

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



**Efecto macho en hembras anovulatorias expuestas a machos tratados con
testosterona exógena en diferentes meses.**

POR

LIZETH ALEJANDRA HERRERA CHACÓN

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2016

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

Efecto macho en hembras anovulatorias expuestas a machos tratados con
testosterona exógena en diferentes meses.

POR
LIZETH ALEJANDRA HERRERA CHACÓN

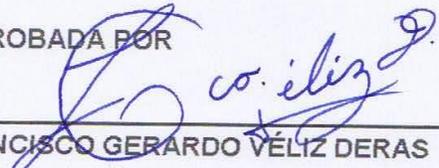
TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

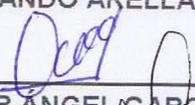
PRESIDENTE:


DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

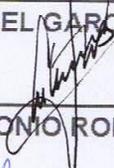
VOCAL:

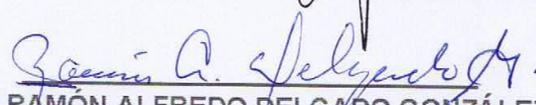
F. A - 11 - R.
DR. FERNANDO ARELLANO RODRÍGUEZ

VOCAL:


DR. OSCAR ÁNGEL GARCÍA

VOCAL SUPLENTE:


DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO


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



TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2016

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

Efecto macho en hembras anovulatorias expuestas a machos tratados con
testosterona exógena en diferentes meses.

POR
LIZETH ALEJANDRA HERRERA CHACÓN

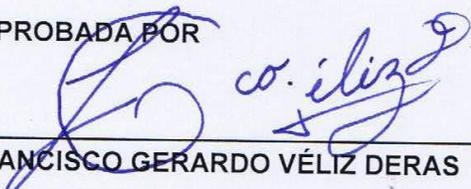
TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

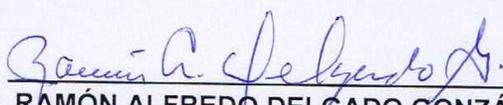
APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

ASESOR:

F. A. - R.
DR. FERNANDO ARELLANO RODRÍGUEZ


MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2016

Dedicatoria

A mis abuelos Darío Herrera Ortiz y Ma. Del Refugio Chacón Rodríguez, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, sentar en mí las bases de la responsabilidad y deseos de superación, por creer en mí, quererme y apoyarme siempre,

A mi hermana, Linda Herrera, por estar conmigo, apoyarme siempre, y darme unos sobrinos hermosos que me llenan de energía y me dan ánimos de seguir adelante, los quiero mucho.

A mis tías Teresa y Patricia Herrera de forma muy especial por su apoyo y comprensión, toda mi familia que confió.

A todos mis amigos, Wilver Cruz, Gerardo De Los Santos, Gilberto Favela, Samuel Fernández, Billy García, Sarahí Hernández, Edwin Ignacio y Ángel López por compartir los buenos y malos momentos, porque de todos aprendí algo.

A Samuel Fernández en especial por su compañía y apoyo ante todo.

Agradecimientos

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante la carrera.

A mi ALMA TERRA MATER por recibirme y permitirme ser parte de ella.

A mi asesor Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras, por la confianza y la oportunidad que me brindo al realizar este trabajo.

Al Dr. Fernando Arellano Rodríguez, por su apoyo durante mi formación profesional, su amistad, sus consejos y enseñanzas.

Al Dr. Oscar Ángel García, por su tiempo dedicado a la realización de esta tesis, por el asesoramiento, correcciones, motivación y paciencia.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue inducir la actividad reproductiva de hembras anovulatorias en diferentes meses de la estación de anestro a través del "efecto macho". Se utilizaron 8 machos adultos multirraciales divididos en (n=4) en el mes de abril y (n= 4) en el mes de mayo. Un primer grupo (Grupo testosterona; GT) se les aplicó 50 mg de testosterona vía IM mientras que a un segundo grupo (Grupo control; GC) se le aplicó 1 ml de solución salina, estos tratamientos fueron aplicados cada tercer día por 21 días. Al final del tratamiento los machos fueron puestos en contacto con hembras durante el mes de abril y mayo, Para lo cual se utilizaron 80 hembras anovulatorias, divididas en 4 grupos (n=20), de los cuales dos grupos se pusieron en contacto con los grupos de machos (GT, GC), en el mes de abril y de igual forma para el mes de mayo. La actividad estral se registró 2 veces al día, durante la mañana y en la tarde, los primeros 5 días del empadre. El porcentaje de hembras en celo para los GT fueron del 97% y se preñó un 92%. La latencia al estro para los GT fue del 38.4 ± 3.3 h y para los GC fue de 47.7 ± 6.3 h ($P > 0.05$). El porcentaje de hembras en celo para el mes de abril fueron del 92%, y se preñaron un 85%, mientras que para el mes de mayo fue del 82% y se preñaron 75%. Estos resultados demuestran que los machos cabríos tratados con testosterona exógena inducen una mayor respuesta reproductiva de hembras anovulatorias durante los meses de abril y mayo.

Palabras clave: estacionalidad, testosterona, efecto macho, actividad estral, porcentaje de preñez.

Contenido

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Resumen.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	vi
CUADRO DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis.....	2
1.2 Objetivo	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Estacionalidad reproductiva de las cabras	3
2.2. Factores que desencadenan la estacionalidad reproductiva en el macho y hembra.....	4
2.2.1. Fotoperiodo.....	4
2.2.2 Nutrición.....	6
2.3. Control endocrino de la reproducción en hembras	6
2.4. Relaciones socio- sexuales	7
2.5. Inducción de la actividad reproductiva	9
2.6. Bioestimulación sexual.....	10
2.6.1. Efecto macho.....	10
2.6.2. Efecto hembra	12
2.7. Tratamientos hormonales.....	12
2.7.1. Testosterona	12
2.7.2 GnRH.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Lugar de estudio.....	15
3.2. Animales y su manejo	15
3.2.1. Manejo de los machos	15
3.2.3. Manejo de las hembras.....	16
3.3. Empadre	17
3.4. Variables evaluadas.....	17
3.4.1. Determinación de la actividad estral	17
3.4.2. Determinación de gestación.	17

