo

La repetibilidad 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). El fotoperiodo controla la secreción de melatonina, esta hormona es la responsable del de la sincronización del ritmo anual de la reproducción. El estímulo luminoso recibido en la retina, es transmitido hasta la glándula pineal, la cual secreta melatonina solamente los períodos de oscuridad. Una larga duración en la secreción de melatonina es percibida como un día corto, mientras que una corta duración de secreción es percibida como día largo. 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).

2.4.2. Nutrición

Otro factor que se ha mencionado importante en la modulación de la actividad sexual de los pequeños rumiantes es la alimentación (Delgadillo *et al.*, 2004). Los factores nutricionales necesarios para una reproducción exitosa son la energía, proteínas, vitaminas y minerales. Los niveles de energía de la dieta, así como la calidad de los forrajes influyen considerablemente en las características

del eyaculado y actúan como moduladores de su calidad (Delgadillo *et al.*, 2000a). Se encontró una correlación entre el desarrollo testicular y el incremento de peso corporal (Delgadillo y Chemineau., 1992), por lo que en situaciones de subalimentación, el testículo experimenta una pérdida volumétrica muy superior a la evidenciada en el peso total del animal (relación 3:1) (Thwaites y Hannan., 1989). Cuando los caprinos adultos son alimentados con raciones bajas en energía por períodos prolongados, la libido y la producción de testosterona son afectados mucho antes que las características del semen; los efectos de la desnutrición pueden corregirse cuando los animales ya están maduros, pero es más difícil en animales jóvenes por el daño permanente causado al epitelio germinal de los testículos (Hafez., 1993).

2.4.3. Clima

Una variación en el clima por época caracteriza a la mayoría de los animales y, como consecuencia, los mamíferos al menos tienen una tendencia a la estacionalidad (Fajersson, 1999). Las razas originarias de las zonas tropicales, en donde las variaciones fotoperiódicas son de baja amplitud, el inicio de la actividad sexual, pueden iniciarse en cualquier época del año (Chemineau *et al.*, 1984). Por ello, en estas latitudes el fotoperiodo no tiene influencia alguna sobre el inicio de la actividad sexual. La disponibilidad de la alimentación, el régimen de lluvias o la temperatura son los factores del medio ambiente que modulan en estas latitudes, la actividad reproductiva de los caprinos (Ortavant *et al.*, 1985).

2.4.3.1. Actividad sexual de las cabras localizadas en regiones templadas

En las zonas de latitudes templadas, las razas de cabras permanecen anéstricas y anovulatorias durante los días largos de la primavera y el verano, estas comienzan a mostrar actividad sexual al mismo tiempo en que disminuye el fotoperiodo durante el otoño (Hafez., 1993). Registros colectados durante 35 años por la Sociedad Británica de Caprinocultura indican que en el hemisferio norte, la estación de reproducción de las cabras inicia en agosto y se extiende hasta el mes de marzo. Asimismo, dichos registros señalan que en estas cabras existe un pico de apareamientos que se presenta durante octubre y noviembre (Asdell., 1926). Lo anterior coincide con lo reportado en las cabras Alpinas y Saanen en Francia, en las cuales el periodo natural de reproducción se desarrolla de septiembre a febrero, es decir en otoño e invierno (Chemineau *et al.*, 1992). En la región norte de la provincia de Neuquén en la Patagonia Argentina (41° S), las hembras caprinas Criollas presentaron una actividad reproductiva estacional. Esto es, las hembras mostraron un periodo de ovulaciones totales (con o sin estros) que se extendió desde fines de marzo a principios de septiembre (Cueto *et al.*, 2003).

3.4.3.2. Actividad sexual de las cabras localizadas en regiones subtropicales

En las cabras de la Comarca Lagunera, región subtropical de México, las hembras muestran actividad sexual (ovulaciones) del mes de septiembre al mes de febrero (Duarte *et al.*, 2008). En esta región, el periodo de reposo sexual en los machos y el periodo de anestro en las hembras coincide con la estación seca. Por ello se postuló que los cambios en la disponibilidad de alimento eran los responsables de dicha estacionalidad reproductiva (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Sin embargo, esta estacionalidad reproductiva también se observó en los animales mantenidos en condiciones intensivas, en donde recibieron una adecuada nutrición (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2008). También en las cabras Cashmere localizadas en regiones subtropicales de Australia (29° S), se ha observado que ellas presentan variaciones estacionales en su actividad sexual. En efecto, Restall (1992) encontró que en esas cabras la época de actividad sexual se presentó de febrero a agosto (otoño-invierno), mientras que el periodo de inactividad sexual se presentó de septiembre a enero (primavera-verano). En Argentina (30°S), las cabras nativas Criollas muestran su actividad reproductiva de marzo a septiembre y el periodo de anestro estacional ocurre de octubre a febrero (Rivera *et al.*, 2003). Estos antecedentes, describen claramente que las cabras localizadas en regiones subtropicales presentan marcadas variaciones estacionales en su actividad reproductiva.

2.5. Inducción de la actividad reproductiva en el macho

Existen diversas razones para manipular la actividad sexual en los caprinos. Primero, la sincronización de estro puede servir para controlar el tiempo de reproducción y la ocurrencia de los partos para un mejor manejo del rebaño y facilitar en gran medida la utilización de los programas de inseminación artificial, fecundación in vitro y la ovulación múltiple, así como la transferencia de embriones (Córdova-Izquierdo *et al.* 2008; González-Stagnaro, 1993). De igual modo, el control de la reproducción permite inducir la actividad sexual en animales con reproducción estacional lo cual disminuiría el intervalo de tiempo requerido para producir nuevas generaciones de individuos dentro del hato.

