

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



**LAS CABRAS ANÉSTRICAS SIN Y CON COPULACIÓN DEL MACHO
NO DISMINUYEN SU RESPUESTA ESTRAL CUANDO SON
EXPUESTAS A MACHOS FOTO-ESTIMULADOS DURANTE EL
EFECTO MACHO**

POR:

GUADALUPE NALLELY HERRERA SOSA

TESIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE 2014

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



LAS CABRAS ANÉSTRICAS SIN Y CON COPULACIÓN DEL
MACHO NO DISMINUYEN SU RESPUESTA ESTRAL CUANDO SON
EXPUESTAS A MACHOS FOTO-ESTIMULADOS DURANTE EL
EFECTO MACHO

POR:

GUADALUPE NALLELY HERRERA SOSA

ASESOR PRINCIPAL

DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE 2014

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



POR:

GUADALUPE NALLELY HERRERA SOSA

ASESOR PRINCIPAL

DR. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

M.C. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ



**Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE 2014

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



PRESIDENTE DEL JURADO

DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA
VOCAL

VOCAL

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA
VOCAL

VOCAL

DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES
VOCAL SUPLENTE

VOCAL SUPLENTE

DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE 2014

DEDICATORIAS

A Dios

Gracias Señor por acompañarme en este camino, dándome las armas necesarias en mi vida de estudiante, para cumplir esta meta tan importante para mi familia y para mí, ser MÉDICO VETERINARIO ZOOTÉCNISTA.

A MIS PADRES

Sr. Salvador Herrera Rangel y Sra. Roberta Sosa Gandara

Gracias Padres por darme su confianza y la oportunidad de realizar esta etapa de mi vida, reconozco y agradezco los esfuerzos de ambos en todo momento durante todos estos 5 años, pues este logro es por y para ustedes.

A MI FAMILIA

Porque son el ejemplo de que el Amor, el Cariño y la Confianza son los valores más importantes para llegar todos juntos a una meta.

Agradecimientos

A la Dra. Ilda Graciela Fernández García, porque desde el inicio como su tutorada me dio su ayuda y confianza para llevar a bien esta etapa de formación y ahora como su tesita por el gran apoyo y asesoramiento en la realización de esta tesis.

Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera, Dr. Jesús Vielma Sifuentes y Dr. Horacio HernándezHernández, por la asesoría brindada en la realización de esta tesis.

A mi Alma Terra Mater (UAAAN-UL) por darme el espacio para lograr mi objetivo, Gracias por darme la oportunidad de crecer.

A mi amiga María del Rosario Solar Cruz por brindarme su amistad y confianza y por haberme acompañado durante esta etapa de la vida, tan bonita para ambas.

Al MV Z J. Guadalupe Rodríguez Martínez por brindarme su amistad, y por los consejos y ayuda recibida durante mi etapa de estudiante.

ÍNDICE

RESUMEN	VI
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Estacionalidad reproductiva de los caprinos en zonas subtropicales	4
2.2.2 Machos.....	6
2.3 La estacionalidad reproductiva de los caprinos originarios de latitudes subtropicales es controlada por el fotoperíodo	8
2.3.1 Hembras	8
2.3.2 Machos	8
2.4 Relaciones socio-sexuales	9
2.5 Experiencia sexual en ovejas y cabras	9
2.6 Experiencia sexual en hembras copuladas con machos	11
2.7 Respuesta de las cabras anéstricas a los machos foto-estimulados durante el efecto macho	14
OBJETIVO.....	15
HIPÓTESIS	15
III.-MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Localización del estudio.....	16
3.2 Hembras	16
3.3.1 Tratamiento fotoperiódico aplicado a los machos cabríos	17
3.4 Efecto macho.....	18
3.5 Variables evaluadas.....	18
3.5.1 Hembras	18

3.6 Estado anovulatorio de las hembras anéstricas	19
3.7 Análisis estadísticos.....	19
4.1 Proporción de cabras que mostraron estro en el primer comportamiento estral.....	21
4.2 Proporción de cabras que mostraron estro en el segundo comportamiento estral.....	21
4.3 Duración en horas del primer comportamiento estral	21
4.4 Duración en horas en el segundo comportamiento estral.....	21
4.5 Proporción total de cabras en estro en los 15 días de exposición al macho	22
V. DISCUSIÓN.....	23
VI. CONCLUSIÓN	26
VII. LITERATURA CITADA.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página	
Figura 1.	Variaciones estacionales de la actividad ovulatoria de las cabras locales del norte de México (26°N) mantenidas en estabulación adecuadamente y sometidas a las variaciones naturales de fotoperíodo	5
Figura 2.	(Modificada de Duarte <i>et al.</i> , 2008) Variaciones estacionales (promedio eem) del peso testicular (a) y las concentraciones plasmáticas de testosterona (b) de los machos cabríos locales del norte de México (26°N) mantenidos en estabulación (Modificada de Delgadillo <i>et al.</i> , 1999)	7
Figura 3.	Porcentaje acumulativo (arriba) y diario (abajo) de los grupos de cabras con experiencia sexual (•) y sin experiencia sexual (○) que manifiestan conducta estral después de la introducción de los machos sexualmente activos (día 0) (Modificada de Fernández <i>et al.</i> , 2011).	11
Figura 4.	Porcentaje acumulativo (arriba) y diario (abajo) de los grupos de cabras (•) sincopulación del macho (○) y con copulación del macho que manifestaron conducta estral después de la introducción de los machos sexualmente activos.	22

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar si la copulación previa con el macho afecta la respuesta estral de cabras anéstricas expuestas a machos foto-estimulados. Se utilizaron hembras que nacieron en promedio el 10 de enero (± 2 días); se separaron de sus madres a los 3 días de edad y se alimentaron artificialmente hasta el destete a los 40 días de edad. Posteriormente, se dividieron aleatoriamente en dos grupos. En el primer grupo de hembras ($n = 10$) tuvo contacto visual, auditivo, olfativo y táctil restringido con 2 machos vasectomizados y la cópula no fue permitida mediante una malla de acero. El segundo grupo de hembras ($n = 10$) interactuó libremente con 2 machos vasectomizados. Las hembras permanecieron en dichas condiciones a partir del destete hasta enero del siguiente año (12 meses de edad). De manera simultánea al crecimiento de las hembras, el 1 de noviembre 2 machos con experiencia sexual fueron sometidos a un tratamiento de días largos por 2.5 meses para estimular su comportamiento sexual durante el reposo sexual. A finales de marzo, cuando las hembras tenían 14 meses de edad, fueron expuestas a machos sexualmente activos por 15 días. El comportamiento estral de las hembras se durate 1 h, dos veces al día por 15 días postintroducción de los machos en los dos grupos hembras. El porcentaje de hembras en estro en el primer y segundo comportamiento estral no difirió significativamente entre las cabras sin y con copulación previa con el macho (70% 70% y 70% 50%; respectivamente; $P=0.361$ y $P=0.463$). La duración del primer comportamiento estral fue menor ($P=0.032$) en las cabras que copularon