3.5 Análisis estadísticos.....	18
IV. RESULTADOS	18
4.1. Actividad sexual de las hembras	18
V. DISCUSIÓN.....	19
VI. CONCLUSIÓN.....	21
VII. LITERATURA CITADA	22

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

No.	Figura	Pág.
1	Las feromonas de la piel de la cabeza del macho estimulan el sistema reproductivo de la hembra en cabras.	9
2	Control hormonal de la espermatogénesis.	13
3	Respuesta reproductiva de hembras anovulatorias expuestas a machos tratados o no con testosterona (GT y GC) en los meses de abril y mayo en la Comarca Lagunera (26°N).	18

CUADRO DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Símbolo y/o abreviatura	Descripción
-	Menos
%	Porcentaje
<	menor que
=	Igual
>	mayor que
°C	Grados Celsius o centígrados
ABP	Proteína liberadora de andrógenos
am	Antes mediodía
<i>et al</i>	y colaboradores
FSH	Hormona folículo estimulante
g	Gramos

GC	Grupo control
GnRH	hormona liberadora de gonadotropinas
GT	Grupo testosterona
h	Hora
IM	Intramuscular
LCR	Líquido cefalorraquídeo
LH	Hormona luteinizante
LN	Latitud norte
LO	Latitud oeste
Mg	Miligramos
MHZ	Megahercio
min	Minuto
mm	Milímetros
n	Número de población
N	Norte
NAD	Nicotinamida adenina dinucleótido
NAT	N-acetil transferasa
P	Probabilidad

I. INTRODUCCIÓN

Los caprinos, fueron introducidos a México por los españoles, probablemente fueron embarcados en las Islas Canarias, demostrando ser aptos para una producción pecuaria rentable, son particularmente una especie muy resistente a la sequía y escases de forrajes, por lo que se ha desarrollado como una fuente de ahorro de muchas familias marginadas (Guerrero, 2010). A nivel nacional el 64% de las cabras se concentra en los sistemas de producción característicos de las zonas áridas y semiáridas (Aréchiga, *et al.*, 2008). En la comarca lagunera la población caprina de 413,414 y una producción anual en leche de 61,678 toneladas y de 6,212 toneladas en pie (SAGARPA, 2014).

La estacionalidad reproductiva es un proceso de adaptación mediante el cual los animales silvestres y algunos domésticos reducen los efectos de los cambios anuales de temperatura y disponibilidad de alimento (Arrollo, 2006), en las cabras de la comarca lagunera (26° N) el anestro estacional se presenta de marzo a agosto (Delgadillo, *et al.*, 2003; Carrillo, *et al.*, 2007), lo que ocasiona que la disponibilidad de leche y cabritos durante el año no sea constante, lo cual representa un problema para la comercialización del productor (Álvarez *et al.*, 1999).

El "efecto macho" puede inducir la actividad sexual de las hembras en temporada de anestro (Véliz *et al.*, 2002), este consiste en la introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro, lo que puede inducir y sincronizar su actividad reproductiva en los días subsiguientes (Álvarez y Zarco, 2001; Fiol y Ungerfeld, 2012). Sin embargo, la respuesta de las hembras al efecto macho puede variar por varios factores, como es la actividad sexual de los machos y la profundidad del anestro de las hembras (Álvarez y Zarco 2001; Véliz *et al.*, 2006).

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue inducir la actividad de hembras anovulatorias, a través del efecto macho utilizando machos tratados con testosterona exógena, y ver cómo influye el anestro durante los meses de abril y mayo.

1.1 Hipótesis

La utilización de machos tratados con testosterona exógena a través del "efecto macho" inducirá la respuesta reproductiva en cabras anovulatorias en los meses de abril y de mayo.

1.2 Objetivo

Inducir de la respuesta reproductiva de hembras anovulatorias en los meses de abril y mayo, sometidas al "efecto macho" utilizando machos tratados con testosterona.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estacionalidad reproductiva de las cabras

La actividad reproductiva de los animales puede ser influenciada por diversos factores como son: la raza, la localización, el fotoperiodo, alimentación, entre otros (Chemineau *et al.*, 2008). La estacionalidad forma parte de la selección natural de algunos mamíferos silvestres con la cual buscan reproducirse en épocas que favorezcan la supervivencia de sus crías, es decir, con pastos abundantes y temperaturas confortables (Duarte *et al.*, 2008; Chemineau *et al.*, 2010).

En latitudes extremas, es decir, más alejadas del ecuador, las noches del invierno son más largas que en el verano, esto cambia el comportamiento de la N-acetil transferasa (NAT) la cual aumenta los niveles de melatonina, y esta a su vez los de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) (Genes y Wadith, 2009).

La hormona luteinizante (LH) tiene una liberación pulsátil y esta se encarga de la espermatogénesis y la secreción de testosterona en el testículo del macho, mientras que en la hembra induce la secreción de estrógenos y progesterona así como la ovulación (Genes y Wadith, 2009).

Los pequeños rumiantes son poliéstricos estacionales lo que significa que presentan varios ciclos estrales en determinadas estaciones del año, para lo cual

las hembras muestran variaciones sobre su frecuencia de ovulación, pudiendo haber incluso la ausencia de la misma, la calidad del gameto también varía y en el macho la actividad espermatogénica, que va desde una moderada disminución a ausencia completa de producción espermática. Esto lógicamente se relaciona con la producción de la carne, leche y sus derivados (Chemineau *et al.*, 2008).

2.2. Factores que desencadenan la estacionalidad reproductiva en el macho y hembra

2.2.1. Fotoperiodo

El fotoperiodo es el principal factor medioambiental que controla la estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes (Zarazaga *et al.*, 2005) iniciando en el momento en que los días empiezan a reducir su duración, esto permite que los animales paran en época en que es mayor la disponibilidad de forrajes (Chemineau *et al.*, 2008).

Las cabras locales de las zonas áridas de México (26°N) presentan un anestro estacional en los meses de marzo a agosto, en cambio en los machos este se puede extender de enero a mayo (Carrillo *et al.*, 2007; Carrillo *et al.*, 2010).