2.5.1. Bioestimulación sexual

La bioestimulación refiere a los efectos estimativos de un macho o una hembra para la activación fisiológica reproductiva causados entre individuos. En este fenómeno están implicadas señales como las feromonas. Estas feromonas son mensajeros químicos orgánicos secretados por las glándulas exocrinas. Son parte muy importante en la reproducción animal ya que juegan un papel en la preservación de las especies por su interacción en el proceso de Bioestimulación sexual (Córdova *et al.*, 2002). Estos estímulos ejercen influencia sobre la conducta de otros animales de la misma especie. En caprinos y ovinos existen tres procesos

principales de bioestimulación sexual: efecto macho sobre la hembra, efecto hembra sobre el macho y efecto hembra sobre otra hembra (Córdova *et al.*, 2002).

2.5.1.1. Efecto macho-hembra

El efecto macho constituye un estímulo social que permite iniciar la actividad reproductiva tanto en ovejas y en cabras (Flores *et al.*, 2000; Álvarez y Zarco., 2001; Delgadillo *et al.*, 2003). En la actualidad, es una técnica de bioestimulación que se utiliza en diferentes latitudes del mundo para inducir la actividad sexual de las hembras anéstricas (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2003). En las cabras y las ovejas que pertenecen a las zonas y que presentan anestro estacional, la actividad sexual puede ser estimulada y sincronizada mediante la introducción de un macho inducido a la actividad sexual, este estímulo provoca un incremento de la pulsatilidad de la LH, sincroniza el estro y la ovulación (Flores *et al.*, 2000; Rosa *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2004; Martin *et al.*, 2004; Ungerfeld *et al.*, 2004; Veliz *et al.*, 2006). La secreción de la LH permanece elevada mientras exista el contacto macho-hembra. (Vielma *et al.*, 2009). Los machos tratados fotoperiódicamente, son capaces de estimular la actividad sexual de las hembras mantenidas en condiciones extensivas de igual manera que aquellas mantenidas en confinamiento (Fitz-Rodríguez, 2004; Delgadillo *et al.*, 2006).

Sin embargo, en las razas que no manifiestan una marcada estacionalidad reproductiva, la actividad sexual de las hembras puede ser estimulada por los machos en cualquier época del año (Chemineau., 1983). En las razas caprinas estacionales, la respuesta de las hembras al efecto macho es mejor cuando se realiza un mes antes del inicio del periodo natural de actividad sexual o un mes después del final de la estación sexual anual (periodo de transición) (Mellado *et al.*, 2000). Sin embargo, la introducción repentina de machos sexualmente activos son capaces de inducir a la actividad sexual de la hembras en la época de anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2002). Otro factor muy importante para que la mayoría de las hembras respondan adecuadamente al ser sometidas al efecto macho, es el tiempo de contacto entre ambos sexos (Bedos *et al.*, 2010) demostraron que el contacto de sólo 4 h diarias con machos sexualmente activos, es suficiente para estimular la actividad ovulatoria en cabras anovulatorias.

2.5.1.2. Efecto hembra-macho

Al igual que las hembras son estimuladas en el efecto macho, los machos cabríos también pueden ser estimulados por la presencia de hembras en estro para que a su vez estimulen a otras hembras en anestro. Este proceso se le denomina “efecto hembra indirecto” (Álvarez y Zarco., 2001). Schanbacher *et al.*, (1987) demostraron que en ovinos la estimulación de los machos por hembras inducidas artificialmente al estro es más eficiente durante el periodo de reposo sexual de los machos. Estos responden con un incremento en la frecuencia de los

pulsos de LH y un incremento de los niveles de LH plasmáticos acompañado también de un aumento de los niveles de testosterona. Estos autores también observaron en los machos estimulados que se manifestaron las conductas como aproximaciones, olfateos ano-genitales, pataleos, montas y montas con eyaculación cuando fueron puestas en contacto con las hembras en celo.

2.5.1.3. Efecto hembra-hembra

Existe un papel inductor a la actividad sexual por parte de las hembras caprinas de forma independiente del macho llamado “efecto hembra directo”. Las hembras en estro son capaces de inducir una respuesta ovulatoria en sus compañeras en anestro estacional sin la necesidad de contar con la presencia del macho (Álvarez y Zarco., 2001). En ovejas la relación hembra-hembra puede estar mediada además de estímulos olfatorios, también por estímulos visuales y auditivos. Por ejemplo, en ovejas estabuladas en 5 corrales contiguos, mientras más alejadas estén de ovejas en estro inducido artificialmente con progestágenos, el porcentaje de ovejas bioestimuladas con actividad estral disminuye, de 87.5%, 58%, 37.5%, 32% y 13%, a medida de que el corral de las hembras bioestimuladoras está más alejado de ellas (Zarco *et al.*, 1995). El efecto inducido por la presencia de cabras en estro induce en forma casi inmediata un pico de LH y provoca un estímulo sobre la actividad ovárica de cabras en anestro estacional.

Los efectos de esta actividad ovárica inducida son semejantes a las de un ciclo fértil (Álvarez *et al.*, 1999), siempre y cuando las hembras bioestimuladas durante el proceso tengan contacto físico, auditivo y visual con las hembras en estro (Ramírez *et al.*, 2001). La inclusión del 20% de hembras en estro es suficiente para estimular las actividades estral y ovulatoria de la mayoría (>75%) de las hembras anéstricas estabuladas (Restall *et al.*, 1995). Sin embargo, no se conoce la respuesta en cabras en pastoreo.