previamente con el macho. La duración del segundo comportamiento estral no difirió entre los dos grupos de cabras sin y con copulación previa del macho ($P=0.617$). El porcentaje total de hembras en estro durante los 15 días no difirió entre las cabras sin y con copulación con los machos (80 y 100%; respectivamente; $P=0.136$). Se concluye que las cabras anéstricas sin y con copulación previa con el macho, no modifican su respuesta estral cuando son expuestas a machos foto-estimulados.

Palabras clave: Cabras, copulación, efecto macho, señales sensoriales, experiencia sexual.

I.- INTRODUCCIÓN

La caprinocultura es una actividad milenaria que se practica en algunas partes del mundo y se desarrolla bajo modelos de subsistencia, dadas sus condiciones agroecológicas y socioeconómicas. En México existen aproximadamente 10 millones de cabras. México posee la población más grande del Continente Americano, ya que se encuentran en operación 494 mil unidades de producción, y más de un millón y medio de mexicanos se dedican a esta actividad (SAGARPA, 2012). Los sistemas de producción se dividen en dos grupos, uno en las zonas áridas donde se concentra el 64% de las cabras y el otro, en las zonas semiáridas, que se ubica en la región templada del país con un 36% en su concentración (Aréchiga *et al.*, 2008). Los estados con mayor población caprina son Puebla (15%), Oaxaca (12%), San Luis Potosí (11%), Coahuila (12%), Guerrero (8%), Zacatecas (6%), y Durango (11%). Los estados del norte (San Luis Potosí, Coahuila y Zacatecas) participan con un 33% de la producción de carne de cabra. A nivel nacional, los estados con mayor producción de leche sobresalen Coahuila (35%), Durango (23%), Guanajuato (15%), Nuevo León (10%), Jalisco (4%) y Zacatecas (3%, SIAP, 2007). Estos sistemas están ligados a la agricultura de riego, ya que producen forraje de alta calidad o generan gran cantidad y diversidad de residuos de cosechas, mismos que son aprovechados por los caprinos. Las razas caprinas más utilizadas en estas regiones se encuentran la Saanen, Alpina, Toggenburg y la criolla (Guerrero, 2010).

En las hembras caprinas durante el anestro estacional la exposición del macho a un grupo de hembras induce su actividad sexual. Este fenómeno de bioestimulación se denomina efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2009). El efecto macho es una técnica que se utiliza para inducir y sincronizar la actividad sexual de las cabras (Delgadillo *et al.*, 2009). Los machos cabríos que despliegan un intenso comportamiento sexual sometidos previamente a un tratamiento de 2.5 meses de días largos (16 horas de luz) estimulan la actividad sexual en mayor proporción en las hembras que aquellos que muestran bajo comportamiento sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo y Vélez, 2010).

La experiencia sexual influye en la respuesta estral de las hembras cuando son sometidas al efecto macho. Por ejemplo, está reportado que una mayor proporción de ovejas con experiencia sexual interactúan con el macho (48/55) en comparación con aquellas ovejas que no han tenido interacción con él (29/57; Hawken *et al.*, 2008). En cabras, el porcentaje de hembras en estro es similar si tienen o no experiencia sexual con el macho (95 y 100%, respectivamente). Sin embargo, en los resultados de los estudios mostrados anteriormente (ovejas y cabras), las hembras si tenían experiencia sexual, pero no recibieron intromisión del macho, previo al ser expuestas al efecto macho.

En el contexto de la caprinocultura, como se mencionó anteriormente, uno de los mayores productores de cabrito y leche es el estado de Coahuila, en particular en la Comarca Lagunera. En esta región de México, son escasos los estudios que indiquen si las cabras con y sin copulación previa con el macho, al someterlas al efecto macho podría afectar su respuesta estral. Por ello, el

presente estudio fue planteado para determinar si las cabras anéstricas sin y con copulación previa con el macho, muestran mayor o menor duración del comportamiento estral al exponerlas a machos foto-estimulados sexualmente activos.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estacionalidad reproductiva de los caprinos en zonas subtropicales

La estacionalidad reproductiva representa un mecanismo de adaptación natural con la finalidad de que el nacimiento de las crías se lleve a cabo en condiciones ambientales y de alimentación favorables para su sobrevivencia (Chemineau *et al.*, 2010).

Las hembras originarias de latitudes subtropicales manifiestan estacionalidad en la ovulación y en el comportamiento estral. Está documentado que las cabras del subtrópico de México (26°N), las locales de Argentina (30°S) y las Cashmere de Australia (29°S), la estación sexual es caracterizada por ciclos ovulatorios y estrales cada 21 días que inician en el otoño y terminan en el invierno (Restall, 1992). Mientras que el anestro estacional es caracterizado por la ausencia de ciclos ovulatorios y estrales, se presenta en primavera y verano (Duarte *et al.*, 2008; Figura 1).

Cabras cíclicas (%)