Este es el principal factor que sincroniza el ciclo de reproducción, los pequeños rumiantes como las cabras y ovinos se reproducen durante los días decrecientes del otoño y el invierno, por eso se dice que son “días cortos” (Chemineau, 1992). Sin embargo la estacionalidad reproductiva es una

característica de las ovejas y cabras originarias o adaptadas a latitudes templadas (Véliz *et al.*, 2002).

La estacionalidad reproductiva limita la eficiencia reproductiva en los sistemas de producción de caprinos y ovinos (Estrada-Cortez *et al.*, 2009; Arroyo, 2011).

En hembras caprinas de las razas Alpinas y Sanen, la aplicación de tres meses de días largos durante el invierno seguido de tres días cortos inducen y sincronizan la actividad ovárica esto durante el periodo de anestro (Carrillo *et al.*, 2014). En el fotoperiodo la luz entra por la retina, y esta trasmite por vía nerviosa la información a la glándula pineal, la cual es la encargada de producir la melatonina, (hormona secretada únicamente durante la noche) (Delgadillo *et al.*, 1992).

Durante los días cortos la melatonina es liberada y estimula los pulsos de GnRH a nivel hipotálamo, la cual va a la hipófisis para iniciar la secreción de las gonadotropinas, que inducen el crecimiento testicular y la liberación de testosterona, iniciando así la actividad sexual en los machos. Contrario a lo que sucede con los días largos que estos disminuyen la secreción de LH, y por consecuencia el crecimiento testicular y la liberación de testosterona (Delgadillo *et al.*, 1991).

Santiago-Moreno, *et al.*, (2005) demostraron que la estacionalidad reproductiva en machos sufre variaciones en las concentraciones plasmáticas de testosterona y el tamaño testicular.

2.2.2 Nutrición

Se ha demostrado que la secreción de GnRH se reduce en animales desnutridos, sin embargo el proceso por el cual se lleva a cabo esta acción no es muy específico, se han estudiado indicadores metabólicos que participan en este proceso tales como la glucosa, ácidos grasos volátiles, algunos aminoácidos y ácidos grasos no esterificados (Arroyo, 2011).

Los efectos a corto plazo o inmediato (menos de diez días) de la nutrición no modifican la condición corporal, pero sí la actividad del eje hipotálamo-hipofisiario, induciendo un incremento de dos a tres veces en la pulsatilidad de LH. En cambio, los efectos alargo plazo estático y dinámico (más de tres semanas), además de actuar sobre este eje, modifican la condición corporal, el peso corporal, el crecimiento testicular y la producción espermática (Cruz-Castrejón, *et al.*, 2007).

2.3. Control endocrino de la reproducción en hembras

Los pequeños rumiantes utilizan un compleja red neural a nivel central para detectar la duración del fotoperiodo, para lo cual captan la luz a través de la retina, la señal luminosa se transforma en una señal eléctrica, la que es conducida hacia el hipotálamo por medio del tracto retinohipotalámico; en el hipotálamo es captada por el núcleo supraquiasmático, que la transfiere al núcleo paraventricular, de ahí al ganglio cervical superior. Es en este punto donde la señal eléctrica es transformada en una señal química (Arroyo, 2011).

El ganglio cervical superior libera noradrenalina, la cual es captada por receptores alfa y beta adrenérgicos en la membrana celular de los pinealocitos, con lo cual se induce la síntesis de NAD, la cual es esencial para la síntesis de melatonina, así esta se sintetiza en los pinealocitos, a partir del aminoácido triptófano, esto durante las horas de oscuridad, por lo tanto es menor la secreción de melatonina durante días largos, permitiendo la síntesis de dopamina e induce el anestro estacional. En cambio los días cortos tienen la mayor síntesis y secreción de melatonina inhibiendo la producción de dopamina, con el subsecuente restablecimiento de la actividad estral y la ovulación (Arroyo, 2011).

La melatonina se libera tanto en la vena de Galeno y en el líquido cefalorraquídeo y las concentraciones en el LCR son 20 veces mayores que en la vena yugular (Malpaux *et al.*, 1997).

2.4. Relaciones socio- sexuales

La secreción de LH en machos puede ser estimulada por las hembras. Los factores sociales son muy importantes en el cronometraje de las transiciones estacionales en la etapa reproductiva en los caprinos, en la estación reproductiva iniciada generalmente con la introducción repentina de los machos a hembras en fase de quietud reproductiva (Martín y Banchemo, 1999).

En un grupo de hembras se puede prolongar la estación sexual, adelantado el inicio y retrasando el final, mediante la presencia continua de un macho (Rowell

et al., 2003). Con la introducción de un macho sexualmente activo en un grupo de hembras anestrícas se puede inducir y sincronizar el estró y la ovulación, a través del efecto macho (Ungerfeld *et al.*, 2004; Delgadillo *et al.*, 2004; Véliz *et al.*, 2006).

Las feromonas son señales químicas que provocan la atracción sexual, la selección de pareja, la modulación de la función neuroendocrino y la identificación individual entre congéneres, (Kimoto y Touhara, 2005; Mogi *et al.*, 2007; Okamura *et al.*, 2010). Existen diversas feromonas y se clasifican en dos grupos de acuerdo a las acciones en los receptores: la feromona liberadora (señalización) que provoca una respuesta conductual inmediata y la feromona de imprimación que inicia una serie de acontecimientos fisiológicos, neuroendocrinos o respuestas endocrinas (Álvarez y Zarco, 2001; Okamura *et al.*, 2010), de esta última, uno de los efectos más visibles en mamíferos es el “efecto macho” (Murata *et al.*, 2014).

Murata *et al.*, (2014) identificaron una molécula de señal olfativa, 4-etilectanol, el cual activa el centro regulador de la reproducción y el generador de impulsos de la hormona liberadora de gonadotropina en cabras (Fig. 1).