2.6. Tratamientos hormonales para estimular el comportamiento sexual de los machos

2.6.1. Testosterona

La testosterona es la hormona principal de los testículos, ya que es un esteroide que se sintetiza a partir de la androstenediona. La secreción de testosterona se encuentra bajo el control de la LH, y el mecanismo mediante el cual la LH estimula a las células de Leydig incluye a la formación de AMP cíclico y actividad de RNA mensajero (Ruckebush *et al.*, 1994). La testosterona junto con otros andrógenos ejerce un efecto retroalimentador inhibitor sobre la secreción de LH actuando directamente sobre la hipófisis, inhibiendo la secreción de GnRH del hipotálamo. Junto con la FSH la testosterona mantiene la espermatogénesis (Chemineau y Delgadillo., 1994)

Los machos cabríos tratados con testosterona inducen eficientemente a cabras de anestro. Por ejemplo, Croker *et al.*, (1982), reportaron que mediante el tratamiento con testosterona a machos cabríos castrados se indujo a la actividad estral el 74% de las cabras en los primeros 13 días, después de la introducción de los machos, mientras que el grupo testigo expuesto a machos cabríos castrados no tratados fue solamente del 17%. De un total de 91 cabras multíparas de raza mixta en anestro fueron asignadas aleatoriamente a uno de tres grupos de machos en tratamiento, el grupo 1 se unió con los machos cabríos sometidos a 2,5 meses de días largos (16 h luz/ día, n=31), el grupo 2 se unió con machos tratados con testosterona (n=30) y el grupo 3 se unió con machos no tratados (control n=30). Los resultados indican que no hubo diferencias en el grupo de machos tratados con luz (100%), en el grupo de los machos tratados con testosterona (93%) de machos indujeron estro en las cabras anovulatorias, mientras que ninguna de las cabras en contacto con machos del grupo control presentaron estro (Luna-Orozco, *et al.* 2012).

2.6.2. GnRH

La GnRH es un decapeptido sintetizado en el núcleo arcuato, supraquiasmático y en el área preóptica del hipotálamo. Esta hormona actúa esencialmente en las células de la glándula pituitaria llamadas gonadotrofos,

donde existen receptores específicos para esta hormona, los cuales son responsables de la síntesis y la liberación de las gonadotropinas. La respuesta de la hipófisis a la GnRH depende de la relación entre la concentración plasmática de LH y estradiol. Se ha demostrado que las inyecciones repetidas de GnRH aumentan la concentración de progesterona plasmática en las hembras y de testosterona en los machos (Ruckebush *et al.*, 1994).

Se ha observado que al administrar GnRH por medio de infusión constante, sus receptores presentes en adenohipófisis, regulan en forma descendente la secreción de LH hasta llegar a cero, no obstante, si se le administra GnRH en forma episódica con la frecuencia de una dosis por hora se estimula la secreción de LH. La LH y FSH influyen en la producción de esteroides sexuales por las gónadas y afecta la espermatogénesis, ovogénesis y ovulación. La LH estimula a las células de Leydig para secretar testosterona, esta hormona ejerce un efecto de retroalimentación inhibiendo la secreción de la LH, al actuar directamente sobre la secreción de GnRH del hipotálamo (Ganong., 2000).

2.6.3. Melatonina

La época de actividad reproductiva está regulada por un ritmo hormonal endógeno, sincronizado por estímulos del medio ambiente, siendo el fotoperiodo el más importante. Estímulos de luz solar son recibidos por la retina y transmitidos a

la glándula pineal, donde se convierten a estímulos hormonales (melatonina), misma que regula el eje reproductivo endocrino (Gerlach y Aurichr., 2000). Los tratamientos con melatonina exógena, imitan el efecto de días cortos, generalmente estimulan la actividad reproductiva de los criadores de días corto. En las ovejas de latitudes templadas, implantes subcutáneos son normalmente insertados alrededor del solsticio de verano (Haresign *et al.*, 1990).

El uso comercial de la melatonina exógena en ovejas y cabras ha sido autorizado en varios países de la Unión Europea. En latitudes mediterráneas, los implantes de melatonina han sido por lo general utilizados alrededor del equinoccio de primavera, precedida por la separación de las hembras de los machos por 45 días. Esto optimiza la actividad reproductiva, facilitando una mejor sincronización de parto (Chemineau *et al.*, 1996). Recientemente se ha demostrado que el uso de la melatonina (Zarazaga *et al.*, 2009) o una combinación de días largos y melatonina (Zarazaga *et al.*, 2011c) induce la actividad reproductiva durante el anestro estacional sin separación de los machos. Sin embargo, el uso de días largos solo no induce el estro en un porcentaje suficientemente alto de las hembras (Zarazaga *et al.*, 2011b).

El uso del efecto macho, acompañado por días largos artificiales y / o implantación de melatonina, es muy eficaz en las latitudes mediterráneas, aumentando el rendimiento reproductivo respecto a la alcanzada por el efecto macho solo. Altos rendimientos reproductivos fueron vistos en el macho después de la administración de melatonina sola (Zarazaga *et al.*, 2009) o melatonina en

combinación con días largos (Zarazaga *et al.*, 2011c), pero no con días largos solos (Zarazaga *et al.*, 2011b).