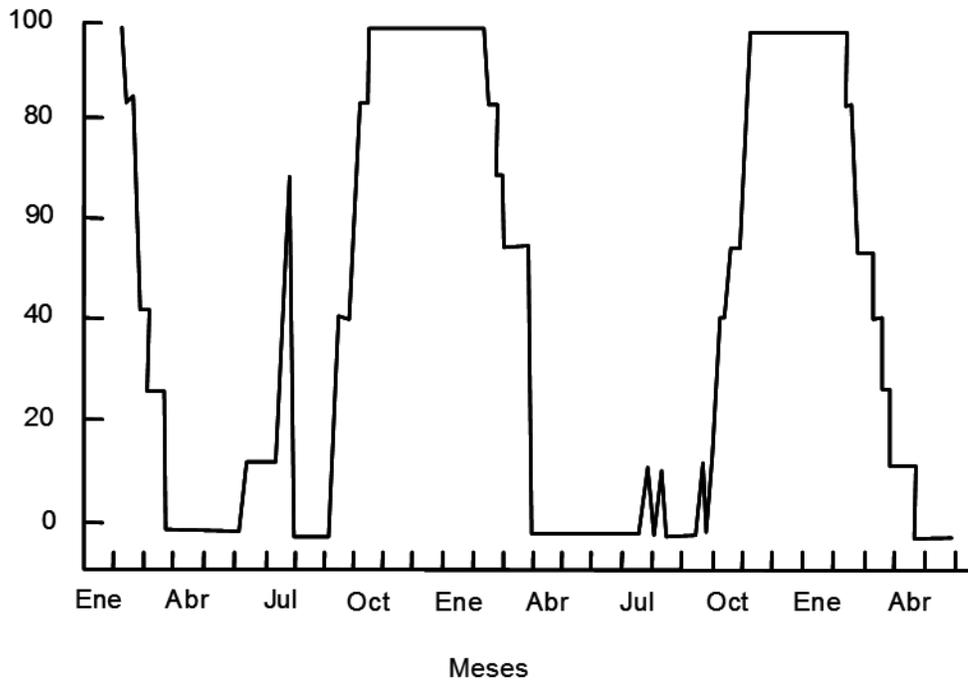


Figura 1. Variaciones estacionales de la actividad ovulatoria de las cabras locales del norte de México (26° N) mantenidas en estabulación, alimentadas adecuadamente y sometidas a las variaciones naturales del fotoperíodo (Modificada de Duarte *et al.*, 2008).

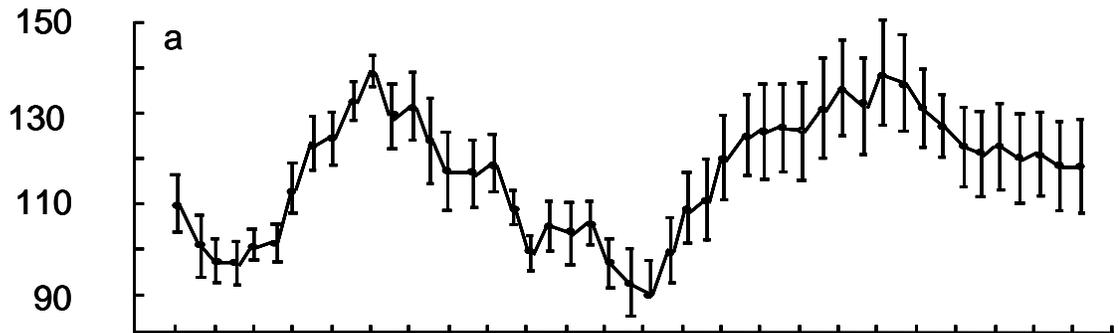
En las hembras ovinas y caprinas de latitudes subtropicales, existe variación en la presentación de la estación sexual, ello se debe a que en estas regiones existen diferentes grupos raciales. Está reportado que algunas razas presentan estacionalidad de la actividad sexual, mientras que otros manifiestan moderada actividad (estro y ovulación). En las cabras locales de latitudes subtropicales como es el caso de algunas regiones de México, Australia y Argentina, la actividad estral

y ovulatoria inicia a finales de verano o al iniciar el otoño y termina al finalizar el invierno (Restall 1992; Delgadillo *et al.*, 2003; Rivera *et al.*, 2003).

2.2.2 Machos

En las regiones subtropicales de los hemisferios Norte o Sur, la mayoría de las razas de ovinos y caprinos muestran estacionalidad sexual. Por ejemplo, los machos cabríos del subtrópico de México (26°N) y en los Cashmere de Australia(29°S), la estación sexual inicia a finales de la primavera y termina a finales del otoño. Durante la estación sexual, la talla testicular, las concentraciones plasmáticas de testosterona, el olor, el comportamiento sexual y la producción espermática cuantitativa y cualitativa se incrementan. En cambio, la estación de reposo sexual se presenta en invierno y en primavera. Durante este periodo los valores de dichas variables disminuyen (Walkden-Brown *et al.*, 1997; Pérez-Clariget *et al.*, 1998; Delgadillo *et al.*, 1999. Figura 2).

Peso testicular (g)



Testosterona (ng/ml)

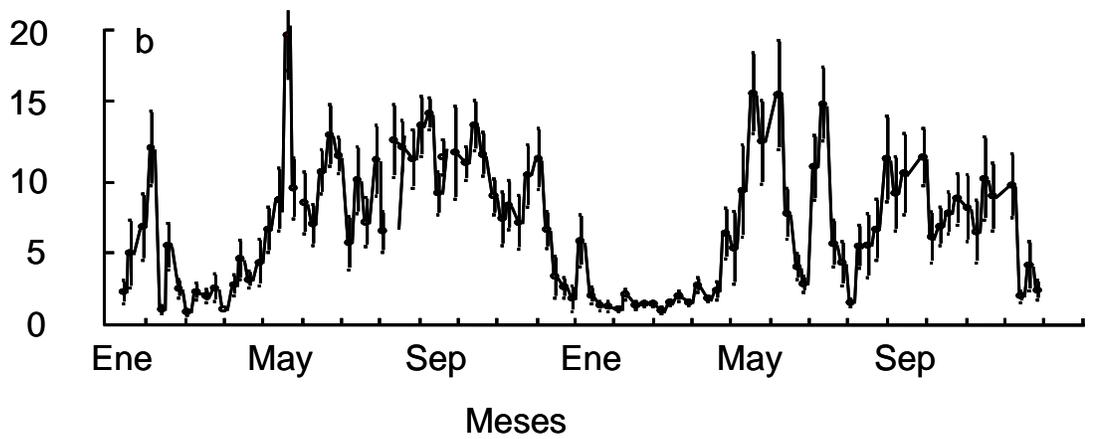


Figura 2. Variaciones estacionales (eem) del peso testicular (a) y las concentraciones plasmáticas de testosterona (b) de los machos cabríos locales del norte de México (26° N) mantenidos en estabulación (Modificada de Delgadillo *et al.*, 1999).

2.3 La estacionalidad reproductiva de los caprinos originarios de latitudes subtropicales es controlada por el fotoperíodo

La actividad sexual de los machos y de las hembras se presenta sucesivamente año tras año, durante las mismas estaciones. Ello sugiere que el desarrollo del ciclo anual es controlado por el fotoperíodo, así como ocurre en los animales originarios de zonas templadas (Delgadillo *et al.*, 1991; Gebbie *et al.*, 1999).