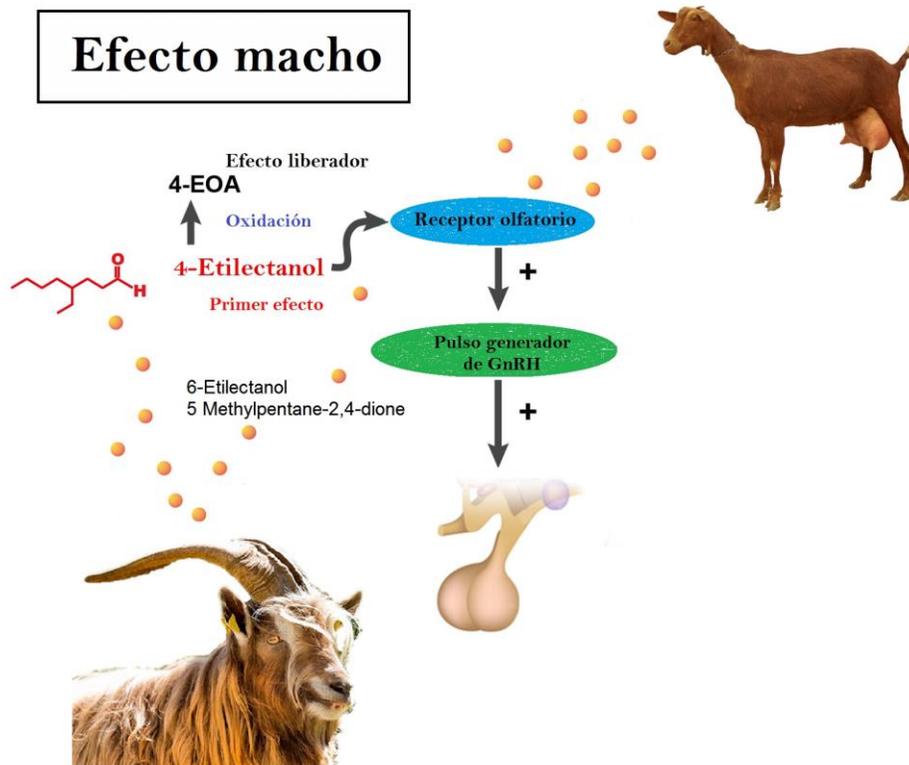


Figura 1. Las feromonas de la piel de la cabeza del macho estimulan el sistema reproductivo de la hembra en cabras. Adaptado de Murata *et al.*, 2014.

2.5. Inducción de la actividad reproductiva

El comportamiento sexual en caprinos puede ser estimulado mediante varios métodos, como la aplicación de tratamientos hormonales como GnRH, Testosterona, bioestimulación sexual y tratamientos fotoperiódicos (Arroyo, *et al.*, 2006).

Carrillo *et al.*, (2014) trabajaron con un grupo de cabras alpinas y lo dividió en dos grupos, uno donde las hembras tuvieron efecto macho y otro donde no tuvieron ningún tratamiento, demostrando que las hembras con efecto macho

tuvieron incremento en el estro. Otro estudio fue el de Luna-Orozco *et al.*, 2012 donde se manejó machos inactivos que estuvieron expuestos a fotoperiodo con días largos o Testosterona, y demostró que la aplicación de testosterona exógena en época de reposo sexual, estimula el comportamiento sexual e induce la actividad estral en cabras anovulatorias.

2.6. Bioestimulación sexual

2.6.1. Efecto macho

En las cabras con estacionalidad reproductiva, la secreción de LH, el comportamiento de estro y la ovulación puede ser inducida por la introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro estacional o la lactancia (Vielma *et al.*, 2009; Gallego-Calvo *et al.*, 2014). Esta bioestimulación, se conoce como el "efecto macho", el cual implica varios estímulos del macho cabrío, entre ellos su olor y el comportamiento sexual. Estos estímulos provocan un aumento en la secreción de LH y la ovulación en las hembras en anestro. (Gallego-Calvo *et al.*, 2014). El efecto macho constituye un estímulo social que actúa para iniciar la actividad reproductiva de las cabras (Álvarez y Zarco, 2001).

La primera respuesta a la introducción del macho es un aumento en la frecuencia y la amplitud de la secreción de LH pulsátil. El aumento de la actividad hipofisiario estimula el crecimiento folicular y la secreción de estradiol, luego induce la oleada de LH preovulatorio, lo que resulta en la ovulación de la mayoría de las cabras expuestas al macho. La eficiencia de este "efecto macho" se ve

afectada, entre otros, por la intensidad del contacto entre el macho y hembras. Un contacto más estrecho resulta en una respuesta más rápida y una mayor proporción de hembras que presentan estro. (Álvarez *et al.*, 2009).

Durante el descanso sexual en las cabras la introducción de un macho sexualmente activo induce a un aumento de LH en torrente sanguíneo seguido de una ovulación 24 horas después, de hecho se sabe que la secreción de LH inicia 15 min después del contacto con el macho activo, sin embargo para que la ovulación tenga lugar es necesario más tiempo, debe ser 24 horas para tener una estimulación que sea suficiente para generar la ovulación, pero aun así no todas las cabras responden, se ha observado que sólo 18% de las ovejas ovulan cuando se expone a los machos durante 24 h, mientras que 53% y 61% ovulan cuando se mantuvieron machos para 4 y 15 días, respectivamente.(Bedos *et al.*, 2014).

Véliz *et al.*, (2006) menciona que para poder inducir la actividad sexual de las hembras, los machos deben mostrar un 80% de su comportamiento sexual.

Se ha demostrado que es posible disminuir la duración del contacto diario entre sexos sin reducir la respuesta ovulatoria en cabras. De hecho, la mayoría de las hembras ovularon (> 85%) cuando se expone a los machos 4 h / d durante 15 días consecutivos y este porcentaje era similar a la de las hembras en contacto permanente (24 h / d) con machos. Por otra parte, también se demostró que las tasas de ovulación no se redujeron cuando la duración del contacto diario se disminuye. (Bedos *et al.*, 2014).

Una alta proporción de cabras ovulan cuando se expone a los machos de estimulados puede ser causado por la fuerte estimulación proporcionada por los comportamientos sexuales, olores y vocalizaciones de los machos; estas señales estimulan el sistema endocrino y las actividades sexuales en las cabras en anestro estacional (Loya-carrera *et al.*, 2014).

