

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Subdirección de Postgrado



COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SEXUAL AL EFECTO
MACHO EN CABRAS ESTACIONALMENTE ANOVULATORIAS Y
EN CABRAS ANOVULATORIAS DURANTE EL POSTPARTO
TEMPRANO

TESIS

Que presenta ALEJANDRO SALGADO MARTÍNEZ

Como requisito para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

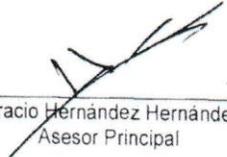
Torreón Coahuila

Diciembre 2019

COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SEXUAL AL EFECTO MACHO EN
CABRAS ESTACIONALMENTE ANOVULATORIAS Y EN CABRAS
ANOVULATORIAS DURANTE EL POSTPARTO TEMPRANO

Tesis

Elaborada por ALEJANDRO SALGADO MARTÍNEZ como requisito parcial para
obtener el grado de Maestro en Ciencias Agrarias con la supervisión y
aprobación del Comité de Asesoría



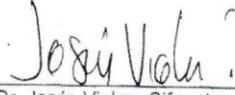
Dr. Horacio Hernández Hernández
Asesor Principal



Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez
Asesor



Dr. José Alfredo Flores Cabrera
Asesor



Dr. Jesús Vielma Sifuentes
Asesor



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Jefe del Departamento de Postgrado



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila

Diciembre, 2019

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme las facilidades para realizar mis estudios de Maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), quien me otorgó el apoyo económico durante mis estudios de Maestría.

Al Colegio Superior para la Educación Integral Intercultural de Oaxaca (CSEIIO), por las facilidades que me brindo durante mis estudios de Maestría

A MI ASESOR PRINCIPAL

Dr. Horacio Hernández Hernández, primeramente, por brindarme su amistad, y por haberme dado la oportunidad de recurrir a su tiempo, capacidad y amplio conocimiento científico durante el desarrollo de esta tesis

A MI COMITÉ DE ASESORÍA

Por compartir conmigo su amplia experiencia y conocimientos; así como las ideas y motivación que me brindaron para el buen desarrollo de mi formación académica y el desarrollo de este trabajo

Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, Dr. Jesús Vielma Sifuentes, Dr. José Alfredo Flores Cabrera

Al Centro de Investigación y Reproducción Caprina (CIRCA)

A cada uno de los profesores que conforman este centro de investigación mis más sinceros agradecimientos por el ambiente de trabajo y colaboración durante mi estancia en la universidad

Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Dr. Horacio Hernández Hernández

Dr. Jesús Vielma Sifuentes

Dr. José Alfredo Flores Cabrera

Dr. Gerardo Duarte Moreno

Dra. Ilda Graciela Fernández García

Dr. Juan Carlos Martínez Alfaro

A LAS SERETARIAS

A Esther Peña Revuelta y Dolores López Magaña, quienes me ayudaron en todo momento en las gestiones administrativas, mi más sincero agradecimiento por su trabajo y dedicación

A LOS PRODUCTORES

Al Señor Rosalió de Anda y a la Señora Estela, del ejido Filipinas, municipio de Matamoros Coahuila. Por facilitarme los animales que se requirieron para realizar los estudios de campo

DEDICATORIAS

A DIOS

Quien ha forjado mi camino y me ha conducido por el sendero correcto, el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez, por ser quien guía el destino de mi vida.

A MI HIJA

Quetzally Alejandra Salgado Sánchez, tu afecto, cariño y compañía son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo y de las ganas de buscar lo mejor para ti. Aún a tu corta edad me has enseñado y me sigues enseñando muchas cosas de esta vida. Y fuiste mi motivación más grande para concluir este proyecto.

A MI ESPOSA

Zitlallith Denise Sánchez Arellanes, quién ha estado a mi lado compartiendo mis alegrías y angustias, por el estímulo para que me supere día con día, el apoyo incondicional y la ayuda de siempre.

A MI FAMILIA

Que se ha preocupado de mi desde el momento que llegué a este mundo y que me han formado para saber cómo luchar y salir victorioso ante las diversas adversidades de la vida; además de su comprensión, apoyo y comunicación constante.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE CUADROS	VII
RESÚMEN	VIII
ABSTRAC	IX
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	4
Hipótesis	4
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Estacionalidad reproductiva de ovinos y caprinos	5
2.2 Estacionalidad reproductiva en pequeños rumiantes de ambos sexos	5
2.3 Bases fisiológicas de la estacionalidad de la reproducción en pequeños rumiantes.....	7
3.1 Métodos de control de la reproducción de los machos ovinos y caprinos machos durante el reposo sexual.....	8
4.1 Control de la reproducción de las hembras ovinas y caprinas durante el anestro estacional	8
4.1.1 Uso y aplicación de hormonas exógenas (CIDR, esponjas impregnadas con FGA)	8
4.1.2 Efecto macho	9
4.1.3 Respuesta típica de las hembras al efecto macho	9
4.1.4 Cambios endocrinos de las hembras anovulatorias en respuesta al efecto macho	10

4.1.5 Factores que influyen en la respuesta de las hembras al efecto macho	11
4.1.5.1 Factores asociados a los machos	11
4.1.5.2 Factores asociados a las hembras	11
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Lugar de estudio	12
3.2 Diseño experimental	12
3.3 Sujetos experimentales.....	12
3.3.1 Machos	12
3.3.2 Hembras	13
3.4 Efecto macho	14
3.5 Variables evaluadas	14
3.5.1 Conducta sexual del macho	14
3.5.2 Conducta estral	15
3.5.3 Actividad ovulatoria	16
3.6 Análisis estadísticos de los datos.....	1
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS	18
4.1 Conducta sexual de los machos durante los primeros 4 días de contacto con las hembras	18
4.2 Conducta estral en respuesta al efecto macho en hembras del GT y las del GT.....	19
4.2.1. Porcentaje acumulado de cabras en conducta estral	21
4.3. Respuesta ovulatoria al efecto macho en hembras de ambos grupos.....	21
CAPÍTULO V	
DISCUSIÓN	22
CAPITULO VI	
CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS	26
CAPITULO VII	

LITERATURA CITADA	27
-------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática del porcentaje de hembras que ovulan, así como el periodo de anestro estacional durante dos años en cabras subtropicales del norte de México.....	6
Figura 2. Representación esquemática de los niveles plasmáticos de testosterona (ng/mL) durante dos años, en machos cabríos subtropicales del norte de México.....	7
Figura 3. Proporción de hembras en anestro estacional que muestran actividad estral después de la introducción de machos fotoestimulados.....	10
Figura 4. Frecuencias totales de las aproximaciones y los olfateos ano-genitales registradas en 4 h (1 h/día los primeros 4 días) en los machos cabríos que fueron puestos en contacto con cabras estacionalmente (■) o lactacionalmente anovulatorias (□).....	18
Figura 5. Frecuencia total de varias conductas registradas en 4 h (1 h/día los primeros 4 días) en los machos cabríos que fueron puestos en contacto con cabras estacionalmente (■) o lactacionalmente anovulatorias (□)	19
Figura 6. Porcentaje acumulado de cabras que mostraron celo en el grupo EME (■) y en las del grupo EML (□) durante los 12 días que permanecieron con los machos. Este porcentaje fue mayor en las cabras del grupo EME que en las del grupo EML (P <0.0001)...	21

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características de la respuesta estral y ovulatoria al efecto macho en hembras estacionalmente (EME) y lactacionalmente anéstricas (EML). En ambos grupos, los machos permanecieron con las hembras durante 12 días.....	20
--	----

COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA SEXUAL AL EFECTO MACHO EN CABRAS ESTACIONALMENTE ANOVULATORIAS Y EN CABRAS ANOVULATORIAS DURANTE EL POSTPARTO TEMPRANO, Alejandro Salgado Martínez, Maestro en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Dr. Horacio Hernández Hernández.

RESÚMEN

El objetivo de la presente tesis fue determinar si las cabras anovulatorias en el postparto temprano que se encuentran amamantando a sus crías y mantenidas en pastoreo extensivo responden al efecto macho de manera similar a como lo hacen las cabras estacionalmente anovulatorias. En el primer grupo, se obtuvo la respuesta al efecto macho en cabras estacionalmente anovulatorias en el mes de abril (GT, n = 27), en el segundo, se utilizaron cabras anovulatorias en que se encontraban amamantando en el mes de octubre (GPP, n = 21). Las conductas sexuales desplegadas por los machos en el GT fueron similares a la de los machos en el GPP ($P > 0.05$). No existió diferencia entre las hembras del GT y del GPP en el porcentaje de cabras que mostraron celo, ni en la duración del mismo ($P > 0.05$). Sin embargo, el porcentaje acumulado de cabras en celo en los 13 días que permanecieron con los machos fue mayor en el GT que en el GPP ($P = 0.0001$). El porcentaje total de cabras que mostraron ovulación fue mayor ($P = 0.0001$) en las cabras del GT (100%) comparado con las cabras del GPP (57%). Por último, la tasa ovulatoria obtenida en las cabras del GT no difirió al registrado en las cabras del GPP ($P > 0.05$). Estos resultados permiten concluir que en las cabras anovulatorias debido al estado postparto temprano, la respuesta estral y ovulatoria en respuesta sexual al macho es disminuida en comparación con las cabras estacionalmente anovulatorias.