2.6.4. Glutamato

El glutamato es el neurotransmisor excitador más abundante en el sistema nervioso central de los mamíferos. Sus efectos excitadores fueron descritos en los años 50, al observar que su aplicación tópica sobre la corteza cerebral producía actividad convulsiva y que su aplicación iontoforética producía despolarización de neuronas e incremento de la frecuencia de potenciales de acción (Curtis *et al.*, 1959). Actualmente, está bien establecido que el glutamato cumple el papel de neurotransmisor en la mayoría de las sinapsis excitadoras rápidas del sistema nervioso central (Nicholls., 1993; Márquez., 2004). El glutamato es el ligando endógeno de los dos principales receptores de aminoácidos excitadores a) receptores ionotrópicos acoplados a canales iónicos, los cuales son posteriormente divididos en los subtipos; en NMDA, kainato y α -metil-3-hidroxi-5-metil-4-isoxazole ácido propiónico (AMPA) y b) receptores metabotrópicos acoplados a proteínas G. Todos estos receptores están presentes en el hipotálamo (Meeker *et al.*, 1994; Van den Pol *et al.*, 1994; Torres., 2009).

El glutamato es el neurotransmisor estimulante principal en el sistema nervioso central de mamíferos y aunque puede ejercer algo de su influencia sobre

la secreción de GnRH directamente, la mayoría de las veces es mediada indirectamente a través de estimuladores conocidos y circuitos inhibitorios. En consecuencia, la respuesta resultante de las neuronas GnRH de aminoácidos excitatorios es probable que sea en un contexto dependiente, que muestra cambios marcados durante la pubertad, durante el ciclo estral, durante el anestro lactacional y después de la gonadectomía.

Dado que el glutamato existe como cuatro diferentes grupos (un grupo transmisor, un grupo metabólico, un grupo glial y un grupo precursor de GABA) el papel del glutamato en la pubertad es complejo. Las concentraciones de glutamato en el hipotálamo de la rata incrementan con la edad postnatal, alcanzando un máximo después del inicio de la pubertad, y en la corteza de la rata los niveles de glutamato también continúan incrementando hasta la edad adulta (López., 2009). La sensibilidad a la estimulación de glutamato temporalmente incrementa durante el periodo puberal en ratas. Bourguignon *et al.*, (1995) proponen que el componente de entrada glutamatérgico a través de los receptores NMDA es el de inhibir la liberación de GnRH en ratas juveniles, e iniciase gradualmente la liberación de GnRH conforme el animal crece. Conforme la pubertad se acerca, la desaparición del sistema NMDA inhibitor incrementa un sistema NMDA estimulador, de manera que el resultado es un incremento en la liberación de GnRH inducido por NMDA.

Existe evidencia que sugiere que los AAE pueden estar involucrados en el control neural de circuitos asociados con la medida del tiempo, especialmente en especies fotoperiódicas de reproducción estacional (Colwell *et al.*, 1995). Esta evidencia sugiere que a nivel del hipotálamo, la función excitatoria del glutamato implica la participación estimuladora o inhibitoria del pulso generador de GnRH, además de estimuladores secundarios tales como: Neuropéptido-Y, Noradrenalina, GABA, Opioides, Neurotensina y la especial participación de la hormona Melatonina. En el mismo sentido Smith y Jennes (2001) proponen que el estradiol, acoplado con signos neurales diarios originarios del SNC, dirige la actividad de un número de sistemas de neurotransmisores y neuropéptidos resultando en una activación cíclica de la red GnRH. Asimismo, Colwell *et al.*, (1991) sugieren que los AAE pueden estar involucrados en los eventos neuroquímicos que regulan la reproducción mediante el control pineal de la melatonina.

De manera general se asume que el neurotransmisor inhibitorio GABA y el neurotransmisor estimulador glutamato son liberados de diferentes neuronas, sin embargo, no se tiene claro el cómo las mismas señales aferentes pueden causar cambios opuestos en la liberación de GABA y del glutamato. La activación de las neuronas GnRH requieren de la supresión de GABA y estimulación de la secreción de glutamato, cada uno de los cuales ocurre en respuesta a señales del fotoperiodo, pero solamente en presencia de estradiol, por lo que se ha comunicado que todas las neuronas del núcleo periventricular anterolateral de la

rata, expresan vesículas transportadoras de glutamato y vesículas transportadoras de GABA, por lo que se propone un nuevo modelo para la ovulación que incluye una función dual de las neuronas GABA/glutamato como transductores central de las señales hormonales y neurales hacia las neuronas GnRH (Ottem *et al.*, 2004).