2.6.2. Efecto hembra

También existe el fenómeno “interacción hembra-hembra” como facilitación por que causa la estimulación de las hembras que consiste en la presencia continua de hembras cíclicas o la introducción de hembras en estro (usualmente por inducción hormonal) sobre hembras en anestro estacional y es capaz de inducir la sincronización de la ovulación en estas hembras (Álvarez y Zarco, 2001; Rosa y Bryant, 2002, Rodríguez–Martínez *et al.*, 2013).

2.7. Tratamientos hormonales

2.7.1. Testosterona

La testosterona es la principal hormona de los testículos, se sintetiza a partir de la androstenediona, su secreción se encuentra bajo el control de la LH, la cual estimula las células de Leydig (Ruckebush *et al.*, 1994). Al parecer, estas células, bajo la acción de FSH, fabrican y liberan una proteína ligadora de andrógenos (ABP) que transporta a la testosterona como se puede observar en la Fig. 2.

Las células intersticiales de Leydig del testículo son el sitio de síntesis principal de la testosterona, y la gonadotropina hipofisaria luteinizante es el regulador específico de la producción de la testosterona (Malgor y Valsecia, 2000).

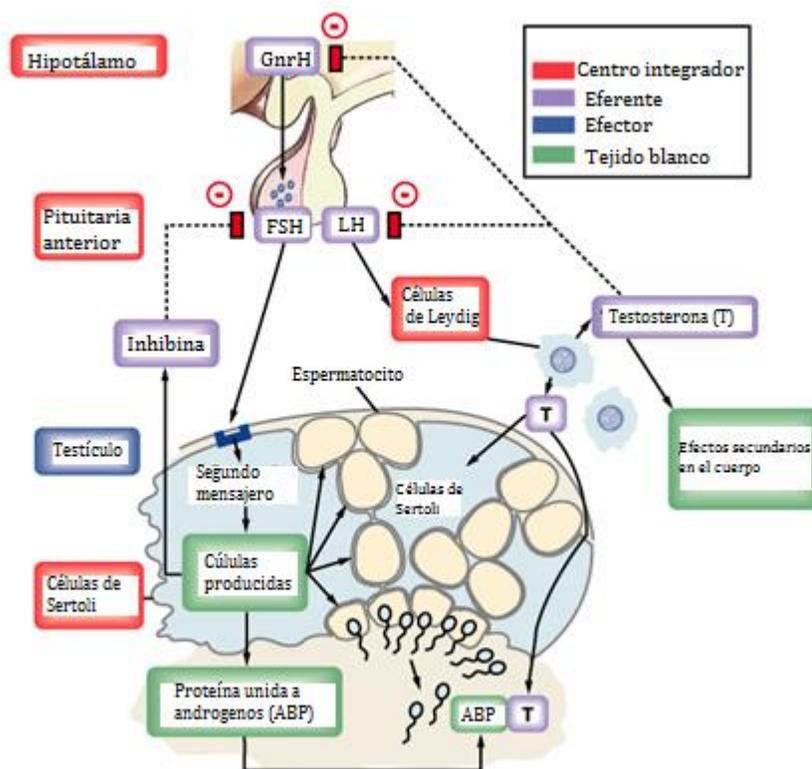


Figura 2. Control hormonal de la espermatogénesis (Modificado de Pacheco, 2007).

El propionato de testosterona es particularmente activo por vía parenteral y de acción relativamente corta, 1-2 días. El ciclopentilpropionato o cipionato y el enantato son andrógenos de acción prolongada. Administrados por vía intramuscular profunda producen efectos androgénicos 2-3 semanas. Los ésteres son convertidos en testosterona libre en la circulación. La testosterona se ha administrado también en pellets por vía subcutánea y últimamente se ha

administrado testosterona por vía transdérmica a través de un parche autoadhesivo que se aplica en la piel del escroto, aprovechando que en esta superficie la absorción es considerablemente mayor que en el resto de la piel (Malgor y Valsecia, 2000).

Ángel-García *et al* (2015) observaron que la aplicación de la testosterona, a machos cabríos con un tratamiento de 25 mg de testosterona exógena durante tres semanas en la época de inactividad sexual (finales de marzo, 26°N), se logra inducir el comportamiento sexual, mejorando el tiempo de reacción al eyaculado, la libido, calidad seminal, así como también los niveles de testosterona en sangre.

2.7.2 GnRH

La GnRH desempeña un papel fundamental en la reproducción, ya que controla la actividad de las células gonadotrópicas de la glándula pituitaria y, como consecuencia, es un componente crítico de la cascada endocrina que determina el crecimiento, el desarrollo y la actividad funcional del tejido testicular (Adams, 2005).

Se ha observado que la administración de GnRH por medio de infusión constante, a sus receptores presentes en la 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. La LH estimula a las

células de Leydig para secretar testosterona, esta hormona ejerce un efecto de retroalimentación inhibiendo la secreción de LH, al actuar directamente sobre la secreción de GnRH del hipotálamo. Tratamientos con GnRH dan como resultado pulsos de LH elevados a los 15 min de su aplicación, llegando al pico a los 30 min (Madgwick *et al.*, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El presente trabajo se realizó en el ejido 6 de enero perteneciente al Municipio de Lerdo, Durango (25 ° LN, 103 ° LO) en los meses de abril y mayo del año. La región presenta un clima semidesértico con precipitación pluvial anual de 230 mm, una temperatura máxima de 41° C y mínima de -3 °C y la duración del día 13 h 41 min durante el solsticio de verano a 10 h 19 min durante el invierno.

3.2. Animales y su manejo

3.2.1. Manejo de los machos

Se utilizaron 8 machos adultos multirraciales de más de dos años de edad que fueron divididos en 2 grupos, los cuales se utilizaron (n=4) en el mes de abril y (n=4) en el mes de mayo, siendo estos homogéneos en relación a su condición corporal, peso vivo, circunferencia escrotal y peso testicular. Durante el empadre éstos animales se mantuvieron estabulados con una alimentación a base de heno

de alfalfa, adicionales 200 g de concentrado comercial, sales minerales y agua a libre acceso.

Un primer grupo (Grupo testosterona; GT, n=2) se les aplicó 50 mg de testosterona vía IM mientras que a un segundo grupo (Grupo control; GC, n=2) se le aplicó 1 ml de solución salina, estos tratamientos fueron aplicados cada tercer día por 21 días. Al terminar el tratamiento de los machos estos fueron puestos en contacto con las hembras durante el mes de abril y mayo.