2.3.1 Hembras

En las cabras de la Comarca Lagunera también se demostró que el fotoperíodo está involucrado en el desarrollo del ciclo sexual anual. En un estudio donde se utilizó un grupo de cabras que se sometieron a un tratamiento fotoperídico de tres meses de días largos (14 horas de luz/día), alternados con tres meses de días cortos (10 horas de luz/día), durante dos años consecutivos, se comprobó lo anteriormente indicado. En las hembras la actividad ovárica inició en promedio 64 ± 3 días después del cambio de régimen y terminó, en promedio, 38 ± 4 días después del cambio de los días cortos a días largos (Duarte *et al.*, 2010).

2.3.2 Machos

En los machos cabríos de la Comarca Lagunera, ubicada en el subtrópico de México, el fotoperíodo influye en el desarrollo del ciclo sexual anual. Ello se demostró al someter a un grupo de machos alternando 3 meses de días largos (14h luz/día) y 3 meses de días cortos (10h luz/día) durante 2 años consecutivos. Otro grupo de machos se sometió a variaciones naturales de fotoperíodo. En los

machos testigo, la secreción de testosterona se incrementó en mayo, se mantuvo elevada hasta noviembre y disminuyó en diciembre, meses que corresponden a la estación sexual. En cambio, en el grupo experimental la secreción de testosterona se incrementó invariablemente durante los días cortos y disminuyó durante los días largos (Delgadillo *et al.*, 2004).

Lo anterior indica que el fotoperíodo es el responsable del ciclo anual de reproducción en esta especie.

2.4 Relaciones socio-sexuales

Con la introducción de un macho en un grupo de hembras anéstricas ovinas y caprinas, es posible estimular y sincronizar en las hembras la actividad sexual en los días subsiguientes. A esta técnica de bioestimulación se le conoce como “*efecto macho*” (Hawken *et al.*, 2008, Delgadillo *et al.*, 2009). Durante el efecto macho participan señales sensoriales y del comportamiento sexual, mismas que ejercen un papel relevante en la actividad sexual de las hembras (Delgadillo *et al.*, 2009).

2.5 Experiencia sexual en ovejas y cabras

La experiencia sexual en ovinos y caprinos se adquiere a través de las relaciones socio-sexuales como: la cópula, el cortejo, el contacto directo, etc. La experiencia sexual influye en la respuesta estral y en las ovulaciones en las cabras y ovejas cuando son expuestas por primera vez al macho (Gelez *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2011). Está reportado que las ovejas sin experiencia sexual muestran menos conductas de la hembra dirigidas al macho y muestran menor aceptación a que el macho las monte, en comparación con aquellas hembras con

experiencia sexual que han sido montadas varias veces por el macho.(Beach, 1976; Gelez *et al.*, 2004; Hawken *et al.*, 2008). Se ha observado que las ovejas sin experiencia sexual manifiestan menos conducta estral(62%), en comparación con las hembras con experiencia sexual que no han sido copuladas por los machos (100%, Gelez *et al.*, 2004). Por el contrario, cuando las cabras anéstricas no copuladas por el macho son expuestas a los machos fotoestimulados inducidos a una intensa actividad sexual al ser sometidos a 2.5 meses de días largos, el comportamiento estral no difiere entre las hembras sin y con experiencia sexual (100 y 95%, respectivamente, Fernández *et al.*, 2011; Figura 3).

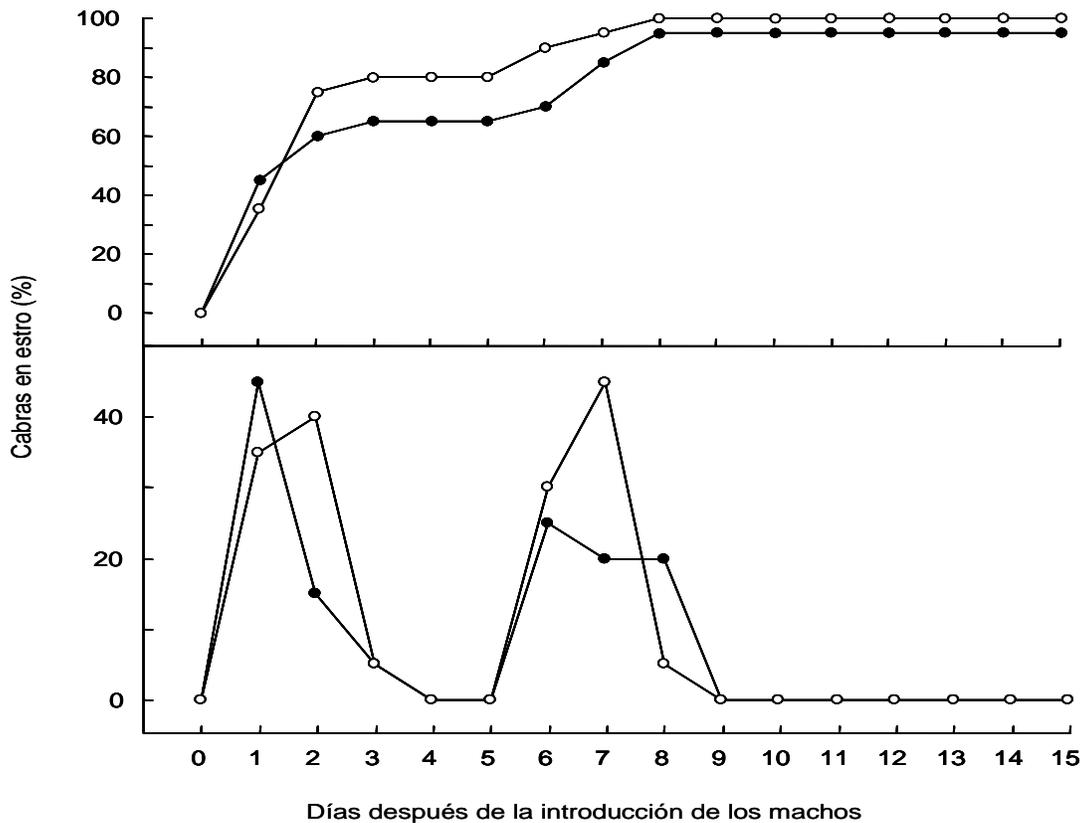


Figura 3. Porcentaje acumulativo (arriba) y diario (abajo) de los grupos de cabras con experiencia sexual (●) y sin experiencia sexual (○) que manifestaron conducta estral después de la introducción de los machos sexualmente activos (día 0). (Tomado de Fernández *et al.* 2011).