Palabras clave: cabras, anovulación estacional, anovulación lactacional, efecto macho

COMPARISON BETWEEN THE SEXUAL RESPONSE TO MALE EFFECT OBTAINED IN SEASONALLY ANOVULATORY GOATS AND IN THE NURSING GOATS DURING EARLY POSTPARTUM, Alejandro Salgado Martínez, Maestro en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Dr. Horacio Hernández Hernández.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to investigate if lactating anovulatory goats that suckling their goat kids can respond to the male effect as the seasonally anovulatory goats. To this end, two groups of females were submitted to male effect under grazing conditions. In the first group, the sexual response to male effect were determined in seasonally anovulatory goats on April month (GT, n = 27), in the second group, nursing postpartum anovulatory goats on October month were used (GPP, n = 21). The sexual behaviors displayed by male goats in GT were similar that those displayed by the male goats in GPP ($P > 0.05$, in all recorded behaviors). No differences were detected between GT and GPP in the total percentage of females showing estrus, nor its duration ($P > 0.05$, in both variables). However, the cumulated percentage of females in estrus during the 13 days that stay in contact with male goats were higher in goats from GT than in goats from GPP ($P = 0.0001$). Total percentage of females that have ovulated was higher ($P = 0.0001$) in goats from GT (100%) compared with goats from GPP (57%). The ovulation rate obtained in females from GT did not differs to obtained in females from GPP ($P > 0.05$). The results obtained from this thesis allow to conclude that in early lactating anovulatory goats that suckling their goat kids the sexual response to male was diminished when compared with sexual response in seasonally anovulatory goats.

Key words: goats, seasonal anovulation, lactational anovulation, male effect

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En México la producción de cabras se concentra en las regiones áridas donde prevalece la sequía y en los sistemas de producción se tiene poca productividad, aunque considerablemente contribuyen al sustento de los agricultores (Echavarría et al., 2006).

Una característica de los sistemas de producción caprina en esas regiones, es que los productores en su mayoría, de escasos recursos, son fuertemente dependientes del pastoreo en tierras ejidales. En efecto, este sistema se caracteriza por el pastoreo de las cabras en la flora nativa en un área geográfica relativamente limitada, aledaña al domicilio del productor. El tiempo de pastoreo es de aproximadamente ocho horas, para por la tarde regresarlas al corral en donde, en la mayoría de los casos, los animales no reciben ningún complemento alimenticio.

En los machos cabríos de la Comarca Lagunera se ha demostrado que tienen un patrón estacional en su actividad reproductiva. De esa manera, el mayor peso testicular y las elevadas concentraciones de testosterona, indicadores de su actividad sexual, se presenta de mayo a diciembre (verano - otoño). Mientras que de enero a abril (invierno - primavera) se presenta un periodo de reposo sexual (Delgadillo et al., 1999).

En las hembras caprinas de esta Región y que permanecen aisladas de los machos también se demostró que muestran una estacionalidad reproductiva, independientemente de su alimentación. En efecto, cuando esas hembras se mantuvieron con alimentación constante (que cubría sus requerimientos nutricionales) durante más de 2 años se observó que aun así mostraban estacionalidad. Así, en esas cabras locales (26° latitud norte), la actividad estral y ovulatoria ocurre de septiembre a febrero, mientras que el anestro ocurre de marzo a agosto (Duarte et al., 2008).

La estacionalidad reproductiva de los caprinos ha motivado que, en las últimas décadas, se hayan buscado alternativas que les permitan producir leche y cabritos fuera de la estación natural de reproducción. El efecto macho constituye un estímulo socio-sexual que permite iniciar la actividad reproductiva tanto en ovejas como en cabras (Flores et al., 2000; Álvarez y Zarco, 2001; Delgadillo et al., 2003). De éste modo, se puede inducir una intensa actividad sexual del macho al someterlos a 2.5 meses de días largos artificiales, iniciando el 1 de noviembre concluyendo el 15 de enero, seguido de la exposición a días cortos naturales (Ponce et al., 2014). Este tratamiento resulta en que los machos muestren una elevada conducta sexual, modelo que se le ha denominado como macho fotoestimulado (Loya-Carrera et al., 2014).

Son diversos los factores por parte del macho y de las hembras que influyen sobre la respuesta al efecto macho. Por ejemplo, se ha determinado que siempre y cuando se pongan en contacto las hembras con machos fotoestimulados, no es necesaria la presencia por varios días; con solo un día de contacto con el macho se induce la ovulación en las hembras (Ponce et al., 2015). Del mismo modo, con solo exponer unos minutos u horas de contacto diario con un macho fotoestimulado es suficiente para inducir la ovulación en las hembras (Bedos et al., 2010; Bedos et al., 2012; Ramírez et al., 2017). De igual manera, no importa si existe un reconocimiento interindividual previo o familiaridad entre las hembras y el macho (Muñoz et al., 2016). También se ha demostrado que siempre y cuando se utilicen machos fotoestimulados el número de partos previos de las cabras, ni su experiencia sexual previa modifican la respuesta al efecto macho (Luna-Orozco et al., 2008; Fernández et al., 2011).

A pesar de que como se mencionó anteriormente, en la cabra se ha estudiado de manera amplia la respuesta de las hembras estacionalmente anovulatorias y de los factores que influyen en su respuesta sexual, en otros estados anovulatorios tales como el anestro postparto temprano se desconoce tal respuesta. Es decir, se desconoce si en un estado temprano postparto las hembras puedan estar sensibles para responder con estros y ovulación cuando

se ponen en contacto con machos sexualmente activos como lo hacen las cabras estacionalmente anovulatorias. Por lo tanto, el objetivo de la presente tesis es de ampliar el conocimiento que se tiene acerca de los efectos de la interacción entre machos y hembras sobre la actividad sexual de éstas últimas. Específicamente en la presente tesis se compara la respuesta sexual de las hembras estacionalmente anovulatorias y la obtenida en cabras que se encuentran amamantando en la lactancia temprana.

OBJETIVOS

El objetivo de la presente tesis es determinar si las cabras anovulatorias en el postparto temprano que se encuentran amamantando a sus crías responden al efecto macho de manera similar a como lo hacen las cabras estacionalmente anovulatorias.

HIPÓTESIS

Las cabras anovulatorias en el postparto temprano que se encuentran amamantando a sus crías responden al efecto macho de manera similar a como lo hacen las cabras estacionalmente anovulatorias.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estacionalidad reproductiva de ovinos y caprinos

La reproducción de la mayoría de las razas ovinas y caprinas que se originaron en latitudes templadas y subtropicales es estacional (Poulton, 1987; Chemineau et al 1992). Esta estacionalidad reproductiva es determinada principalmente por el fotoperiodo, debido muy probablemente a su repetitividad cíclica anual (Lincoln y Short, 1980).

Los otros factores ambientales como la temperatura ambiental, el estado nutricional, las interacciones sociales, la fecha de parto y el período de lactancia modulan esta estacionalidad. La estacionalidad reproductiva puede ser considerada un "método anticonceptivo natural", que permite que la actividad sexual se desarrolle solamente o primordialmente en algunos meses para asegurar que los nacimientos se produzcan en un tiempo del año que favorezca el crecimiento y desarrollo máximo de las crías, y que soporte los costos energéticos de la lactancia en la madre (Wayne et al., 1989; Lincoln y Short, 1980).

En la mayoría de las razas ovinas y caprinas la temporada de reproducción comienza durante el verano o principios de otoño y su duración varía en gran medida entre las razas, pero en general termina durante el invierno (Hafez, 1952; Chemineau et al., 1992).

2.2 Estacionalidad reproductiva en pequeños rumiantes de ambos sexos

En las hembras, la estacionalidad reproductiva se caracteriza por cambios endocrinos, ovulatorios y estrales. Esta estacionalidad se caracteriza por la existencia de una estación sexual, durante la cual se presentan ciclos de comportamiento estral y ovulatorio cada 21 días y, si no se desarrolla la gestación, se presenta una estación de anestro caracterizada por el cese de la actividad estral y ovulatoria cíclica.

La actividad ovulatoria y el comportamiento estral de las hembras de pequeños rumiantes muestran una variación estacional paralela, pero existen algunas discrepancias al principio y al final de la temporada sexual, cuando algunas ovulaciones no están acompañadas de estro. La transición de la época de anestro a la de reproducción es gradual, con la aparición de ciclos ovulatorios de corta duración, porque el primer cuerpo lúteo a menudo desaparece prematuramente de 5 a 6 días después de su formación. La actividad ovulatoria de las hembras caprinas subtropicales del norte de México se muestra en la figura 1.

En el caso de los ovinos, es solo después del final del primer ciclo ovárico que se muestra el estro conductual. Las ovulaciones silenciosas, que no están relacionadas ni con el inicio ni con el final de la temporada sexual, también pueden ocurrir en algunas razas de ovinos durante la mitad del anestro estacional (Land et al., 1973; Ortavant et al., 1988).

Hembras que ovulan (%)

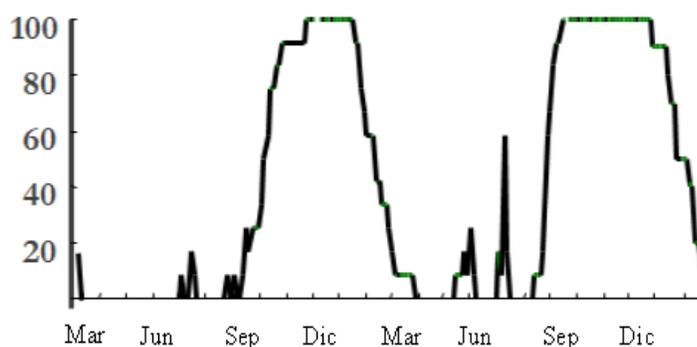


Figura 1. Representación del porcentaje de hembras que ovulan durante dos años en las cabras subtropicales del norte de México. Duarte et al. (2010).