3.2.3. Manejo de las hembras

Se utilizaron 80 hembras anovulatorias multirraciales divididas en dos grupos (n=20) para el mes de abril y de igual forma para el mes de mayo, las cuales fueron homogéneas en cuanto a peso y condición corporal, las cuales fueron estabuladas y alimentadas a base de heno de alfalfa, 200 g de concentrado comercial, sales minerales y agua a libre acceso.

Previo al empadre (24 h) a todas las hembras se les aplicó 25 mg de progesterona vía intramuscular (IM) (Véliz *et al.*, 2009).

3.3. Empadre

Un primer grupo de hembras (GT; n=20) fue puesto en contacto con machos GT y el segundo grupo (GC; n=20) estuvo en contacto con machos tratados con solución salina (GC), en los meses de abril y mayo, respectivamente.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Determinación de la actividad estral

La cual se realizó mediante la introducción de un macho en cada grupo, durante una hora los primeros 5 días del empadre (09:00 am y 17:00). Las hembras que permanecieron inmóviles a la monta del macho se consideraron en estro (Fatet *et al.*, 2011).

3.4.2. Determinación de gestación.

La gestación se determinó a los 45 días después de la introducción de los machos. Lo cual se realizó mediante ultrasonografía transrectal (HS-2000, Honda electrónicos CO, LTD.) utilizando un transductor de 7.0 MHz.

3.5 Análisis estadísticos

La actividad estral, el porcentaje de hembras gestantes y tasa ovulatoria se comparó por medio de una chi-2. La latencia al estro se comparó por medio de una t-student. Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el paquete estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000).

IV. RESULTADOS

4.1. Actividad sexual de las hembras

Los resultados de las hembras que fueron expuestas a machos en los meses de abril y mayo, se muestran en la Cuadro 1. En donde observamos cada una de las variables: Latencia, celos y gestación, mostrando que el grupo de tratamiento con testosterona presenta un resultado más favorable en celos y gestación, mientras que comparando los meses, mayo presento mayor repuesta en latencia.

Cuadro 1. Respuesta reproductiva de hembras anovulatorias expuestas a machos tratados o no con testosterona (GT y GC) en los meses de abril y mayo en la Comarca Lagunera (26°N).

Grupo	Abril		Mayo	
	Control	Testosterona	Control	Testosterona
Latencia (h)	48.6±4.8a	42.6±2.6b	46.8±7.8a	34.2±4.0b
% Celos	85 (17/20)a	100 (20/20)b	70 (14/20)a	95 (19/20)b
% Gestación	75 (17/20)a	95 (19/20)b	60 (12/20)a	90 (18/20)b

a, b Valores con diferente literal difieren ($p < 0.05$)

V. DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo demuestran que los machos cabríos tratados con testosterona exógena logran inducir más del 97% de la actividad estral en las hembras anovulatorias durante abril y mayo, mientras que los machos sin tratamiento solo inducen el 77% de la actividad estral. Esto fue probablemente a que los machos tratados tuvieron más comportamiento sexual que los no tratados, además de tener un mayor olor. En efecto la intensidad en el comportamiento sexual de los machos es un factor determinante en la respuesta sexual de las hembras sometidas al efecto macho (Carrillo *et al.*, 2007; Delgadillo, *et al.*, 2008).

Los tratamientos con testosterona exógena estimulan el comportamiento sexual y el olor en los machos cabríos durante la época de inactividad sexual (Luna-Orozco *et al.*, 2012; Ángel-García *et al.*, 2015), los cuales son factores muy importantes para la estimulación de la actividad sexual de las hembras a través del efecto macho. Por otra parte Luna-Orozco *et al.* (2012) demostraron que machos cabríos tratados durante dos semanas con 50 mg de testosterona intramuscular tuvieron la capacidad de inducir más del 90% de actividad sexual en hembras anovulatorias.

En efecto, Flores *et al.* (2000), demostraron que los machos en inactividad sexual que fueron mantenidos bajo un tratamiento fotoperiódico, estimularon a más del 90% de las hembras a la actividad sexual, por el contrario las hembras

que estuvieron en contacto con machos sin tratamiento ninguna presentó actividad estral. Sin embargo, la actividad sexual de los machos caprinos y ovinos, ha sido estimulada mediante la administración de hormonas exógenas (testosterona) las cuales son más baratas y el tratamiento es muy corto (2 a 3 semanas) (Luna-Orozco *et al.*, 2012; Ángel-García *et al.*, 2015; Fiol y Ungerfeld *et al.*, 2012).

La respuesta estral mostrada por las hembras sometidas al efecto macho durante abril y mayo, con machos tratados con testosterona, fue similar. En contraste, se sabe que la mayor respuesta de la actividad sexual se ha registrado cuando se realiza al final del anestro estacional a finales de mayo, cuando los machos ya han iniciado probablemente su actividad sexual de manera natural (Carrillo, *et al.*, 2007). Sin embargo, se conoce que la respuesta de las hembras al efecto macho puede variar por diversos factores, como es la actividad sexual de los machos y la profundidad del anestro de las hembras (Álvarez y Zarco 2001; Véliz *et al.*, 2006).

Otro factor que pudo estar involucrado en la respuesta reproductiva de estas hembras es el factor nutricional, ya que estas hembras fueron bien alimentadas (sistema intensivo), lo que pudo provocar que estuvieran receptivas a la introducción de los machos independientemente de los tratamientos (Rivas-Muñoz *et al.*, 2010). Restall (1992) ha demostrado que existen variaciones estacionales de la actividad reproductiva en el ritmo de ovulaciones anuales. Lo anterior puede deberse a cambios que algunas razas de cabras muestran un periodo con actividad sensible (marzo-mayo) el cual está caracterizado por ovulaciones espontáneas, una respuesta ovulatoria de hembras cuando son

expuestas a machos fértiles. Un periodo activo (junio-julio) caracterizado por ovulaciones espontaneas y montas con alta fertilidad y una fase de quiescencia (agosto-febrero) caracterizada por poco o sin presencia de ovulaciones espontaneas, en este periodo el macho puede inducir las montas pero la fertilidad es baja (Restall, 1988).