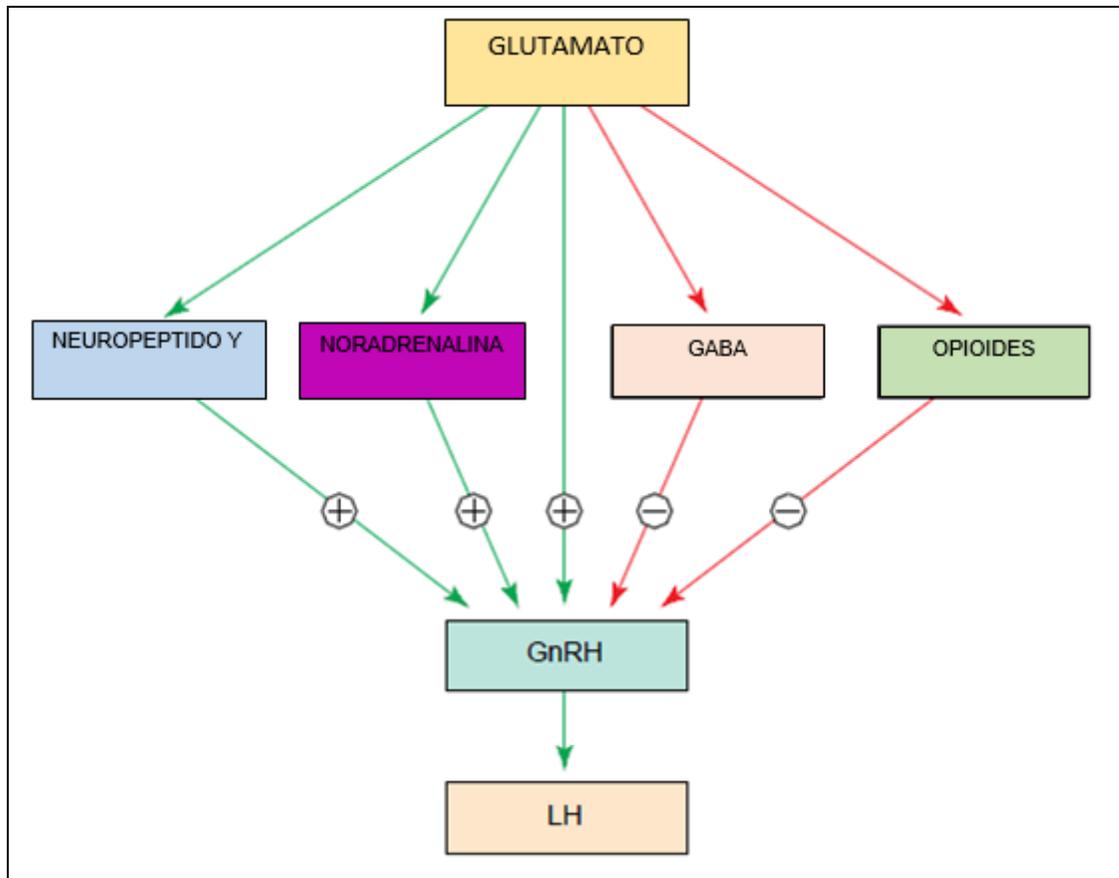


Fig.2. Vías neuronales propuestas por las que los AAE influyen en la secreción hormonal. (Urbanski *et al.*, 2006).

2.6.5. Kisspeptinas (Kp)

Son una familia de neuropéptidos producidos principalmente por dos poblaciones de células neuronales hipotalámicas. Recientemente surgió como un importante regulador del eje de gonadotropina y su acción se encuentra sobre la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH). La administración de Kp estimula potentemente la secreción de gonadotropinas. Esta acción se ejerce principalmente a través de la estimulación de la liberación de GnRH. La administración intravenosa, intraperitoneal, o subcutánea de Kp indujeron un aumento fuerte y rápido en el plasma de gonadotropinas hormona luteinizante (LH) y hormona foliculoestimulante (FSH). Sin embargo, este efecto estimulador es de corta duración. La administración pulsátil de Kp en corderas prepúberes fue utilizada para activar la función ovárica, lo que lleva al aumento de la esteroidogénesis ovárica, la estimulación de LH, un pico preovulatorio, y la ovulación. En ovejas en anestro, una infusión intravenosa de una dosis baja de Kp indujo una elevación inmediata y sostenida de liberación de gonadotropinas, seguido unas horas más tarde por un pico de LH.