Los machos de los pequeños rumiantes que son originarios de zonas templadas y subtropicales, muestran durante un año un periodo de reposo sexual caracterizado por una reducida talla testicular, bajos niveles de testosterona

plasmática y un débil comportamiento sexual. La estación sexual se caracteriza por un incremento de la talla testicular, las concentraciones de testosterona y un despliegue intenso del comportamiento sexual (Ortavant et al., 1988; Delgadillo et al., 2004). Los machos cabríos subtropicales del norte de México presentan un patrón estacional en sus concentraciones plasmáticas de testosterona (Figura 2), hormona responsable de la conducta sexual.

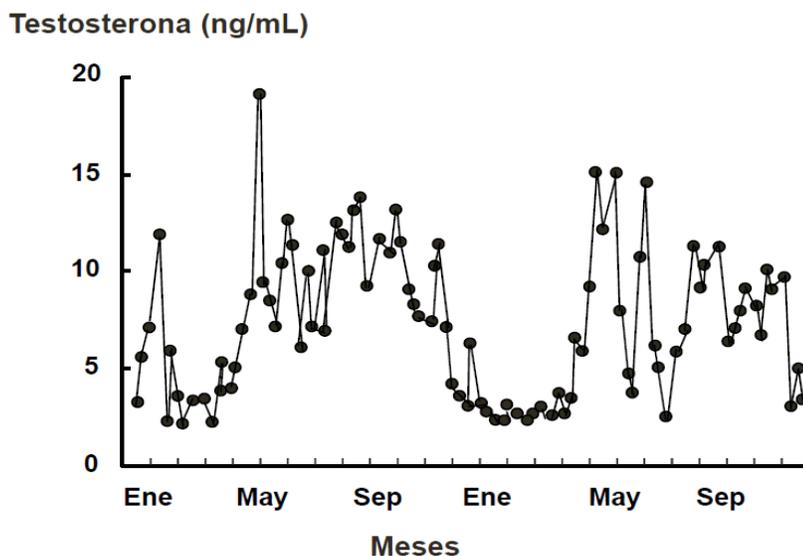


Figura 2. Representación de los niveles plasmáticos de testosterona durante dos años, en machos cabríos subtropicales del norte de México. Delgadillo et al., (2004).

Estos resultados indican que las hembras y machos de pequeños rumiantes tienen un patrón estacional de su actividad reproductiva.

2.3 Bases fisiológicas de la estacionalidad de la reproducción en pequeños rumiantes

El fotoperiodo es el factor responsable de la existencia de la estacionalidad reproductiva. Durante la estación de anestro (hembras) o reposo sexual (machos) el fotoperiodo incrementa la sensibilidad al feedback negativo del estradiol o testosterona sobre la secreción de la Kisspeptina, lo que disminuye la secreción del GnRH y gonadotropinas (LH y FSH), y por ende la estimulación de las gónadas. (Smith, 2012; Barrel et al., 1992; Smith y Clarke, 2010). Durante la

estación sexual disminuye el feedback de los esteroides sobre la Kisspeptina lo que incrementa la secreción del GnRH, de las gonadotropinas y por ende la estimulación de las gónadas (Smith y Clarke, 2010; Foster y Ryan, 1979; Wagner et al., 2008).

3.1 Métodos de control de la reproducción de los machos ovinos y caprinos durante el reposo sexual

En los carneros Ile-de-France Lacaune, la exposición a 2 meses de días largos seguido de un fotoperiodo decreciente durante 90 días estimuló su actividad sexual durante la primavera. La sustitución de los días decrecientes por implantes de melatonina también estimula la actividad sexual en el periodo de reposo (Chemineau et al., 1988). En los carneros adultos Ile-de-France mantenidos continuamente en ritmos de un mes de días cortos y un mes de días largos mostraron al menos durante 2 años consecutivos un volumen testicular equivalente a lo observado durante la estación natural de reproducción (Chemineau et al., 1988).

En los machos cabríos de la Comarca Lagunera, y en aquellos de latitudes Mediterraneas, la exposición a 2.5 meses de días largos artificiales en otoño-invierno, seguidos de la exposición al fotoperiodo natural, inducen una intensa actividad sexual durante el periodo natural de reposo (Delgadillo et al. 2001; Zarazaga et al. 2019; Loya-Carrera et al., 2014).

4.1 Control de la reproducción de las hembras ovinas y caprinas durante el anestro estacional

4.1.1 Uso y aplicación de hormonas exógenas (CIDR, esponjas impregnadas con FGA)

En cabras, la sincronización del estro se realiza comúnmente con esponjas vaginales impregnadas con fluorogestona (FGA) (Fernandez-Moro et al., 2008; Freitas et al., 1996) o acetatos de medroxiprogesterona (MAP) (Fonseca et al., 2005; Lehloeny et al., 2005), o el uso de dispositivos de liberación controlada interna de fármacos (CIDR) impregnados con progesterona (Amorim et al., 2008;

Menchaca et al., 2007). Todos estos dispositivos intravaginales, se administran en asociación con la gonadotropina coriónica equina (eCG) y los análogos de la prostaglandina-F 2α , como el cloprostenol. Las esponjas intravaginales y el CIDR son igualmente efectivos para inducir y sincronizar el estro y la ovulación en cabras durante el anestro estacional (Motlomelo et al., 2002; Oliveira et al., 2001; Romano, 2004).

Las esponjas intravaginales generalmente se insertan durante períodos de 5 a 10 días, y se usan junto con eCG, la cual se inyecta al momento o 48 horas antes de retirar la esponja (Armstrong et al., 1983; Ainsworth y Downey, 1986; Ahmed et al., 1998; Wildeus, 2000).

4.1.2 Efecto macho

La exposición de cabras y ovejas anovulatorias a machos puede estimular y sincronizar su actividad sexual (Chemineau., 1987; Rosa y Bryant., 2002). Este fenómeno de bioestimulación sexual se conoce como "efecto macho" y ha sido ampliamente estudiado en cabras y ovejas (Shelton et al., 1980; Ungerfeld et al., 2004; Delgadillo et al., 2009). En estas especies, la respuesta de las hembras a la introducción de los machos implica un rápido aumento de la secreción de la LH que culmina con el pico preovulatorio de LH que provoca ovulación (Martín et al., 1986; Chemineau et al., 1986).

Los machos cabríos tratados con días largos y fotoperiodo natural (machos fotoestimulados) son más eficientes que los no tratados para estimular la actividad sexual de las cabras durante el período de anestro estacional.

4.1.3 Respuesta típica de las hembras al efecto macho

En las hembras que responden al efecto macho, el primer estro ocurre del día 1 al día 9 después de iniciado el contacto, pero esta conducta se presenta con más frecuencia en los primeros 5 días después del contacto (Flores et al., 2000). Después de 7 días de contacto, el 97% de las cabras ovula. En las cabras criollas del norte de México, la ovulación inducida está asociada con un 60% de estros y es seguida en un 75% de un ciclo ovulatorio de corta duración que, en

promedio, dura de 5 a 7 días. Después de este ciclo corto se produce otra ovulación que se acompaña con el 90% de conducta de celo y de una fase lútea de duración normal (Flores et al., 2000, Delgadillo et al., 2003).

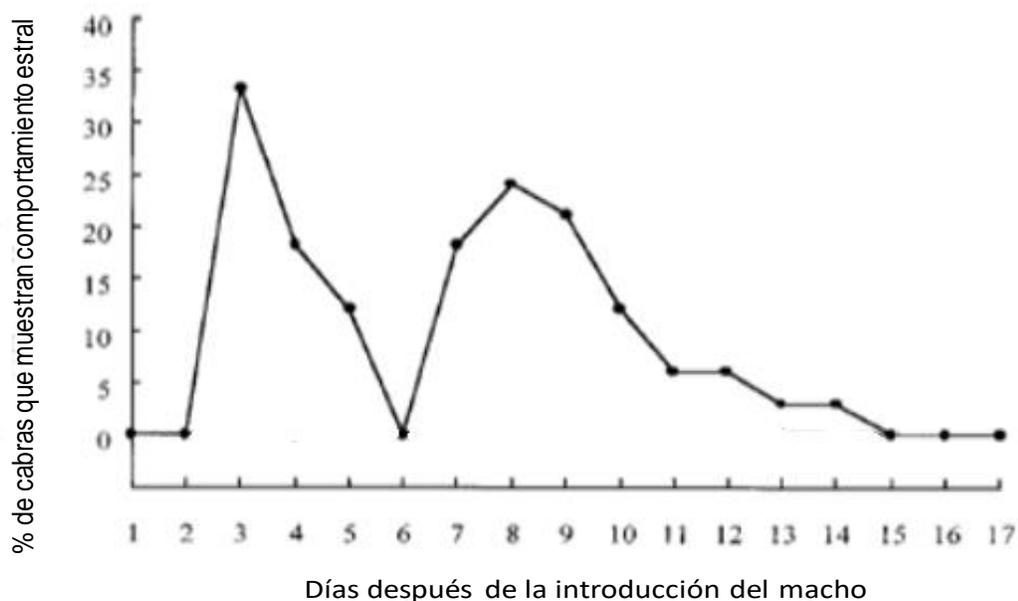


Figura 3. Proporción diaria de hembras que muestran actividad estrol después de la introducción de machos fotoestimulados. Flores et al. (2000).

4.1.4 Cambios endocrinos de las hembras anovulatorias en respuesta al efecto macho

En ovejas y cabras, la exposición de hembras a machos sexualmente activos durante los períodos de anestro estimula la secreción de la LH, hormona responsable de la ovulación (Gélez y Fabre-Nys, 2004). Este aumento es rápido, y se acentúa progresivamente con el tiempo de permanencia del macho (Martin et al., 1986; Álvarez et al., 2009). Sin embargo, recientemente se demostró que 2 horas o 30 minutos de contacto diario con los machos fotoestimulados estimula la secreción de la LH y la ovulación (Bedos et al., 2014; Ramírez et al 2017).