2.6 Experiencia sexual en hembras copuladas con machos

En el presente estudio, se define a las hembras con experiencia sexual copuladas por machos, cuando han recibido al menos una intromisión del pene en su vagina.

En las hembras, algunos factores influyen en la duración del estro, entre ellos se menciona: las intromisiones que reciben las hembras por los machos, el

tipo de estímulo (contacto cérvico-vaginal) o la presencia del macho. Por ejemplo, en las cabras Nubia de Uruguay, se llevó a cabo un estudio con el objetivo de determinar el efecto de la intromisión del pene del macho sobre la duración del estro. Para este fin, se conformaron dos grupos de cabras; un grupo recibió monta e intromisión del macho y el otro grupo sólo les fue permitido la monta. Posteriormente, en los dos grupos de cabras el estro fue sincronizado artificialmente. Los resultados indicaron que las cabras que recibieron monta e intromisión del macho, disminuyó la duración del estro (Romano y Fernandez Abella, 1997). En otro estudio realizado también en hembras de la misma raza en Uruguay, se analizó el efecto de la penetración con machos vasectomizados sobre la duración del estro, la fertilidad y la prolificidad en cabras que fueron sincronizadas y después recibieron inseminación artificial. Durante el estudio se expusieron dos grupos de cabras: un grupo recibió copulación de los machos vasectomizados y el otro sólo montas, posteriormente fueron inseminadas artificialmente. Los resultados indicaron que en las cabras que recibieron la copulación del macho disminuyó la duración del estro. La respuesta observada a este hecho se debió probablemente al estímulo del pene sobre el fórnix de la vagina (Romano *et al.*, 2000).

En otro estudio, en cabras de la misma raza y localidad de Uruguay, se investigó la respuesta a diferentes tipos de estímulo (penetración en la vagina) sobre la duración del estro. El experimento comprendió cuatro grupos de cabras que recibieron: a) intromisión del macho, b) estímulo mecánico con un dispositivo similar al pene, c) inseminación con fluidos de las glándulas accesorias, y d) montas sin intromisión, posteriormente las cabras fueron

sincronizadas artificialmente. Los resultados indicaron que la intromisión del pene en la vagina disminuyó la duración del estro, debido al contacto del pene en el epitelio vaginal (Romano, 1994).

También en ovejas, se ha observado que el útero responde a la intromisión del macho, la respuesta es el incremento del tono uterino (Cavaco-Gonçalves, 2006). En las cerdas, está reportado que la sola presencia del verraco induce la liberación de la oxitocina durante la inseminación artificial, con ello se incrementa la actividad uterina (Langendijk *et al.*, 2005).

Finalmente, también en cabras está demostrado que la presencia del macho mediante las señales exteroceptivas (olfativas, auditivas, visuales y táctiles) o el coito en sí, estimulan la liberación de oxitocina (McNeilly y Alison Ducker, 1972).

Los estudios antes descritos muestran que las hembras caprinas que reciben intromisión del pene en su vagina reducen la duración del estro. Así como, aquellas hembras (ovejas, cerdas y cabras) que copulan con el macho, incrementan las contracciones uterinas durante el apareamiento, mismas que ejercen un efecto positivo en el transporte del esperma, y en consecuencia en la fertilidad de la hembra.

2.7 Respuesta de las cabras anéstricas a los machos foto-estimulados durante el efecto macho

En las cabras anéstricas del subtrópico mexicano, la baja respuesta sexual observada cuando son expuestas a machos con bajo comportamiento sexual durante el efecto macho, en los meses de marzo y abril es factible mejorarla si son expuestas a machos inducidos a una intensa actividad sexual sometiénolos previamente a un tratamiento fotoperiódico (Delgadillo *et al.*, 2014). Así mismo, en los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera, está demostrado que se induce su actividad sexual durante su periodo de reposo sexual (febrero-abril) cuando son sometidos a 2.5 meses de días largos (16 horas luz) a partir del 1 de noviembre (Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Delgadillo *et al.*, 2012).

OBJETIVO

Determinar si la copulación previa con el macho afecta la respuesta estral de cabras anéstricas cuando son expuestas a machos foto-estimulados durante el efecto macho.

HIPÓTESIS

En las cabras anéstricas con copulación previa del macho o sin ella, la respuesta estral es similar, si son expuestas a machos foto-estimulados sexualmente activos durante el efecto macho.

III.-MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en el municipio de Torreón, Coahuila. Este municipio se encuentra a una latitud de 26°N y a una altitud que varía de 1100 a 1400 m sobre el nivel del mar (CONAGUA, 2000).

3.2 Hembras

Se utilizaron hembras que nacieron en promedio el día 10 enero (± 2 días). Las cabritas fueron separadas de sus madres a los tres días de edad y recibieron leche de cabra hasta los 40 días de edad. A partir de esta fecha y hasta que finalizó el estudio las hembras tuvieron acceso a heno de alfalfa *ad libitum* la cual contenía 18% de PC y 1.95 Mcal/kg de energía metabolizable, y concentrado comercial conteniendo 18% de PC y 1.95 Mcal/kg de energía metabolizable, de acuerdo a sus requerimientos.

En el día 41 de edad, las hembras fueron asignadas al azar a dos grupos y fueron puestas en corrales abiertos (5x 5m). En el primer grupo de hembras (n = 10) tuvo contacto visual, auditivo, olfativo y táctil restringido con 2 machos vasectomizados que estaban en un corral adyacente y la cópula no fue permitida mediante la separación con una malla de acero. En el segundo grupo de hembras (n = 10) tuvo contacto visual, auditivo, olfativo y táctil con 2 machos vasectomizados y la cópula fue permitida, cuando inició la pubertad (Ramírez-Gómez, 2014). Las hembras fueron puestas en contacto con los

machos vasectomizados como se mencionó anteriormente, a partir del destete hasta enero del siguiente año.

En marzo cuando tenían 14 meses de edad, el peso y la condición corporal eran 33.0 ± 2.6 kg y 2.8 ± 0.08 ; 26.9 ± 1.2 , kg y 2.5 ± 0.07 , en las hembras con experiencia sexual sin y con copulación, respectivamente.