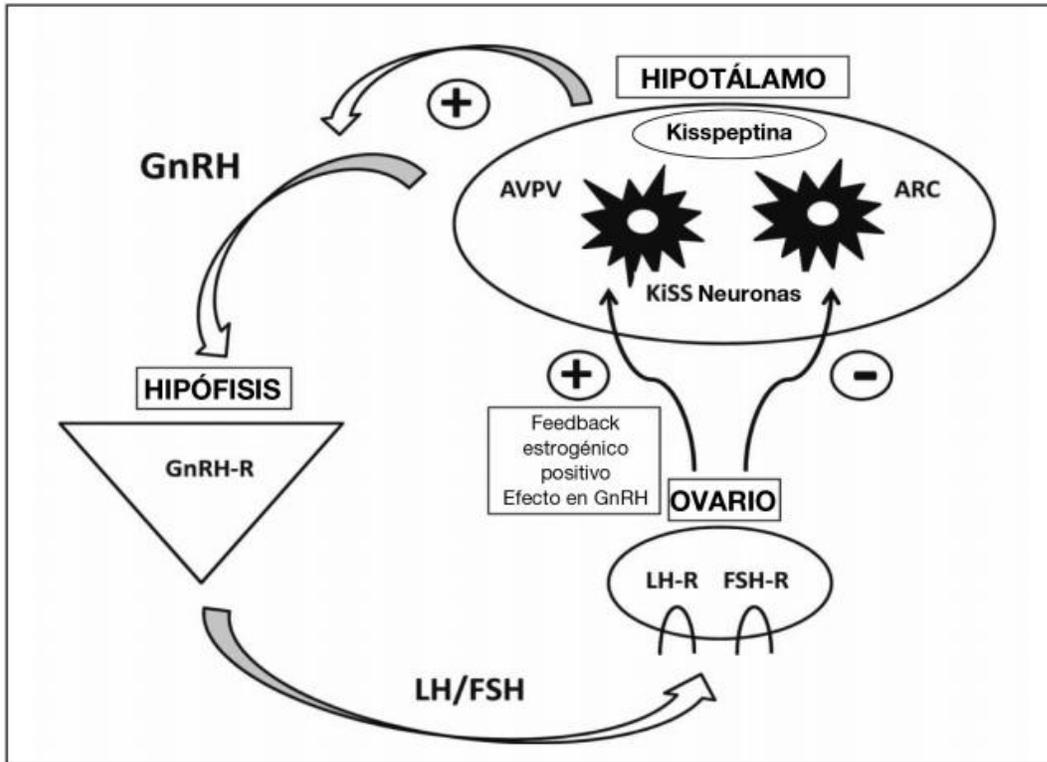


Fig.3. AVPV: núcleo periventricular anteroventral. ARC: núcleo arcuato. GNRH-R: receptor de la hormona liberadora de gonadotrofinas. LH-R: receptor de la hormona luteinizante. FSH-R: receptor de la hormona foliculoestimulante.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El presente estudio se realizará en la Comarca Lagunera (Latitud 26° 23' N y Longitud 104°47' O). La Comarca Lagunera presenta un clima semidesértico con una precipitación pluvial anual de 230 mm y una temperatura máxima y mínima de 37° C y 6° C respectivamente.

3.2. Animales y su manejo

3.2.1. Manejo de los machos

Se utilizaron 4 machos cabríos adultos de genotipo indefinido (mezcla de diversas razas lecheras) los cuales fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14% PC por día por animal) sales minerales y agua a libre acceso. Estos animales son manejados bajo un sistema de explotación intensiva.

3.2.2. Tratamiento de los machos

Un primer grupo de machos (GC) fue tratado con 0.5 ml de solución salina fisiológica por animal vía intramuscular, cada 3 días, durante 21 días; un segundo

grupo (T4-IM) fue tratado con 50 mg de testosterona por animal vía intramuscular, cada 3 días, durante 21 días y un tercer grupo de machos (T4-SC) recibió 50 mg de testosterona por animal vía subcutánea, cada 3 días, durante 21 días.

3.3. Variables evaluadas

3.3.1. Actividad sexual del macho

Prueba de comportamiento sexual. Al final de los tratamientos estos machos fueron puestos en contacto con grupos de hembras anovulatorias, para lo cual se midió el comportamiento sexual de estos machos durante 2 h diarias durante 5 días, 0900 a 1000 am y 1700 a 1800 h, mediante la observación de las conductas sexuales de cada macho, donde se registró la frecuencia de olfateos-anogenitales, aproximaciones, flehmen, intentos de montas, montas completas, y automarcajes con orina (Véliz *et al.*, 2006). La prueba de comportamiento sexual en los grupos tratados se realizó del 30 de mayo al 03 de junio de 2013.

3.4. Análisis estadísticos

Cada una de las variables del comportamiento sexual de cada grupo se comparó por medio de una prueba de Fisher. Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el paquete estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000).

IV. RESULTADOS

4.1. Respuesta de los grupos experimentales.

4.2. Prueba de comportamiento de machos tratados con testosterona IM y testosterona SC vs grupo control.

El comportamiento sexual de los grupos tratados y expuestos a hembras anovulatorias por dos horas diarias (0900 a 1000 h y 1700 a 1800 h) durante 5 días se muestra en la Figura 4. El 46% de las conductas sexuales (olfateos anogenitales, aproximaciones, flehmen, montas completas, automarcajes y agresiones) fueron realizadas por grupo testosterona IM seguido por un 28 %; ($P < 0.05$) correspondiente al grupo control. Mientras que el grupo testosterona SC solo realizó el 25% de las conductas sexuales (25% vs 28% del grupo control; $P < 0.05$).

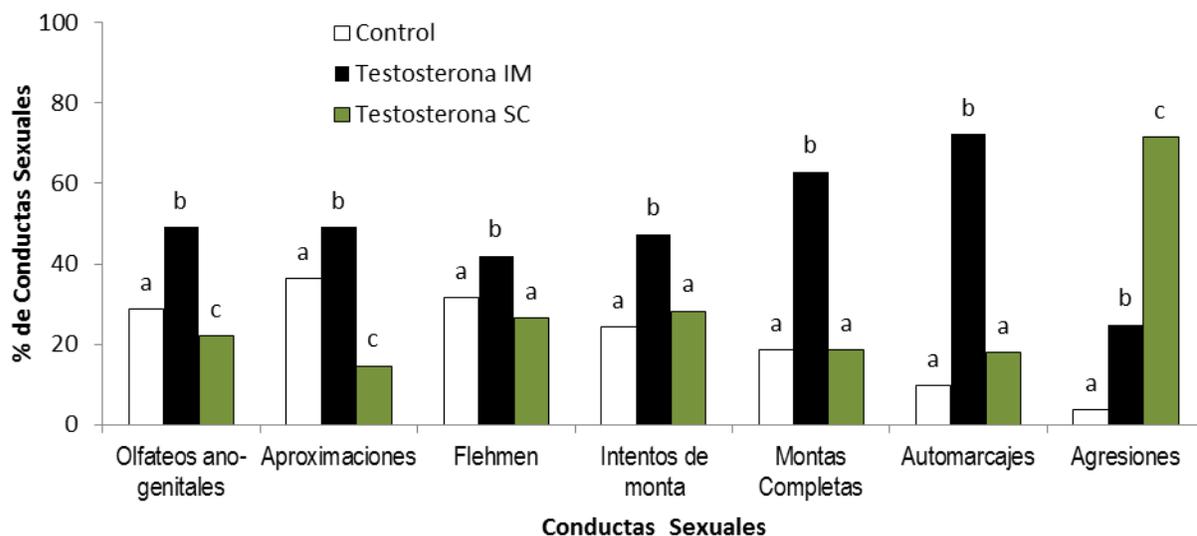


Fig.4. Comportamiento sexual de los machos tratados con testosterona IM (barras negras) y testosterona SC (barras blancas) comparados con el grupo control (barras verdes), del norte de México (26° N) durante dos horas por la mañana (0900-1000 h) y de (1700-1800) durante 5 días en contacto con hembras anovulatorias.