4.1.5 Factores que influyen en la respuesta de las hembras al efecto macho

4.1.5.1 Factores asociados a los machos

La intensidad del comportamiento sexual desplegado por los machos es un factor clave para inducir la actividad sexual de las hembras en anestro estacional (Delgadillo et al 2011). Por ello los machos fotoestimulados son más eficientes para estimular la ovulación que los machos no tratados. Además, cuando se utilizan machos fotoestimulados no es necesaria la separación previa entre los dos sexos ni la experiencia sexual previa del macho para obtener una elevada respuesta sexual de las hembras anovulatorias (Gallego-Calvo et al., 2014; Fernández et al., 2018)

4.1.5.2 Factores asociados a las hembras

Como se describió anteriormente, los machos fotoestimulados son muy eficientes para inducir la ovulación de cabras y ovejas durante el anestro estacional (Delgadillo et al., 2006; Delgadillo et al., 2009; Delgadillo y Martin, 2015) Sin embargo se desconoce si en el postparto, las cabras anovulatorias que amamantando a sus crías responden al efecto macho de manera similar que las cabras en anestro estacional.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados descritos en la presente tesis se obtuvieron en animales mantenidos en buenas condiciones y prácticas de manejo, según lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999).

3.1 Lugar de estudio

Se realizó un estudio en 2 hatos particulares, donde las cabras se encontraban en el sistema de producción de pastoreo extensivo. El estudio se realizó en el ejido Filipinas, municipio de Matamoros, Coahuila, México (latitud 26° norte, 103° longitud oeste, y una altitud que varía de 1110 a 1500 msnm). Esta área es parte de la Comarca Lagunera, donde el fotoperiodo varía entre 13:41 h de luz durante el solsticio de verano y 10:19 h de luz durante el solsticio de invierno. El clima es seco con una temperatura media anual de 21 °C, que varía de 42 °C (mayo-agosto) a 6 °C (diciembre-enero). La precipitación media anual es de 266 mm (rango: de 163 a 504 mm), y la estación seca ocurre de noviembre a mayo (Sáenz-Escárcega et al., 1991).

3.2 Diseño experimental

Para poder probar la hipótesis propuesta en la presente tesis, se llevó un estudio en el que el primer grupo consistió en realizar el efecto macho en hembras estacionalmente anovulatorias en el mes de abril (grupo testigo positivo; **GT**, n = 27); en el segundo grupo se realizó el efecto macho en hembras anovulatorias durante el postparto temprano en octubre (grupo postparto; **GPP**, n = 21).

3.3 Sujetos experimentales

3.3.1 Machos

En el GT se utilizaron machos cabríos adultos. Los machos (n = 4) se sometieron previamente a un tratamiento de días largos (16 h de luz por día) del 1 de noviembre al 15 de enero, seguido de fotoperiodo natural para estimular su

actividad sexual de febrero a abril, meses correspondientes a la época de reposo sexual. Durante el tratamiento los machos se alimentaron con heno de alfalfa (18% PC) a libre acceso, 300 g de concentrado comercial (14% PC; 1.7 Mcal/ kg) por macho, agua y bloques de sales minerales (Delgadillo et al. 2001). En el GPP se utilizaron 4 machos cabríos criollos adultos que de manera natural mostraban intensa actividad sexual. Los machos fueron alimentados de manera similar que los machos del GT.

3.3.2 Hembras

Para el *GT* se utilizaron 27 cabras multíparas criollas adultas de 2 a 3 años de edad, con una producción promedio de leche de 1.2 ± 0.02 L/día. Siete días antes de realizar el efecto macho, se confirmó que las cabras estuvieran anovulatorias a través de ecografías transrectales, utilizando un equipo ALOKA SD-500 con un traductor trasrectal de 7.5 Mhz. La ausencia de cuerpos luteos fue el criterio para declarar una hembra en anovulación estacional.

En el GPP se utilizaron 21 cabras multíparas criollas adultas de 2 a 3 años de edad, que se encontraban amamantando a sus cabritos (1.3 cabritos/hembra), con una producción promedio de leche de $1.3 (\pm 0.08)$ L/cabra/día. El estado anovulatorio de las cabras se verificó 7 días antes de realizar el efecto macho a través de ecografías transrectales, utilizando el mismo equipo y el criterio descritos anteriormente

Las cabras de ambos grupos se mantuvieron en un sistema de pastoreo extensivo, en el cual el rebaño salía al pastoreo a las 09:00 h y retornaba al corral a las 18:00 h. Las especies de forrajes disponibles en las áreas de pastoreo fueron: *Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplex acantocarpa*, *Agave scabra* y *Mimosa biuncifera*; plantas herbáceas como: *Heliantus ciliaris*, *Salsola kali* y *Solanum elaeagnifolium*; y gramíneas como: *Sorghum halepense*, *Chloris virgata*, *Setaria verticillata*, *Eragrostis pectinacea*, *Bouteloua curtipendula*, *Aristida purpurea* y *Bouteloua barbata*. A través del año, la composición de la dieta en estas áreas se compone de 82% de arbustos, 12% de plantas herbáceas y 6% de gramíneas (Juárez-Reyes et al., 2009).

3.4 Efecto macho

En el GT, es decir, en las cabras en estado de anestro estacional y a 5 meses de lactancia, se pusieron en contacto con los machos cabríos fotoestimulados en una proporción de 1 macho por cada 13-14 hembras. Durante los 13 días que duró el efecto macho, diariamente los machos estuvieron en contacto con las hembras durante 14 h (por las tardes después de regresar del pastoreo y hasta la mañana siguiente).

Las hembras del GPP estuvieron en promedio a 20 días postparto, es decir en un estado de anestro lactacional temprano, cuando todavía los cabritos se amamantaban de sus madres. En este grupo las hembras fueron puestas en contacto con machos cabríos que mostraban intensa actividad sexual de manera natural, en una proporción de 1 macho por cada 10-11 hembras. Durante los 13 días que duró en efecto macho, diariamente los machos estuvieron en contacto con las madres después de regresar del pastoreo y hasta la mañana siguiente (14 h). En este mismo tiempo, las madres tenían interacción libre con sus crías.

3.5 Variables evaluadas

3.5.1 Conducta sexual de los machos en el GT y en el GPP

En los dos grupos, durante los primeros 4 días de contacto de las hembras con los machos, se registraron las conductas sexuales desplegadas por ellos durante 1 h en las mañanas (de las 07:00 a las 08:00 h). (Bedos et al., 2016) Las conductas registradas fueron las siguientes:

Aproximaciones: Son acercamientos laterales del macho flexionando su pata delantera contra la hembra con movimientos cortos y entrecortados con o sin extensión de la misma, movimientos rápidos de retracción y exposición de la lengua y vocalizaciones de baja y alta frecuencia.

Olfateo ano-genitales: Son acercamientos que el macho realiza con la nariz mantenida en el área perineal de la hembra. Estos episodios tuvieron una duración de al menos 3 s para ser registrados.

Intentos de monta: Son breves escaladas del macho en la grupa de la hembra, generalmente interrumpida por la hembra que huye.

Flehmen: Son curvamientos de los labios superiores que revelan una porción de la encía del maxilar superior. Esta postura característica se produce justo después de olfatear el área perineal o la orina de una hembra.

Automarcajes: Cuando el macho orina su cara, boca y extremidades anteriores, mientras tiene erección del pene.

3.5.2 Conducta estral

En ambos grupos, al siguiente día de poner en contacto las hembras con los machos se comenzó a determinar la conducta estral. Para ello, cada grupo se dividió en 2 subgrupos con el fin de tener una proporción de 1 macho por cada 10-14 hembras. Por las mañanas, dentro de cada subgrupo, los machos eran intercambiados entre los 2 corrales con el fin de determinar durante 1 h las cabras que estuvieran en celo. En ambos grupos, la conducta estral se determinó por las mañanas y también al regreso del pastoreo. Se consideró que una hembra se encontraba en conducta estral cuando ella aceptó la monta del macho (Mauleón et al., 1965). Las cabras que eran detectadas en conducta estral eran removidas del corral para que el macho continuara la detección de otras posibles hembras en celo. Al final de detectar la actividad estral en cada corral, las cabras en estro eran devueltas a su corral correspondiente.

Con los datos de la actividad estral se calcularon las siguientes variables para ambos grupos (GT y GPP).

Porcentaje total de cabras en conducta estral. Es la cantidad de cabras que mostraron celo durante los 13 días que permanecieron en contacto con los machos, divididas entre el número de hembras del grupo x 100.

Latencia al inicio de la conducta estral. Es el tiempo promedio en horas que transcurre desde el momento de la introducción del macho al inicio de la conducta de estro.

Duración de la conducta estral. Es el tiempo total promedio en horas en que las cabras permanecían receptivas al macho durante las determinaciones.

Porcentaje total de ciclos estrales cortos. Los ciclos cortos se definieron como aquellos en los que el intervalo del inicio de un celo al inicio del siguiente celo fue menor a 17 días. En cada grupo se calculó este porcentaje al dividir el número de hembras que mostraron dichos ciclos entre el total de hebras que mostraron conducta estral x 100.

Duración de ciclos estrales cortos. Este fue el tiempo en días que duró la hembra receptiva al macho durante los ciclos estrales cortos.

Porcentaje acumulado de cabras en conducta estral. Es el porcentaje acumulado de cabras que iban mostrando conducta estral durante el transcurso de los 13 días que permanecieron con los machos.