VI. CONCLUSIÓN

Los machos tratados con testosterona exógena a través del “efecto macho” inducen una mayor respuesta reproductiva en cabras anovulatorias en los meses de abril o mayo.

VII. LITERATURA CITADA

- Adams, T. 2005. Using gonadotropin-releasing hormone (GnRH) and GnRH analogs to modulate testis function and enhance the productivity of domestic animals. *Animal Reproduction Science*. 88, 127–139.
- Álvarez, L. y Zarco, L. A. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet Méx.* 32,117-129.
- Álvarez, L., Ducoing, A. E., Zarco, L. A., Trujillo, A.M. 1999. Conducta estral, concentraciones de LH y función lútea en cabras en anestro estacional inducidas a ciclar mediante el contacto con cabras en estro. *Vet Mex.* 30,25-31.
- Álvarez, L., Ramos, A.L., Zarco, L. 2009. The ovulatory and LH responses to the male effect in dominant and subordinate goats. *Small Ruminant Research*. 83, 29–33.
- Ángel-García, O., Meza-Herrera, C.A., Guillen-Muñoz, J.M., Carrillo-Castellanos, E., Luna-Orozco, J.R., Mellado, M., y Véliz-Deras, F.G. 2015. Seminal characteristics, libido and serum testosterone concentrations in mixed-breed goat bucks receiving testosterone during the non-breeding period. *Journal of Applied Animal Research*, 43,457–461.
- Aréchiga, C.F., Aguilera, J.I., Rincón, R.M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V.R., Meza-Herrera, C.A. 2008. Role and perspectives of goat production in a global World. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9,1–14.
- Arroyo, J. Reproductive seasonality of sheep in Mexico. 2011. *Tropical and Subtrop Agroecosyst.* 14, 829-845.
- Arroyo, J., Gallegos-Sánchez, J., Villa, A., Valencia, J. 2006. Sistemas neurales de retroalimentación durante el ciclo reproductivo anual de la oveja. *Interciencia*. 31, 8-15,
- Bedos M., Duarte G., Flores J.A., Fitz-Rodríguez G., Hernández H., Vielma J., Fernández I.G., Chemineau P., Keller M., Delgadillo J.A. 2014. Two or 24 h of daily contact with sexually active males results in different profiles of LH secretion that both lead to ovulation in anestrus goats. *Domestic Animal Endocrinology* 48,93–99.
- Carrillo, E., Meza-Herrera, C.A., Véliz, F.G. 2010. Reproductive seasonality of young French-Alpine goat bucks adapted to subtropical conditions in Mexico. *Rev Mex Cienc Pecu* 1(2) ,169-178.
- Carrillo, E., Véliz, F. G., Flores, J. A. y Delgadillo, J. A. 2007. A diminution in the male/female ratio does not reduce the ability of sexually active male goats to induce estrus activity in anovulatory female goats. *Tec. Pec. Méx.* 45,319-328.
- Carrillo E., Meza-Herrera C.A., Olán-Sánchez A., Robles-Trillo P.A., Leyva C., Luna-Orozco J.R., Rodríguez-Martínez R., Véliz-Deras F.G. 2014. The “female effect” positively affects the appetitive and consummatory sexual behaviour and testosterone concentrations of Alpine male goats under subtropical conditions. *Czech J. Anim. Sci.*, 59 (7): 337–343.
- Chemineau, P., Bodin, L., Migaud, M., Thiery, J.C. Y Malpoux, B. 2010. Neuroendocrine and genetic control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reprod Domest Anim.* 3, 42-49.

- Chemineau, P., Guillaume, D., Migaud, M., Thiery, J.C., Pellicer-Rubio M. T. Y Malapux, B. 2008. Seasonality of reproduction in mammals: intimate regulatory mechanisms and practical implications. *Reprod Domest Anim.* 2,40-47.
- Chemineau P. 1992. 6as Jornadas Internacionales de Reproducción Animal e Inseminación Artificial, Salamanca, España,
- Cruz-Castrejón, U., Véliz, F.G., Rivas-Muñoz, R., Flores, J.A., Hernández, H. Duarte G. 2007. Response of sexual activity in male goats under grazing conditions to food supplementation and artificial long day treatment. *Téc Pecu Méx.* 45, 93-100
- Delgadillo, J.A., Leboeuf B., Chemineau P. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure the short photoperiodic cycles. *Theriogenology.* 36,755-770.
- Delgadillo, J.A., Cortez M., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B. 2004. Evidence. That photoperiodic controls the anual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reprod Nutr Dev.* 44,183-193.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpoux, B. 2003. Control of reproduction in goats from subtropical Mexico using photoperiodic treatments and the male effect. *Vet. Méx.* 34, 70-79.
- Delgadillo, J.A., Leboeuf B, Chemineau P. 1992. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycle in goats buscks. *Small Ruminant Res.* 9,47-59.
- Delgadillo, J.A., Vielma, J., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Hernández, H. 2008. The stimulus quality provided by the buck determines the response of the female goats submitted to the male effect. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 9, 39 - 45
- Duarte, G., Flores, J.A., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology.* 35, 62–370.
- Estrada-Cortés, E., Vera-Avila, H.R., Urrutia-Morales, J., Villagómez-Amezcuca, E., Jiménez-Severiano, H., Mejía-Guadarrama, C.A., Rivera-Lozano, M.T., Gámez-Vázquez, H.G. 2009. Nutritional status influences reproductive seasonality in Creole goats: 1.Ovarian activity during seasonal reproductive transitions. *Anim Reprod Sci.* 116, 282–290.
- Fatet A., Pellicer-Rubio M.T., Leboeuf B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science* 124, 211–219.
- Fiol, C. y Ungerfeld, R. 2012. Biostimulation in Cattle: Stimulation Pathways and Mechanisms of Response bioestimulación en bovinos: vías de estímulo y mecanismo de respuesta. *Review. Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 1:S29-S45.
- Flores, J.A.,Véliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B. y Delgadillo, J.A. 2000. Male Reproductive Condition Is the Limiting Factor of Efficiency in the Male Effect During Seasonal Anestrus in Female Goats. *Biology of reproduction.* 62, 1409–1414