V. DISCUSIÓN

El comportamiento sexual realizado por el grupo testosterona IM fue mayor en comparación con el grupo control y testosterona SC. El intenso comportamiento del grupo testosterona IM pudo deberse probablemente a que cuando se aplica testosterona por vía IM se alcanzan niveles sanguíneos elevados de testosterona en comparación con la aplicación de testosterona vía SC. En efecto se conoce que esta es la responsable del comportamiento sexual (Delgadillo, 2005), la cual disminuye durante el periodo de reposo sexual; por lo que los machos del grupo control presentaron un bajo comportamiento (Delgadillo, 2005; Carrillo *et al.*, 2010).

VI. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio indican que la aplicación de testosterona IM estimula el comportamiento sexual; mientras que la aplicación de testosterona por vía SC no estimula el comportamiento sexual en los machos cabríos durante el periodo de reposo sexual.

VII. LITERATURA CITADA

- Asdell, S.A. 1926. Variation in the onset of the breeding year of the goat. *J. Agr. Sci Camb.* 16: 632-639.
- Álvarez L, Zarco L.A. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet. Méx*, 117-129.
- Álvarez L, Zarco L. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*; 32:117-129.
- Bedos M, Flores J.A, Fitz-Rodríguez G, Keller M, Malpoux B, Poindron P, Delgadillo J.A. 2010. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Horm Behav*, 473-477.
- Bourguignon J-P, Gérard A, Gonzalez, M-L.A, Purnelle G, and Franchimont P. 1995. Endogenous glutamate involvement in pulsatile secretion of gonadotropin-releasing hormone: evidence from the effect of glutamine and developmental changes. *Endocrinology* 136: 911–916.
- Bronson F.H. 1985. *Mammalian Reproduction: an Ecological Perspective*. *Biol.Reprod.*32:1-26.
- Carrillo E, Tejada L.M, Meza-Herrera C.A, Arellano-Rodríguez G, García J.E, De Santiago-Miramontes M.A, Mellado M, Véliz F.G. 2011. Response of sexually inactive French Alpine bucks to the stimuli of goats in oestrus. *Livestock Science* (2011) 141: 202.
- Carrillo E, Meza-Herrera CA, Véliz FG. 2010. Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico Mexicano. *Rev Mex Cienc Pecu* 2010; 1(2): 169-170.

- Carrillo E, Véliz FG, Flores JA, Delgadillo JA. 2007. El decremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad para inducir la actividad estral en cabras anovulatorias. *Téc Pecu Méx* 2007; 45 (3): 319-320.
- Chemineau P, Guillaume D, Migaud M, Thiéry JC, Pellicer-Rubio MT, Malpaux B. 2008. Seasonality of Reproduction in Mammals: Intimate Regulatory Mechanisms and Practical Implications. *Reprod Dom Anim* (2008) 43: 40.
- Chemineau P, Malpaux B, Pelletier J, Leboeuf B, Delgadillo J.A, Deletang F, Pobel T, Brice G. 1996. Use of melatonin implants and photoperiodic treatments to control seasonal reproduction in sheep and goats (In French, with English abstract). *INRA Productions Animals* 9, 45–60.
- 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.* 8: 299-312.
- Chemineau P. 1983. Effect on oestrus and ovulation of exposing creole goats to the male at three times of the year. *J Reprod Fertil*, 65-72.
- Colwell C. S, Max M, Hudson D, and Menaker M. 1991. Excitatory Amino Acid Receptors May Mediate the Effects of Light on the Reproductive System of the Golden Hamster. *Biology of Reproduction* 44, 604-608.
- Cueto M., Gibbons A, Lanari M.R, Tadeo H, Alberio R. 2003. Estacionalidad reproductiva en Cabras Criollas Neuquinas de Patagonia Argentina. VI congreso Iberoamericano de Razas Criollas y Autóctonas. Recife, Brasil. 1-2.
- Curtis D.R, Phillis J.W, y Watkins J.C. 1959. Chemical excitation of spinal neurones. *Nature* 183, 611.

- Delgadillo J.A, Fitz-Rodríguez G, Duarte G, Veliz F.G, Carrillo E, Flores J.A, Vielma J, Hernández H, Malpaux B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod Fertil Dev*, 471-478.
- Delgadillo J.A, Flores J.A, Véliz F.G, Hernández H.F, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Malpaux B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtropico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódico y efecto macho. *Vet Mex*, 69-79
- Delgadillo J.A, Flores J.A, Véliz F.G, Hernández H.F, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Chemineau P, Malpaux B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci*, 2780-2786.
- 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, 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.
- 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. *Anim Reprod Sci*, 65-70.
- Duarte G, Flores J.A, Malpaux B, Delgadillo J.A. 2008. "Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability". *Domestic Animal Endocrinology* 35(4): 362-370.