3.5.3 Actividad ovulatoria

En ambos grupos de hembras a los 16 días de haber puesto en contacto a los machos con las hembras, cada cabra fue sometida a un examen de ultrasonido transrectal con el fin de verificar la ocurrencia o no de la ovulación. El criterio para determinar que una hembra ovuló fue la observación clara de al menos un cuerpo lúteo en alguno de los 2 ovarios (Flores et al., 2013). Utilizando un equipo ALOKA SD-500 con un transductor transrectal de 7.5 Mhz. Además, se determinó la cantidad total de cuerpos lúteos que presentaban las hembras.

Con los datos se calcularon las siguientes variables:

Porcentaje total de cabras que mostraron ovulación. Es la cantidad total de cabras que mostraron cuerpos lúteos a los 15 días de iniciar el contacto con los machos.

Tasa ovulatoria. Es la cantidad de cuerpos lúteos que presentaron las hembras/el número de hembras que ovularon.

3.5 Análisis estadísticos de los datos

Las frecuencias de las diferentes conductas mostradas por los machos fueron comparadas entre el GT y el GPP con una chi-cuadrada considerando una distribución completamente al azar. La proporción total de cabras que mostraron conducta estral, que ovularon y la proporción de ciclos estrales cortos durante los 13 días que permanecieron en contacto con los machos se compararon entre el GT y el GPP con una chi-cuadrada. La latencia a mostrar conducta estral y su duración se compararon entre las hembras del GT y las del GPP con una *t* de student independiente. Por último, la comparación de la proporción acumulada de hembras que mostraron conducta estral durante los 13 días que permanecieron con los machos entre el GT y el GPP se realizó con una prueba de Kolmogorov-Smirnov para distribuciones acumuladas en dos muestras (Siegel y Castellan, 1995). Los análisis se llevaron a cabo utilizando el software SYSTAT (Systat Software, San Jose, CA). La significancia estadística se estableció cuando la probabilidad ≤ 0.05 ($P \leq 0.05$).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Conducta sexual de los machos durante los primeros 4 días de contacto con las hembras

En la Figura 4 se detalla que las aproximaciones y los olfateos ano-genitales no difirió entre los machos en contacto con cabras del GT y con las del GPP ($P = 0.283$ y $P = 0.883$, respectivamente).

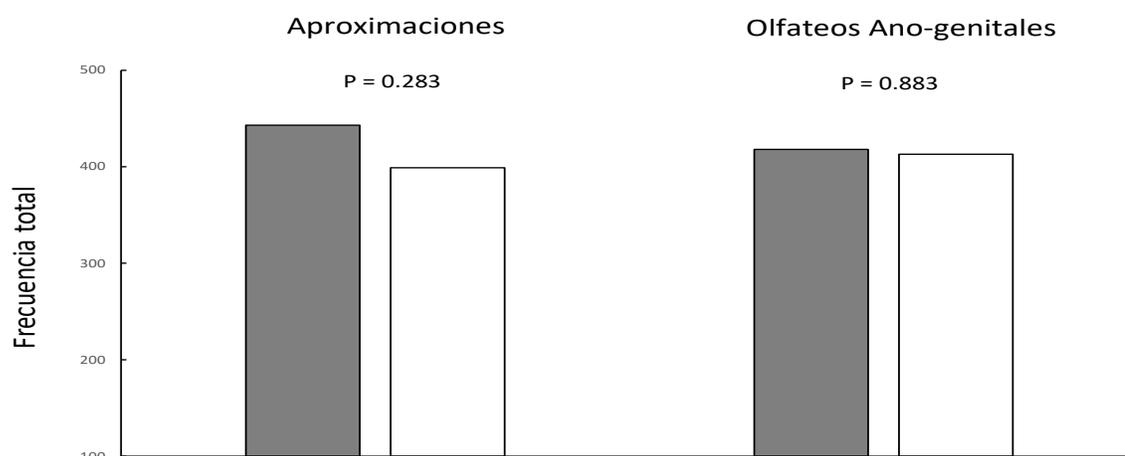


Figura 4. Frecuencias totales de las aproximaciones y los olfateos ano-genitales registradas en 4 h (1 h/día los primeros 4 días) en los machos cabríos que se pusieron en contacto con cabras del GT (■) o con las cabras del GPP (□).

De igual modo, la Figura 5 muestra que la frecuencia de automarcajes, flehmen, intentos de monta y montas no fueron diferentes cuando los machos se pusieron en contacto con cabras anovulatorias del GT y con las del GPP ($P \geq 0.426$).

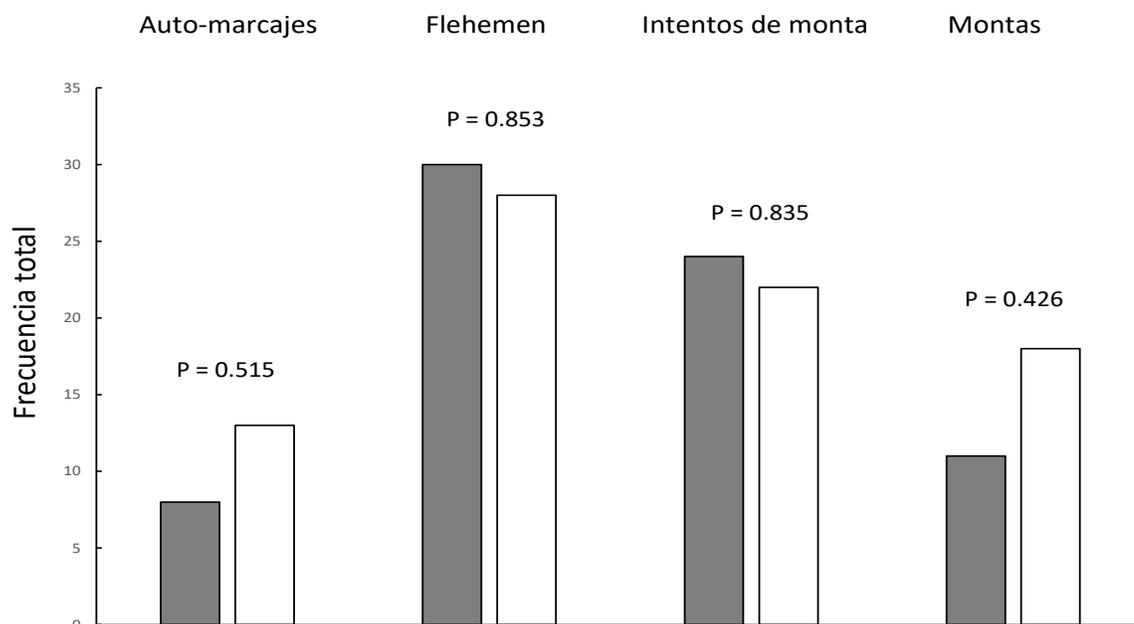


Figura 5. Frecuencia total de varias conductas registradas en 4 h (1 h/día los primeros 4 días) en los machos cabríos que fueron puestos en contacto con cabras anovulatorias del GT (■) o las del GPP (□).

4.2 Conducta estral en respuesta al efecto macho en hembras del GT y las del GPP

En los 13 días que estuvieron en contacto las cabras con los machos, el porcentaje total de hembras que mostraron conducta estral en respuesta a los machos fue mayor en el GT que en las del GPP (Tabla 1; $P = 0.018$). La duración de la conducta estral inducida por los machos no fue diferente entre las cabras GT y las del GPP (Tabla 1; $P = 0.293$). El porcentaje de cabras que mostraron un ciclo estral de corta duración fue mayor en las hembras GT que en las hembras GPP (Tabla 1; $P = 0.002$). En la Tabla 1, se observa que la duración de dichos ciclos estrales no difirió entre los 2 grupos de cabras ($P = 0.689$).

Tabla 1. Características de la respuesta estral y ovulatoria al efecto macho en hembras anovulatorias estacionalmente (GT) y en hembras lactacionalmente anéstricas (GPP). En ambos grupos, los machos permanecieron con las hembras durante 13 días.

	Porcentaje total de hembras en estro	Latencia al estro (h)	Duración del estro (h)	Porcentaje total de ciclos estrales cortos	Duración de ciclos estrales cortos (d)	Porcentaje total de ovulaciones	Tasa ovulatoria
GT	100	38 (\pm 13)	36 (\pm 2.6)	85	5.5 (\pm 0.9)	100	1.7 (\pm 0.12)
GPP	81	43 (\pm 24)	34 (\pm 2.7)	43	6 (\pm 1.8)	57	1.75 (\pm 0.17)
P	0.018	0.587	0.293	0.002	0.689	0.0001	0.786

4.2.1. Porcentaje acumulado de cabras en conducta estral

En la Figura 6 se muestra el porcentaje acumulado de cabras que mostraron conducta estral durante los 13 días que permanecieron los machos con las hembras. En ella se puede observar que la respuesta estral fue más rápida en las cabras del GT que en las cabras del GPP ($P = 0.0001$).