- Gallego-Calvo L., Gatica M.C., Celi I., Guzmán J.L., Delgadillo J.A., Zarazaga L.A. 2014. No previous isolation of female goats is required for novel males to induce a male effect, especially if direct physical contact is established. *Theriogenology*. 82, 1310–1315.
- Genes, A., y Wadith, D. 2009. Reproduccion en ovejas y cabras. Universidad de Córdoba, facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Montería, Colombia.
- Guerrero, M.M. 2010. La Caprinocultura en México, una estrategia de Desarrollo. *Revista universitaria digital de ciencias sociales*. 1, 1-7. Con dirección: <http://www.cuautitlan.unam.mx/rudics/ejemplares/0101/art06.html>
- Kimoto, H. y Touhara, K. 2005. Induction of c-Fos Expression in Mouse Vomeronasal Neurons by Sex-specific Non-volatile Pheromone(s). *Chem Sci*. 30, 146-147.
- Loya-Carrera, J., Bedos, M., Ponce-Covarrubias, J.L., Hernández, H., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A. 2014. Switching photo-stimulated males between groups of goats does not improve the reproductive response during the male effect. *Animal Reproduction Science*. 146, 21–26
- Luna-Orozco, J. R., Guillen-Muñoz, J.M., De Santiago-Miramontes, M.A., García, J.E., Rodríguez-Martínez, R., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M. y Véliz, F.G. 2012. Influence of sexually inactive bucks subjected to long photoperiod or testosterone on the induction of estrus in anovulatory goats. *Trop Anim Hlth Prod*. 44, 71-75.
- Madgwick, S., Bagu, E.T., Duggavathi, R., Bartlewski, P.M., Barrett, D.M.W., Huchkowsky, S., Cook, S.J., Beard, A.P., Rawlings, N.C. 2008. Effects of treatment with GnRH from 4 to 8 weeks of age on the attainment of sexual maturity in bull calves. *Animal Reproduction Science*. 104, 177–188.
- Malgor, L.A.; Valsecia, M. 2000. *Farmacología Médica*. 2º Edición. 5 volúmenes. Soporte electrónico disponible en: <http://med.unne.edu.ar/farmaco.html>
- Malpaux, B., Delgadillo, J.A., Chemineau, P. 1997. Neuroendocrinología del fotoperiodo y el control de la actividad reproductiva. *Seminario Internacional: Tropicos Avanzados en reproducción Animal*. 23-41.
- Martín, G. B. y Banchemo, G. 1999. Symposium on Goat Reproduction Investigación Australiana en Reproducción de Caprinos, Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería, Montecillo, México.
- Mogi, K., Sakurai, K., Ichimaru, T., Ohkura, S., Mori, Y. y Okamura, H. 2007. Structure and chemical organization of the accessory olfactory bulb in the goat. *Anat Rec (Hoboken)*. 290, 301-310.
- Murata, K., Tamogami, S., Itou, M., Ohkubo, Y., Wakabayashi, Y., Watanabe, H., Okamura, H., Takeuchi, Y., Mori, Y. 2014. Identification of an olfactory signal molecule that activates the central regulator of reproduction in goats. *Current Biology* 24, 681–686.
- Okamura, H., Murata, K., Sakamoto, K., Wakabayashi, Y., Ohkura, S., Takeuchi, Y. y Mori, Y. 2010. Male effect pheromone tickles the gonadotrophin-releasing hormone pulse generator. *J Neuroendocrinol*. 22, 825-832.
- Pacheco, L. 2007. Control hormonal de la espermatogénesis. Departamento de Fisiología, Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica.
- Restall, B.J. 1992. Seasonal Variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim Reprod Sci*. 27, 305-18.

- Restall, B.J. 1998. Artificial insemination of Australian goats stimulated by the buck effect. *Proc Austr Soc. Anim Prod.* 17, 302-305.
- Rivas-Muñoz, R., De Santiago-Miramontes, M.A., Robles-Trillo, P.A., Arroyo, J., Leyva, C., Véliz, F.G. 2010. The undernourishment of alpine-french goats does not diminish reproductive Outcomes, but does affect dynamics of offspring-growth. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Volumen XVII, Edición Especial: 217-224, 2011.
- Rodríguez-Martínez, R., Ángel-García O., Guillén-Muñoz, J. M., Robles-Trillo, P. A., De Santiago Miramontes, A., Meza-Herrera, C. A., Mellado, M. y Véliz, F.G. 2013 Estrus induction in anestrus mixed-breed goats using the “female-to-female effect”. *Tropical animal health and production*, 45: 911-915.
- Rosa H.J.D. y Bryant, M.J. 2002. The ‘ram effect’ as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. *Small Ruminant Research.* 45, 1–16.
- Rowell, J.E., Sousa, MC., Shipka, M.P. 2003. The effect, mounting behavior, and the onset of estrus in farmed muskoxen. *J Anim Sci.* 81, 2669-2674.
- Santiago-Moreno, J., Gómez-Brunet, A., Toledano-Díaz, A., González-Bulnes, Picazo R.A. y López-Sebastián A., 2005 Influence of age on the relationship between annual changes in horn growth rate and prolactin secretion in the European mouflon (*Ovis gmelini musimon*). *Anim Reprod Sci* 85: 251–261.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2014. Última revisión <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-distrital-pecuario/>
- Ungerfeld, R., Forsberg, M., Rubianes, E. 2004. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reprod Fertil Dev.* 16, 479-490.
- Véliz, F.G., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2006. Positive correlation between the liveweight of anestrus goats and their response to the male effect with sexually active bucks. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 657-661.
- Véliz, F. G., Moreno, S., Duarte, G., Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux B. Y Delgadillo, J.A. 2002. Male effect in seasonally anovulatory lactating goat depends on the presence of sexually active bucks, but not estrus females. *Animal Reproduction Science.* 72, 197-207.
- Véliz, F.G., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2006. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrus goats. *Anim Reprod Sci.* 92, 300-309.
- Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats. *Hormones and Behavior* 56, 444–449
- Zarazaga, L. A., Guzmán, J. L., Domínguez, C., Pérez M. C, Prieto R. 2005 Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim Reprod Sci.* 87:253–267.