3.3.1 Tratamiento fotoperiódico aplicado a los machos cabríos

En paralelo al crecimiento de las hembras, dos machos de tres años con experiencia sexual fueron sometidos a 2.5 meses de días largos del 1 de noviembre del 2012 al 15 de enero de 2013. Los corrales donde fueron alojados los machos cabríos fueron equipados con lámparas fluorescentes de 75 watts cada una. Se comprobó que la intensidad luminosa en todo el corral fuera de al menos 300 lux a nivel de los ojos de los machos. Las lámparas (8) fueron programadas para encenderse automáticamente de las 06:00 a las 09:00 h. Posteriormente, se volvían a encender de las 17:00 h a las 22:00 h, con ello se proporcionó 16 h luz y 8 h oscuridad. A partir del 16 de enero de 2013, se suspendió la luz artificial y los machos recibieron las variaciones naturales del fotoperíodo hasta el final del experimento. Este tratamiento fotoperiódico provoca un incremento en la secreción de testosterona y el volumen testicular, además estimula el comportamiento sexual de los machos (Delgadillo *et al.*, 2002). Los machos fueron alimentados con alfalfa henificada (18% de PC) y concentrado comercial (14% de PC).

3.4 Efecto macho

El 25 de marzo a las 11:00 h los dos grupos de hembras fueron puestos en contacto con los machos sexualmente activos. Se utilizó la proporción 10 hembras x 1 macho. Los machos permanecieron con las hembras durante 15 días y se intercambiaron diariamente entre los dos grupos de hembras.

Para verificar que los machos estaban sexualmente activos, se observó cada macho de 8:00 a 9:00 en los días 0, 1 y 2, después de la introducción de los machos con las hembras. Las conductas de actividad sexual observadas fueron: aproximaciones laterales, olfateos anogenitales, intentos de monta, montas sin y con penetración, flehmen y automarcajes (Fabre-Nys, 2000; Flores *et al.*, 2000).

3.5 Variables evaluadas

3.5.1 Hembras

El comportamiento estral fue registrado dos veces al día mediante observación visual de las 08:00-09:00h y de las 18:00-19:00 h. Una hembra fue considerada en estro cuando permaneció inmóvil al ser montada por el macho (Chemineau, 1992).

- **Porcentaje de estros durante el primer comportamiento estral**, es el número de cabras que mostraron conducta estral durante el primer comportamiento estral.

- **Porcentaje de estros durante el segundo comportamiento estral**, es el número de cabras que mostraron conducta estral durante el segundo comportamiento estral.
- **Duración en horas en el primer comportamiento estral**, es el tiempo en horas en el cual las hembras mostraron conducta estral durante el primer comportamiento estral.
- **Duración en horas del segundo comportamiento estral**, es el tiempo en horas en el cual las hembras mostraron conducta estral en el segundo comportamiento estral.
- **Porcentaje de estros en los 15 días del efecto macho**, es el número total de cabras, expresado en porcentaje que mostraron al menos una conducta estral en los 15 días que el macho permaneció con las hembras.

3.6 Estado anovulatorio de las hembras anéstricas

El estado anovulatorio de las hembras previo al efecto macho fue determinado por la ausencia de cuerpos lúteos durante el examen transrectal con un ultrasonido Aloka SSD-500, equipado con un transductor de 7.5 MHz (Evans *et al.*, 2000), realizado al día 20 y 10 antes de la introducción de los machos en los dos grupos de hembras.

3.7 Análisis estadísticos

El porcentaje de hembras que mostraron comportamiento estral en el primer y segundo comportamiento estral, y durante los 15 días de exposición al macho fueron comparados entre grupos con una prueba de Chi-cuadrada. La duración del

primer y segundo comportamiento estral, se comparó entre grupos con una prueba *t* student para datos independientes. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico SYSTAT13 (2009).

IV. RESULTADOS

4.1 Proporción de cabras que mostraron estro en el primer comportamiento estral

No se detectó diferencia significativa en el porcentaje de hembras que mostraron estro durante el primer comportamiento estral entre las cabras sin y con copulación (70%; 7/10 y 70%; 7/10, respectivamente; $P=0.361$).

4.2 Proporción de cabras que mostraron estro en el segundo comportamiento estral

No se detectó diferencia significativa en el porcentaje de hembras que mostraron estro durante el segundo comportamiento estral entre las cabras sin y concopulación (50%; 5/10 y 70%; 7/10, respectivamente; $P=0.463$).

4.3 Duración en horas del primer comportamiento estral

La duración del primer comportamiento estral fue diferente entre los grupos de cabras sin y concopulación (19 ± 2.4 h y 12 ± 0.0 h, respectivamente; $P=0.032$).

4.4 Duración en horas en el segundo comportamiento estral

La duración del segundo comportamiento estral no difirió significativamente entre los grupos de cabras sin y con copulación (24 ± 3.8 h y 27 ± 4.3 h, respectivamente; $P=0.617$).

4.5 Proporción total de cabras en estro en los 15 días de exposición al macho

El porcentaje de hembras que expresaron comportamiento estral durante los 15 días del efecto macho no difirió entre los dos grupos de cabras sin y con copulación (100%; 10/10 y 80%; 8/10, respectivamente; $P=0.136$; Figura 3).