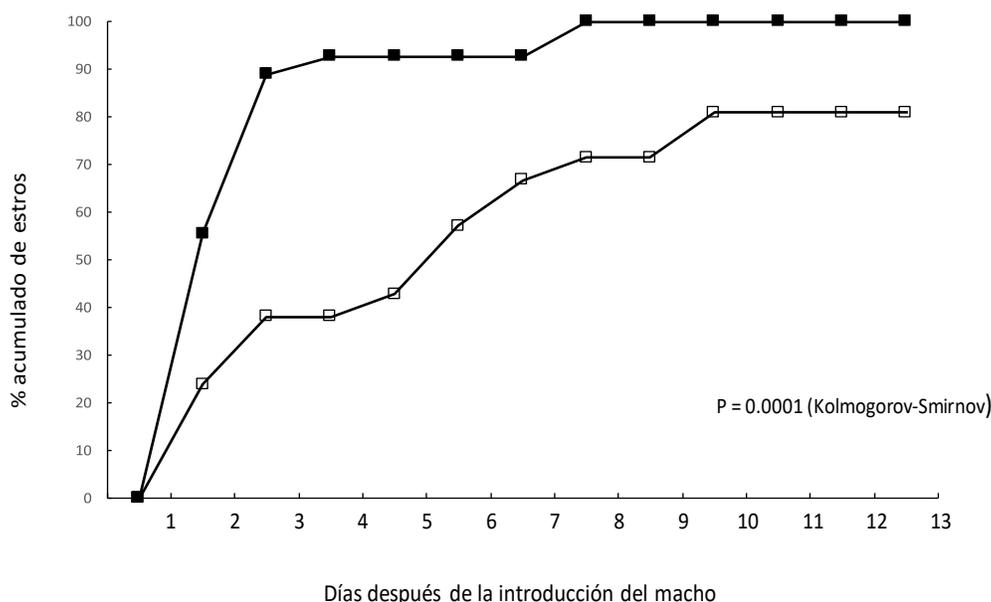


Figura 6. Porcentaje acumulado de cabras que mostraron celo en el GT (■) y en las del GPP (□) durante los 13 días que permanecieron con los machos. Este porcentaje fue mayor en las cabras del grupo GT que en las del grupo GPP ($P < 0.0001$).

4.3. Respuesta ovulatoria al efecto macho en hembras de ambos grupos

A los 3 días después de haber retirado los machos, con la ayuda de las ecografías se pudo verificar que el porcentaje de cabras que ovularon en respuesta a los machos fue mayor en las hembras del GT que en las hembras del GPP (Tabla 1; $P = 0.0001$). Sin embargo, la tasa ovulatoria no difirió entre ambos grupos de hembras (Tabla 1; $P = 0,786$).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente tesis nos indican que en las cabras anovulatorias debido al estadio postparto temprano, la respuesta estral y ovulatoria en respuesta al macho es disminuida en comparación con las cabras estacionalmente anovulatorias.

Este resultado es original, ya que en cabras en pastoreo durante el postparto temprano y que se encuentran amamantando a sus crías, no se había estudiado si la estimulación sexual proporcionada por el macho pueda sobrepasar a la inhibición resultante de cuatro factores: la incompleta involución uterina, el estímulo del amamantamiento proporcionado por las crías, la producción de leche y a un posible balance energético negativo de las cabras (Short et al., 1990). Hasta hoy, se conoce que, en estas mismas cabras locales, mantenidas en estabulación, es decir bajo una adecuada nutrición y que se mantienen con sus cabritos o que son destetados al mes ya responden al efecto macho a los 30 días postparto (Nandayapa et al., 2016). Por el contrario, en las cabras que continuaron amamantando a sus cabritos y que estuvieron aisladas del macho permanecieron anovulatorias al menos hasta los 50 días postparto.

La diferencia entre los estudios de Nandayapa et al. (2016) y los encontrados en las cabras del GPP del presente estudio a las que el efecto macho se realizó en promedio a los 20 días postparto puede explicarse por diferentes aspectos. Es posible que en las cabras de la presente tesis en las que el efecto macho se realizó al día 20 postparto aún no habían terminado su involución uterina, mientras que en el estudio de Nandayapa et al. (2016) el efecto macho se llevó a cabo hasta el día 30 postparto. Al respecto, se ha indicado que, en la cabra, la involución uterina completa y el reinicio de la actividad sexual postparto depende de varios factores, tales como la nutrición, la paridad, la raza, el amamantamiento de las crías y la estación del parto (Badawi et al., 2014; Delgadillo et al., 1998; Greyling, 2000). Diferentes estudios en cabras muestran diferentes intervalos de parto hasta la involución uterina. En las cabras africanas

Sahelian localizadas en Jordania se ha reportado que la completa involución uterina ocurrió a los 22 días postparto (Zongo et al., 2015). Mientras que Greyling y Van Nyekerk (1991) reportaron que en la cabra Boer la involución uterina se completó al día 28 postparto. Sería de mucho interés investigar si la exposición a machos sexualmente activos pueda acelerar el tiempo en que ocurre la involución uterina completa.

El otro factor por el cual los resultados en las cabras lactantes de la presente tesis y los reportados por Nandayapa et al. (2016) fueron diferentes es la nutrición. En el caso de Nandayapa et al. (2016) las cabras y sus crías fueron alimentadas de manera que se cubría sus requerimientos nutricionales como hembras lactantes. En cambio, en el estudio de la presente tesis, las cabras lactantes fueron alimentadas con lo que consumían en el pastoreo. Se conoce que, de manera general, la tasa de ovulación, que es un indicativo de la actividad sexual es reducida en hembras subnutridas (Henniawati y Fletcher, 1986; Mani et al., 1992; Abecia et al., 2006). Además, en un año, la duración de la estación sexual, determinada por el porcentaje de cabras mostrando celo fue mayor en cabras mantenidas en una buena condición corporal debido a una adecuada nutrición que las hembras subnutridas (De Santiago-Miramontes et al., 2009). Además, Páez-Lama et al. (2016) reportaron que en las cabras criollas de Argentina durante el postparto ninguna hembra ovuló mientras estuvieran en un balance energético negativo.

En rumiantes se conoce ampliamente que factores como el vínculo madre-cría y el amamantamiento inhiben la actividad sexual durante el postparto (Silveira et al., 1993). Sin embargo, en cabras subtropicales como las del presente estudio, estos efectos solo se pueden observar durante el periodo natural de reproducción (Delgadillo et al., 1998). Así, se ha reportado que el anestro postparto, independientemente de la permanencia de las crías dura 200 y 100 días cuando los partos ocurren en enero y en mayo respectivamente. En cambio, cuando las cabras paren en octubre (periodo natural de reproducción) el anestro fue más prolongado cuando amamantaron a sus crías por 90 días que si permanecieron solo 3 o 30 días (Delgadillo et al., 1998). De los pocos estudios

que intentaron estimular la ovulación mediante el efecto macho en ovejas amamantando y en pastoreo Geytenbeek et al. (1984) encontraron similares resultados a los de la presente tesis. En efecto, el 52% de las ovejas ovularon cuando el efecto macho se realizó a los 32 días postparto en respuesta al carnero. De igual manera, en la presente cuando las ovejas tenían en promedio 32 días postparto solo el 57% de ellas ovuló. Es muy probable que en el estudio de Gaytenbeek et al. (1984), como en las cabras del GPP de la presente tesis una baja proporción de hembras respondieron al macho debido a que los mecanismos fisiológicos requeridos para iniciar la actividad sexual no están del todo completos. Al contrario, en las cabras del GT las cuales estaban en promedio a 5 meses de la lactancia, salvo por el anestro estacional, estuvieron más sensibles a la estimulación del macho.

En la literatura, se ha argumentado que la habilidad de la pituitaria anterior para responder a la liberación pulsátil del GnRH, es decir que exista una respuesta de la LH a un pulso de GnRH se encuentra dependiente del amamantamiento y del transcurso del periodo postparto (Custer, 1988). De este modo, varias investigaciones demostraron que la liberación de la LH en respuesta al GnRH se incrementa conforme avanza el estado postparto (Kesler et al. 1977; Fernández et al., 1978, Forrest et al., 1981; Williams, 1990). Estudios en rumiantes de los 80's demostraron que el amamantamiento prolonga el anestro postparto al reducir la frecuencia de pulsos de GnRH del hipotálamo (Carruthers et al., 1980; Walters et al. 1982b; 1982c).

La respuesta neuroendocrina al efecto macho en cabras estacionalmente anovulatorias, como las del presente estudio está bien documentada y se ha determinado que el factor principal en esta inhibición es un fuerte feedback negativo a nivel de los centros nerviosos que controlan la actividad cíclica (Muñoz et al., 2017). Mientras que otros factores como la producción de leche, el tiempo de contacto entre machos y hembras, el tiempo de permanencia de los machos, la familiaridad entre las hembras y machos resultan de poca importancia siempre

y cuando se utilicen machos fotoestimulados para estimular a las hembras (Jáquez, 2016; Ramírez et al., 2019).

Que si la diferencia en la respuesta entre cabras en anestro estacional y en anestro lactacional pueda deberse a una diferente estimulación por parte de los machos es un argumento no convincente. En efecto, las conductas sexuales registradas en los machos puestos en contacto con los dos grupos de la presente tesis no fueron diferentes. Al respecto, previamente se ha determinado que la conducta sexual de machos fotoestimulados no fue diferente a la desplegada por los machos durante la estación sexual natural (Bedos et al., 2016).

CAPITULO VI

CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS

Los resultados obtenidos en la presente tesis permiten concluir que en las cabras que se encuentran en el periodo postparto temprano (GPP) y que están amamantando a sus crías la respuesta al efecto macho es disminuida en comparación a la respuesta estral y ovulatoria observada en las hembras estacionalmente anovulatorias (GT).

Sería importante verificar en futuros estudios el tiempo postparto al cual donde responden la mayoría de las hembras con celos y ovulación. De igual forma, sería interesante investigar si la presencia o el contacto con machos sexualmente activos durante el postparto temprano puedan reducir el tiempo al cual sucede la involución uterina completa.