- Evaristo C, Rivas-Muñoz R, y Véliz F.G. 2008. Los machos cabríos caprinos alpinos tratados con días largos continuos inducen la actividad sexual de las cabras Alpinas mediante el efecto macho. Memorias de la XX semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED.
- Fitz-Rodríguez G. 2004. Estimulación de la actividad reproductiva en cabras criollas mantenidas en condiciones extensivas usando el efecto macho (tesis de maestría). Torreón, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna. 52.
- Ganong W.F. 2000. Fisiología Médica. 17ª edición. Edit. El Manual Moderno. México. 944 pp.
- Goodman R.L. 1994. Neuroendocrine control of the ovine estrous cycle. In: E. Knobil; J.D. and Neil (eds). The Physiology of Reproduction. Second edition. Raven Press, New York, N.Y. Pp. 659-709.
- Hafez E.S.E. 1993. Reproduction in farm animals Reproductive Health Center IVF/Andrology International Kiawah Island. Sexta Edición South Carolina, USA. Lea & Febiger Filadelfia, 405,423.
- Heideman PD. 1994. Seasonal regulation of reproduction in mammals. En: Knobil E, Neil JD, editors. The Physiology of Reproduction. New York: Raven Press, 1994: 541_584.
- López-M JI. 2009. Suplementación de glutamato, inicio de la pubertad y niveles séricos de Triyodotironina en cabras. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. México, 95 pp
- Luna-Orozco JR, Guillen-Muñoz JM, De Santiago-Miramontes MA, García JE, Rodríguez-Martínez R, Meza-Herrera CA, Mellado M, Véliz FG. 2012.

- Influence of sexually inactive bucks subjected to long photoperiod or testosterone on the induction of estrus in anovulatory goats. *Trop Anim Health Prod* (2012) 44: 71.
- Martin G.B, Rodger J, Blache D. 2004. Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reprod Fertil Dev.*, 491-501
- Meeker RB, Greenwood RS, Hayward JN. 1994. Glutamate receptors in the rat hypothalamus and pituitary. *Endocrinology* 134: 621–629.
- Mellado M, Olivas R, Ruiz F. 2000. Effect of buck stimulus on mature and prepubertal Norgestomet - treated goats. *Small Rumin Res*, 269-274.
- Nicholls D.G. 1993. The glutamatergic nerve terminal. *Eur. J. Biochem.* 212, 613-631.
- Ottem EN, Godwin JG, Krishnan S, Petersen SL. 2004. Dual-phenotype GABA/glutamate neurons in adult preoptic area: sexual dimorphism and function. *J. Neuroscience.* 15:8097-8105.
- Ramírez B.A, Álvarez R.L, Ducoing W.A, Trujillo G.A, Gutierrez M.J, Zarco Q.L. 2001. Inducción de actividad ovárica en cabras anéstricas mediante diferentes grados de contacto con hembras en estro. *Vet Méx*, 13-17.
- Restall B.J. 1992. Seasonal variations in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.*; 27: 305-318.
- Restall B.J, Restall H, Walkden-Brown S.W. 1995. The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrous females. *Anim Reprod Sci*, 299-303.
- Rivera G.M, Alanis G.A, Chaves M.A, Ferrero S.B, Morello H.H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Rumin. Res.* 48: 109-117.

- Ruckebush Y, Phaneuf L.P, y Dunlop R. 1994. Fisiología de pequeñas y grandes especies. 1ª Edic. Edit. El Manual Moderno, S.A. de C.V. México.
- Sáenz-Escárcega P, Hoyos G, Salinas G, Martínez M, Espinoza J.J, Guerrero A, Contreras E. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. In "Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias: Torreón, Coahuila, México. 124-134.
- SAGARPA, 2010. Situación actual de la actividad agropecuaria. En la región Lagunera Coahuila 7.
- Schanbacher BD, Orgeur P, Pelletier J, Signoret JP. 1987. Behavioural and hormonal responses of sexually experienced Ile-de-France rams to oestrous females. Anim Reprod Sci, 293-300.
- Smith M.J. and Jennes L. 2001. Neural signals that regulate GnRH neurones directly during the oestrous cycle. Reproduction (2001) 122, 1–10.
- Thwaites C.J, Hannan G.D. 1989. The effects of frequency of ejaculation and undernutrition on the size and tone of the ram's testes. Anim Reprod Sci, 29-35.
- Trejo G.A. 1989. Algunos aspectos reproductivos de los caprinos en las zonas áridas y semiáridas. V Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, Zac. Pp. 51-56.
- Ungerfeld R, Forsberg M, Rubianes E. 2004. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. Reprod. Fertil. Dev. 16: 479-490.

- Zarazaga L.A, Gatica M.C, Celi I, Guzmán J.L, Malpoux B. 2009. Effect of melatonin implants on sexual activity in Mediterranean goat females with out separation from males. *Theriogenology* 72, 910–918.
- Zarazaga L.A, Gatica M.C, Celi I, Guzmán J.L, Malpoux B. 2011b. Artificial long days and daily contact with bucks induce ovarian but not oestrous activity during the non-breeding season in Mediterranean goat females. *Animal Reproduction Science* 125, 81–87.
- Zarazaga L.A, Gatica M.C, Celi I, Guzmán J.L, Malpoux B. 2011c. Artificial long days in addition to exogenous melatonin and daily contact with bucks stimulate the ovarian and oestrous activity in Mediterranean goat females. *Animal* 9, 1414–1419.
- Zarco Q.L, Rodríguez E.F, Angulo M.R.B, Valencia J. 1995. Female to female stimulation of ovarian activity in the ewe. *Anim Reprod Sci*, 251-258.