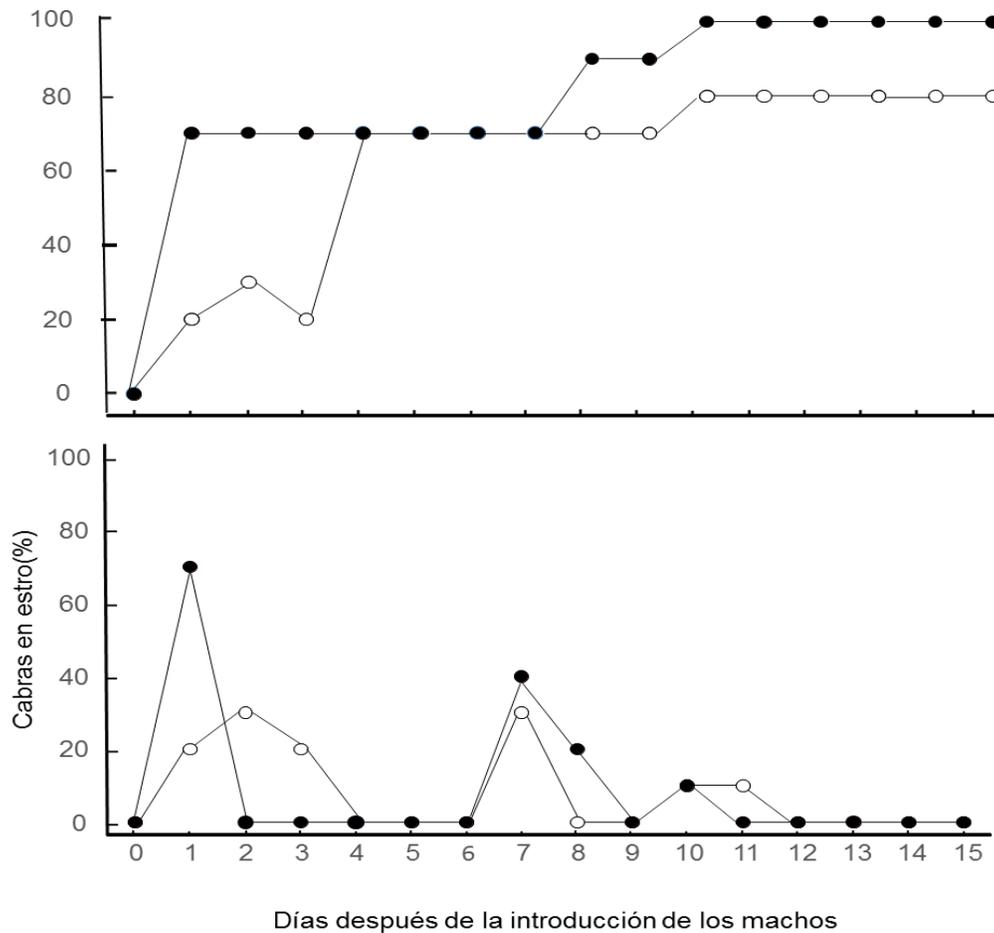


Figura 4. Porcentaje acumulativo (arriba) y diario (abajo) de los grupos de cabras (●) sin copulación del macho (○) y con copulación del macho que manifestaron conducta estral después de la introducción de los machos sexualmente activos (día 0-15).

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la presente tesis muestran que las cabras anéstricas sin y con copulación del macho previo al efecto macho, muestran un comportamiento estral similar cuando son expuestas a los machos foto-estimulados. En el actual estudio no se detectó diferencia significativa en la proporción de cabras que presentaron estro en el primer y el segundo comportamiento estral, entre los dos grupos de cabras. Se observó que durante el primer comportamiento estral, las cabras del grupo con copulación previa del macho disminuyeron la duración del estro, en relación a las cabras que tuvieron contacto restringido con machos. Mientras que el segundo comportamiento estral fue similar la duración del estro entre ambos grupos de cabras. Aún más, la proporción de hembras que mostraron estro en los 15 días del efecto macho no difirió entre los dos grupos de hembras. En el actual estudio, el primer comportamiento estral se presentó entre los días 1 y 3 post-introducción del macho en los dos grupos de cabras. Mientras que el segundo comportamiento estral se presentó entre los días 7 y 10 en los dos grupos de cabras. Los resultados mostrados concuerdan con Chemineau *et al.* (2006), donde una mayor cantidad de cabras presentan estro durante el primer comportamiento estral entre los días 2 y 4 post-introducción del macho, así como, en el segundo comportamiento estral entre los días 8 y 10.

En relación a la duración del estro en el primer comportamiento estral, los resultados indican que las cabras que fueron copuladas previamente por el macho disminuyeron la duración del estro, como lo reporta Romano (1994) y Romano *et al.* (2000). Mientras que la duración del segundo comportamiento estral no difirió

entre los dos grupos de hembras. Ello probablemente se debió a que las hembras ya tenían experiencia sexual previa.

En relación al porcentaje total de estros mostrados por las cabras durante los 15 días del efecto macho, los resultados del presente estudio difieren con Gelez *et al.* (2004) quienes indican que las ovejas con experiencia sexual, que no han recibido intromisión del macho, cuando son expuestas por primera vez a los carneros disminuyen su comportamiento estral. En cambio, los resultados del presente estudio concuerdan con los hallazgos reportados por Fernández *et al.* (2011), quienes indican que las cabras anéstricas con experiencia sexual no copuladas por el macho, no disminuyen su comportamiento estral cuando son expuestas a machos sexualmente activos tratados con días largos. Los resultados de Fernández *et al.* (2011) y los obtenidos en el presente estudio indican que el estímulo fundamental para que las hembras anéstricas sin y con copulación del macho, muestren un comportamiento sexual se debe al hecho que los machos se encontraban sexualmente activos, debido a que fueron sometidos previamente a un tratamiento de luz adicional. Así mismo, los resultados del presente estudio concuerdan con los hallazgos reportados por Luna-Orozco *et al.* (2008) quienes no detectaron diferencia entre las cabras nulíparas y multíparas (95 y 100%, respectivamente), en la proporción de cabras en estro cuando fueron expuestas a los machos sexualmente activos durante 15 días. En esta región subtropical de México, se han llevado a cabo estudios que demuestran resultados que indican que los machos tratados con días largos artificiales mejoran el desempeño

reproductivo de las cabras anéstricas sometidas al efecto macho (Flores *et al.*, 2000; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Delgadillo *et al.*, 2012; Bedos *et al.*, 2014).

Finalmente, los resultados del presente estudio muestran que el tipo de estímulo recibido, como la intromisión o no del pene en la vagina, no modifica la expresión del estro en las cabras. Estos resultados sugieren que la manipulación del fotoperíodo y de las relaciones socio-sexuales, permiten un control sustentable de la reproducción de los caprinos en esta región subtropical mexicana (Delgadillo *et al.*, 2011).

VI. CONCLUSIÓN

Las cabras anéstricas sin o con copulación previa del macho, no modifican su comportamiento estral cuando son expuestas a machos foto-estimulados durante el efecto macho.