CAPITULO VII

REFERENCIAS

- Abecia JA, Sosa C, Forcada F, Meikle A. 2006. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 367 - 378.
- Ahmed MM, Makawi SE, Jubara AS. 1998. Synchronization of estrus in Nubian goats. *Small. Ruminant. Res.* 30: 113 - 120.
- Ainsworth L, Downey BR. 1986. A controlled internal drug-release dispenser containing progesterone for control of the estrous cycle of ewes. *Theriogenology.* 26: 847 - 856.
- Álvarez L, Zarco L. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet. Mex.* 32: 117 - 129.
- Álvarez L, Ramos AL, Zarco L. 2009. The ovulatory and LH responses to the male effect in dominant and subordinate goats. *Small. Ruminant. Res.* 83: 29 - 33.
- Amorim EAM, Torres CAA, Fonseca JF, Amorim LS, Maffili VV, Bruschi JH, Guimarães JD, Cecon PR, Alves NG. 2008. Sincronização de estro com CIDR reutilizado em cabras lactantes da raça Toggenburg tratadas com somatotropina bovina recombinante (r-bST). *Arq. Bras. Med. Vet. Zoo.* 60: 51-57.
- Armstrong DT, Pfitzner AP, Warnes GM, Raph MM, Seamark RF. 1983. Endocrine responses of goats after induction of superovulation with PMSG and FSH. *J. Reprod. Fert.* 67: 395 - 401.
- Badawi ME, Makawi SEA, Abdelghafar RM, Ibrahim MT. 2014. Assessment of postpartum uterine involution and progesterone profile in Nubian goats (*Capra hircus*). *J. Adv. Vet. Anim. Res.* 1: 36 - 41.
- Barrell GK, Moenter SM, Caraty A, Karsh FJ. 1992. Seasonal changes of gonadotrophin releasing hormone secretion in the ewe. *Biol. Reprod.* 46: 1130 - 1135.

- Bedos M, Flores JA, Fitz-Rodríguez G, Keller M, Malpoux B, Poindron P. 2010. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Horm. Behav.* 58: 473 - 477.
- Bedos M, Velázquez H, Fitz-Rodríguez G, Flores JA, Hernández H, Duarte G, Vielma J, Fernández IG, Retana-Márquez MS, Muñoz-Gutiérrez M, Keller M, Delgadillo JA. 2012. Sexually active bucks are able to stimulate three successive groups of females per day with a 4-hour period of contact. *Physiol. Behav.* 106: 259 - 263.
- Bedos M, Duarte G, Flores JA, Fitz-Rodríguez G, Hernández H, Vielma J. 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. *Domest. Anim. Endocrinol.* 48: 93 - 99.
- Bedos M, Muñoz AL, Orihuela A, Delgadillo JA. 2016. The sexual behavior of male goats exposed to long days is as intense as during their breeding season. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 184: 35 - 40.
- Carruthers TD, Convey EM, Kesner JS, Hafs HD, Cheng KW. 1980. The hypothalamic-pituitary gonadotrophic axis of suckled and non-suckled dairy cows postpartum. *J. Anim. Sci.* 51: 949.
- Chemineau P, Normant E, Ravault JP, Thimonier J. 1986. Induction and persistence of pituitary and ovarian activity in the out-of-season lactating dairy goat after a treatment combining a skeleton photoperiod, melatonin and the male effect. *Reproduction* 78: 497 - 504.
- Chemineau P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. A review. *Livest. Prod. Sci.* 17: 135 - 147.
- Chemineau P, Pelletier J, Gutrin Y, Colas G, Ravault JP, Toury G, Almeida G, Thimonier J, Ortavant R. 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reprod. Nutr. Develop.* 3: 409-422.

- Chemineau P, Malpoux B, Delgadillo JA, Guérin Y, Ravault JP, Thimonier J, Pelletier J. 1992. Control of sheep and goats reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 30: 157 - 184.
- Custer EE. 1988. Postpartum interval to estrus and patterns of luteinizing hormone (LH) concentrations in first-calf suckled beef cows exposed to mature bulls. (Maestría). Montana State University Bozeman, Montana.
- De Santiago-Miramontes M.A., Malpoux B., Delgadillo J.A. 2009. Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. *Anim. Reproduc. Sci.* 114: 175 - 182.
- Delgadillo JA, Flores JA, Villareal O, Flores MJ, Hoyos G, Chemineau P, Malpoux B. 1998. Length of postpartum anestrus in goats in subtropical México: Effect of season of parturition and duration of nursing. *Theriogenology.* 49: 1209 - 1218.
- Delgadillo JA, Canedo GA, Chemineau P, Guillaume D, Malpoux B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern México. *Theriogenology.* 52: 727 - 737.
- Delgadillo JA, Carrillo E, Morán J, Duarte G, Chemineau P, Malpoux B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *J. Anim. Sci.* 79: 2245 - 2252.
- Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Malpoux B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. México.* 34: 69 - 79.
- Delgadillo JA, Fitz-Rodríguez G, Duarte G, Véliz FG, Carrillo E, Flores JA, Vielma J, Hernandez H, Malpoux B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reproduct. Fert. Develop.* 16: 471 - 478.

- Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Vielma J, Hernández H, Fernández IG. 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod. Nut. Dev.* 46: 391 - 400.
- Delgadillo JA, Gélez H, Ungerfeld R, Hawken PAR, Martin GB. 2009. The 'male effect' in sheep and goats - revisiting the dogmas. *Behav. Brain. Res.* 200: 304 - 314.
- Delgadillo JA, Ungerfeld R, Flores JA, Hernández H, Fitz-Rodríguez G. 2011. The ovulatory response of anoestrous goats exposed to the male effect in the subtropics is unrelated to their follicular diameter at male exposure. *Reprod. Domest. Anim.* 46: 687 - 691.
- Delgadillo JA, Martin GB. 2015. Alternative methods for control of reproduction in small ruminants: a focus on the needs of grazing industries. *Anim. Front.* 5: 57 - 65.
- Diario Oficial de la Federación. "Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio". Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. 22 de agosto del 2001.
- Duarte G, Flores JA, Malpoux B, Delgadillo JA. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domest. Anim. Endoc.* 35: 362 - 370.
- Duarte G, Nava-Hernández MP, Malpoux B, Delgadillo JA. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.* 120: 65 - 70.
- Echavarría FG, Gutiérrez RH, Ledezma RI, Bañuelos VR, Aguilera JI, Serna A. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: I Vegetación nativa. *Téc. Pec. Méx.* 44: 203 - 217.
- Fernandez-Moro D, Veiga-López A, Arinzavarreta C, Tresguerres JAF, Encinas T, Gonzalez-Bulnes A. 2008. Preovulatory follicle development in goats

following oestrous synchronization with progestagens or prostaglandins. *Reprod. Domest. Anim.* 43: 9 - 14.

Fernandez LC, Thatcher WW, Wilcox CJ, Call EP. 1978. IH release in response to GriRH during the postpartum period of dairy cows. *J. Anim. Sci.* 46: 443.

Fernández IG, Luna-Orozco JR, Vielma J, Duarte G, Hernández H, Flores JA, Gélez H, Delgadillo JA. 2011. Lack of sexual experience does not reduce the responses of LH, estrus or fertility in anestrus goats exposed to sexually active males. *Horm. Behav.* 60: 484 - 488.

Fernández IG, Flores-Medina E, Flores JA, Hernández H, Vielma J, Fitz-Rodríguez G, Duarte G. 2018. Absence of previous sexual experience did not modify the response of anoestrous goats to photo-stimulated bucks in Spring. *Ital. J. Anim. Sci.* 17: 306 - 311.

Flores JA, Véliz FG, Pérez-Villanueva JA, Martínez de la Escalera G, Chemineau P, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62: 1409 - 1414.

Flores MJ, Flores JA, Duarte G, Vielma J, Delgadillo JA, Hernández H. 2013. Long-day photoperiod exposure in lactating goats to induce post-partum ovulatory activity. *Small Rumin. Res.* 109: 52 - 55.

Fonseca JF, Bruschi JH, Santos ICC, Viana JHM, Magalhães ACM. 2005. Induction of estrus in non-lactating dairy goats with different estrus synchrony protocols. *Anim. Reprod. Sci.* 85: 117 - 124.

Forrest PK, Irvin HJ, Garverick HA. 1981. Effect of time postpartum on estrogen and GriRH induced IH release in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 30: 318.

Foster DL, Ryan KD. 1979. Endocrine mechanisms governing transition into adulthood: a marked decrease in inhibitory feedback action of estradiol on tonic secretion of LH in the lamb during puberty. *Endocrinology* 105: 896 - 904.

- Freitas VJF, Baril G, Bosc M, Saumande J. 1996. The influence of ovarian status on response to estrus synchronization treatment in dairy goats during the breeding season. *Theriogenology*. 45: 1561 - 1567.
- Gallego-Calvo L, Gatica MC, Celi I, Guzmán JL, Delgadillo JA, Zarazaga LA. 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.
- Gélez H, Fabre-Nys C. 2004. The “male effect” in sheep and goats: a review of the respective roles of the two olfactory systems. *Horm. Behav.* 46: 257 - 271.
- Geytenbeek PE, Oldham CM, Gray SJ. 1984. The induction of ovulation in the postpartum ewe. *P. Aus. S. Ani.* 15: 353 - 356.
- Greyling JPC, Van Niekerk. 1991. Macroscopic uterine involution in the postpartum Boer goat. *Small Rum. Res.* 4: 277 - 283.
- Greyling JPC. 2000. Reproduction traits in the Boer goat doe. *Small Rum. Res.* 36: 171 - 177.
- Hafez ESE. 1952. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *J. Agric. Sci. Camb.* 42: 189 - 265.
- Henniawati, Fletcher IC. 1986. Reproduction in Indonesian sheep and goats at two levels of nutrition. *Anim. Reprod. Sci.* 12: 77 - 84.
- Jáquez LA. 2016. La alta producción de leche no disminuye la respuesta sexual de las cabras anestrícas sometidas al efecto macho. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Juárez-Reyes AS, Cerillo SMA, Gutiérrez EO, Romero TEM, Colín NJ, Bernal HB. 2009. Assessment of the nutritional value of tropical grasses obtained from conventional analyses and in vitro gas production. *Téc. Pecu. Mex.* 47: 55-67.

- Kesler DJ, Garverick HA, Youngquist RS, Elmore RG, Biersdhwil CJ. 1977. Effect of days postpartum and endogenous reproductive hormones on GnRH-induced LH release in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 46: 797.
- Land RB, Pelletier J, Thimonier J, Mauléon P. 1973. A quantitative study of genetic differences in the incidence of oestrus, ovulation and plasma luteinizing hormone concentration in the sheep. *J. Endocrinol.* 58: 305 - 317.
- Lehloenya KC, Greyling JPC, Schwalbach LMJ. 2005. Reproductive performance of South African indigenous goats following oestrous synchronisation and AI. *Small Ruminant Res.* 57: 115 - 120.
- Lincoln GA, Short RV. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent Prog. Horm. Res.* 36: 1 - 51.
- Loya-Carrera J, Bedos M, Ponce-Covarrubias JL, Hernández H, Chemineau P, Keller M, Delgadillo JA. 2014. Switching photo-stimulated males between groups of goats does not improve the reproductive response during the male effect. *Anim. Reprod. Sci.* 146: 21 - 26.
- Luna-Orozco JR, Fernández IG, Gélez H, Delgadillo JA. 2008. Parity of female goats does not influence their estrous and ovulatory response to the male effect. *Anim. Reprod. Sci.* 106: 352 - 360.
- Mani AU, McKelvey WAC, Watson ED. 1992. The effects of low level of feeding on response to synchronization of estrus, ovulation rate and embryo loss in goats. *Theriogenology* 38: 1013 - 1022.
- Mauléon P, Dautzier L., 1965. Variations de durée de l'anoestrus de lactation chez les brebis de Race Ile-de-France. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 5: 131 - 143.
- Martin GB, Oldham CM, Cognié Y, Pearce DT. 1986. The physiological response of anovulatory ewes to the introduction of rams - A review. *Livest. Product. Sci.* 15: 219 - 247.

- Menchaca A, Miller V, Salveraglio V, Rubianes E. 2007. Endocrine, luteal and follicular responses after the use of the short-term protocol to synchronize ovulation in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 102: 76 - 87.
- Motlomelo KC, Greyling JPC, Schwalbach LMJ. 2002. Synchronization of oestrous in goats: the use of different progestagen treatments. *Small. Ruminant. Res.* 45: 45 - 49.
- Muñoz AL, Bedos M, Aroña RM, Flores JA, Hernández H, Moussu C, Briefer EF, Chemineau P, Keller M, Delgadillo JA. 2016. Efficiency of the male effect with photostimulated bucks does not depend on their familiarity with goats. *Physiol. Behav.* 158: 137 - 142.
- Muñoz AL, Chesneau D, Hernández H, Bedos M, Duarte G, Vielma J, Zarazaga LA, Chemineau P, Keller M, Delgadillo JA. 2017. Sexually active bucks counterbalance the seasonal negative feedback of estradiol on LH in ovariectomized goats. *Domest. Anim. Endocrinol.* 60: 42 - 9.
- Nandayapa E, Flores JA, Mendieta ES, González T, Loya-Carrera J, Keller M, Chemineau P, Delgadillo JA, Flores MJ, Terrazas A, Fernández IG, Abécía JA, Hernández H. 2006. 18TH International Congress on Animal Reproduction. Le Vinci in Tours France. PW419.
- Oliveira MAL, Guuido SI, Lima PF. 2001. Comparison of different protocols used to induced and synchronize estrus cycle of Saanen goats. *Small. Ruminant. Res.* 40: 149 - 153.
- Ortavant R, Bocquier F, Pelletier J, Ravault JP, Thimonier J, Volland-Nail P. 1988. Seasonality of reproduction in sheep and its control by photoperiod. *Aust. J. Biol. Sci.* 41: 69 - 85.
- Páez-Lama SA, Grilli D, EgeaV, Fucili M, Allegretti L, Guevara JC, Jahn GA. 2016. Effect of the length of the suckling period and dietary energy intake in lactation on the duration of postpartum anestrus in Creole goats. *Small Ruminant. Res.* 139: 1 - 6.

- Ponce JL, Velázquez H, Duarte G, Bedos M, Hernández H, Keller M, Chemineau P, Delgadillo JA. 2014. Reducing exposure to long days from 75 to 30 days of extra-light treatment does not decrease the capacity of male goats to stimulate ovulatory activity in seasonally anovulatory females. *Domest. Anim. Endocrinol.* 48: 119 - 125.
- Ponce JL, Hernández H, Flores JA, Keller M, Chemineau P, Delgadillo JA. 2015. One day of contact with photostimulated bucks is sufficient to induce ovulation in seasonally anestrous goats. *Theriogenology.* 84: 880 - 886.
- Poulton AL. 1987. Role of melatonin in seasonal breeding in sheep. In: *Proceedings of the 38th Annual Meeting of the EAAP Commission on Sheep and Goat Production.*
- Ramírez S, Bedos M, Chasles M, Hernández H, Flores JA, Vielma J, Duarte G, Retana-Márquez MS, Keller M, Chemineau P, Delgadillo JA. 2017. Fifteen minutes of daily contact with sexually active male induces ovulation but delays its timing in seasonally anestrous goats. *Theriogenology.* 87: 148 - 153.
- Ramírez S, Chesneau D, Grimaldo-Viesca E, Vielma J, Hernández H, Santiago-Moreno J, Chemineau P, Keller M, Delgadillo JA. 2019. Continuous presence of females in estrus does not prevent seasonal inhibition of LH and androgen concentrations in bucks. *Domest. Anim. Endocrinol.* 69: 68 - 74.
- Romano JE. 2004. Synchronization of estrus using CIDR, FGA or MAP intravaginal pessaries during the breeding season in Nubian goats. *Small. Ruminant. Res.* 55: 15 - 19.
- Rosa HJD, Bryant MJ. 2002. The "ram effect" as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. A review. *Small. Ruminant. Res.* 45: 1 - 16.
- Sáenz-Escárcega P, Hoyos FG, Salinas GH, Espinoza AJ, Guerrero BA, Contreras GE. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. *Evaluación de módulos Caprinos en la Comarca Lagunera. Coahuila, México: Matamoros.* 24 - 34.

- Shelton M. 1980. Goats: influence of various exteroceptive factors on initiation of estrus and ovulation. *Int. Goat Sheep Res.* 1: 156 - 162.
- Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 799 - 816.
- Siegel S, Castellan NJ, (1995). *Estadística no paramétrica*, Ciudad de México, México. Editorial Trillas.
- Silveira PA, Spoon RA, Ryan DP, Williams GL. 1993. Evidence for Maternal Behavior as a Requisite Link in Suckling-Mediated Anovulation in Cows. *Biol. Reprod.* 49: 1338-1346.
- Smith JT, Clarke IJ. 2010. Seasonal breeding as a neuroendocrine model for puberty in sheep. *Endocrinology* 324: 102 - 109.
- Smith JT. 2012. The role of kisspeptin and gonadotropin inhibitory hormone in the seasonal regulation of reproduction in sheep. *Domest. Anim. Endocrin.* 43: 75-84.
- SYSTAT (Systat Software, San Jose, CA, USA).
- Ungerfeld R, Forsberg M, Rubianes E. 2004. Overview of the response of anoestrous ewes to the male effect. *Reprod. Fertil. Dev.* 16: 479 - 490.
- Wagner GC, Johnston JD, Clarke IJ, Lincoln GA, Hazlerigg DG. 2008. Redefining the limits of day length responsiveness in a seasonal mammal. *Endocrinology.* 149: 32 - 39.
- Walters DL, Kaltenbach CC, Dunn TG, Short RE. 1982a. Pituitary and ovarian function in postpartum beef cows. I. Effect of suckling on serum and follicular fluid hormones and follicular gonadotropin receptors. *Biol. Reprod.* 26: 640.
- Walters DL, Short RE, Convey EM, Staigmiller RB, Dunn TG, Kaltenbadh CC. 1982b. Pituitary and ovarian function in postpartum beef cows. II. *Endocrine*

changes prior to ovulation in suckled and non-suckled postpartum cows compared to cycling cows. *Biol. Reprod.* 26: 647.

Wayne NL, Malpaux B, Karsch FJ. 1989. Social cues can play a role in timing onset of the breeding season of the ewe. *J. Reprod. Fertil.* 87: 707 - 713.

Wildeus S. 2000. Current concepts in synchronization of estrus: sheep and goats. *J. Anim. Sci.* 77: 1 - 14.

Williams GL. 1990. Suckling as a regular of postpartum rebreeding in cattle. A review. *J. Anim. Sci.* 68: 831 - 852.

Zarazaga LA, Gatica MC, Hernández H, Chemineau P, Delgadillo JA, Guzmán JL. 2019. Photoperiod-treated bucks are equal to melatonin-treated bucks for inducing reproductive behaviour and physiological functions via the "male effect" in Mediterranean goats. *Anim. Reprod. Sci.* 202: 58 - 64.

Zongo M, Traoré B, Mahmoud AM, Hanzen C, Sawadogo L. 2015. Ultrasonographic assessment of uterine involution and ovarian activity in West Africa Sahelian goats. *J. Vet. Med. Anim. Health.* 7: 71 - 76.