VII. LITERATURA CITADA

- Aréchiga, C.F., Aguilera, J.I., Rincón, R.M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V.R., Meza-Herrera, C.A. 2008. Situación actual y perspectiva de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystem*. 9: 1-14.
- Beach, F.A. 1976. Sexual attractivity, proceptivity, and receptivity in female mammals. *Hormones and Behavior*. 7:105-138.
- Bedos, M., Duarte, G., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Hernandez, 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.
- Chemineau, P., Daveau, 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 Ruminant Research*. 8:299-312.
- Chemineau, P., Pellicer-Rubio, M.T., Lassoued, N., Khaldi, G., Monniaux, D. 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reproduction, Nutrition and Development*. 46:417-429.
- Chemineau, P., Bodin, L., Migaud, M., Thiéry, J.C., Malpoux, B. 2010. Neuroendocrine and genetic control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction in Domestic Animals*. 45 (Supplement 3): 42-49.
- Cavaco-Gonçalves, S., Marques, C.C., Horta, A.E.M., Figueroa, J.P. 2006. Increased cervical electrical activity during oestrus in progestagen treated ewes: Possible role in sperm transport. *Animal Reproduction Science*. 93:360-365.
- CONAGUA. Disponible en: <http://sgp.cna.gob.mx/Publico/Mapoteca/Mapas.htm>. Fecha de acceso: 14/10/2014
- Delgadillo J.A., Leboeuf B., Chemineau P. 1991. Decrease in seasonality of sexual behaviour and semen production in bucks by exposure to short photoperiod cycles. *Theriogenology*. 36(5):755-770.
- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability

- in male Creole goat in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*. 52: 727-737.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H., 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. *Journal of Animal Science*. 80:2780-2786.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpaux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico Mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Veterinaria México*. 34(1)69-79.
- Delgadillo, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F.G, Carrillo, E., Flores, J.A, Vielma, J., Hernandez, H., Malpaux, B., 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reproduction Fertility and Development*. 16: 471-478.
- Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A, R., Martin, G.B. 2009. The “male effect” in sheep and goats: revisiting the dogmas. *Behavioral Brain Research*. 200: 304–314.
- Delgadillo, J.A., Vélez, L.I. 2010. Stimulation of reproductive activity in anovulatory. Alpine goats exposed to bucks treated only with artificially long days. *Animal*. 4:2012-2016
- Delgadillo, J.A., De La Torre-Villegas, S., Arellano-Solis, V., Duarte, G., Malpaux, B. 2011. Refractoriness to short and long days determines the end and onset of the breeding season in subtropical goats. *Theriogenology*. 76:1146-1151.
- Delgadillo, J.A., Duarte, G., Flores, J.A., Vielma, J., Hernández, H., Fitz-Rodríguez, G., Bedos, M., Fernández, I.G., Muñoz-Gutiérrez, M., Retana-Marquez, M.S., Keller, M. 2012. Control of the sexual activity of goats without exogenous hormones: Use of photoperiod, male effect and nutrition. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15:15-27.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H., Bedos, M., Fitz-Rodríguez, G., Fernández, I.G., López-Sebastián, A., Gómez-Brunet, A., Santiago-Moreno, J., Zarazaga, L.A., Keller, M., Chemineau, P. 2014. Out-of-season control of reproduction in subtropical goats without exogenous hormonal treatments. *Small Ruminant Research*. 121:7-11
- 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: 262-370.

- Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2010. Ovulatory activity of female goat adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*. 120: 65-70.
- Evans, A.C.O., Duffy, P., Haynes, N., Boland, M.P. 2000. Waves of follicle development during the estrous cycle in sheep. *Theriogenology*. 53:699-715.
- Flores, J.A., Véliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction*. 62:1409-1414.
- Fabre-Nys, C. 2000. Le comportement sexuel des caprins controle hormonal et facteurs sociaux. *INRA Productions Animales*. 13:11-23.
- Fernández, I.G., Luna-Orozco, J.A., Vielma, J., Duarte, G., Hernández, H., Flores, J.A., Gelez, H., Delgadillo, J.A. 2011. Lack of sexual experience does not reduce the responses of LH, estrus or fertility in anestrus goats exposed to sexually active males. *Hormones and Behavior*. 60:484-488.
- Gebbie, F.E., Forsyth, I.A., Arendt, J. 1999. Effects of maintaining solstice light and temperature on reproductive activity, coat growth, plasma prolactin and melatonin in goats. *Journal of Reproduction and Fertility*. 116: 25-33.
- Gelez, H., Archer, E., Chesneau, D., Lindsay, D., Fabre-Nys, C. 2004. Role of experience in the neuroendocrine control of ewes' sexual behavior. *Hormones and Behavior*. 45:190-200.
- Guerrero M.M. 2010. La caprinocultura en México una estrategia de desarrollo. *Revista Universitaria de Ciencias Sociales*. Disponible: <http://www.cuautitlan.unam.mx/rudics/ejemplares/0101/art06.html>. Fecha de consulta: 4/09/2014.
- Hawken, P.A.R., Evans, A.C.O., Beard, A.P. 2008. Prior exposure of maiden ewes to rams enhances their behavioural interactions with rams but is not a prerequisite to their endocrine response to the ram effect. *Animal Reproduction Science*. 108, 13-21.
- Langendijk, P., Soede, N.M., Kemp, B. 2005. Uterine activity, sperm transport, and the role of boar stimuli around insemination in sows. *Theriogenology*. 63:500-513.

- Luna-Orozco, J.R., Fernández, I.G., Gelez, H., Delgadillo, J.A. 2008. Parity of female goats does not influence their estrous and ovulatory responses to the male effect. *Animal Reproduction Science*. 106:352-360.
- McNeilly, A. S., Alison Ducker, H. 1972. Blood levels of oxytocin in the female goat during coitus and in responses to stimuli associated with mating. *Journal Endocrinol*. 54:399-406.
- Pérez-Clariget, R., Forsberg, M., Rodríguez-Martínez, H. 1998. Seasonal variation in live weight, testes size, testosterone, LH secretion, melatonin and thyroxine in Merino and Corriedale rams in a subtropical climate. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 39:35-47.
- Restall, B.J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Animal Reproduction Science*. 27: 305-318.
- Romano, J.E. 1994. Effects of different stimuli of service on duration in dairy goats. *Theriogenology*. 42:875-879.
- Romano J.E., Fernandez Abella, D. 1997. Effect of service and vaginal-cervical anesthesia on estrus duration in dairy goats. *Theriogenology*. 45:691-696.
- Romano J.E., Crabo, B.G., Christians, C.J. 2000. Effect of sterile service on estrus duration, fertility and prolificacy in artificially inseminated dairy goats. *Theriogenology*. 53:1345-1353.
- 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 Ruminant Research*. 48:109-117.
- Rivas-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2007. Stimulation of estrous or discontinuous exposure to males. *Journal of Animal Science*. 85:1257-1263.
- Ramírez-Gómez, S. 2014. Las cabras en contacto restringido con machos adelantan el inicio de la pubertad. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 1-34.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2012. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/Paginas/2012B592.aspx>. Fecha de acceso: 4/09/2014.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2007. Disponible en: http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasic

[a/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/caprino.pdf](#). Fecha de acceso: 14/10/2014.

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