

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



Influencia de la producción de leche en la respuesta ovulatoria y la tasa de gestación en cabras Criollas anéstricas estimuladas mediante el efecto macho

POR:

GUSTAVO PIÑA CADENA

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2016

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

Influencia de la producción de leche en la respuesta ovulatoria y la tasa de gestación en cabras Criollas anéstricas estimuladas mediante el efecto macho

POR

GUSTAVO PIÑA CADENA

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

VOCAL:

DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

VOCAL:

DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA

VOCAL SUPLENTE:

DR. GERARDO DUARTE MORENO



MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TORREON COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2016

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

Influencia de la producción de leche en la respuesta ovulatoria y la tasa de gestación en cabras Criollas anéstricas estimuladas mediante el efecto macho

POR

GUSTAVO PIÑA CADENA

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL: DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

ASESOR: DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

ASESOR: DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA

ASESOR: DR. GERARDO DUARTE MORENO



MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

Coordinación de la División Regional de Ciencia Animal

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2016

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera, Gracias por brindarme la oportunidad de trabajar con usted y asesorarme para poder concluir con mi carrera.

A los integrantes del CIRCA, Dr. José A. Delgadillo, Dr. Jesús Vielma, Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez, Dra. Ilda Graciela Fernández García, Gerardo Duarte Moreno, Dr. Horacio Hernández Hernández por permitirme trabajar con ustedes para realizar esta tesis.

A los profesores de la UAAAN, por los conocimientos transmitidos para mi formación profesional.

Al caprinocultor Jesús Esparza, por facilitar las cabras para el estudio.

A mis amigos, Luis Jáquez Rodríguez y Mayra Luisa Medina Romero por brindarme su apoyo y amistad.

DEDICATORIA

A DIOS: Gracias por darme la vida y la oportunidad de concluir una meta más en mi vida y ser tan generoso al tener una vida llena de amor.

A mis padres: Eliacer Piña Benavides e Irma Cadena Franco, gracias por apoyarme y estar conmigo a cada momento, por todo su amor y confianza, por todo el esfuerzo para permitirme ser una mejor persona y lograr esta meta en mi vida.

A mis hermanos: Eliacer Piña Cadena, Claudia Piña Cadena y Julio Piña Cadena, gracias por apoyarme durante todo este tiempo y por brindarme su amor y cariño.

A mi tío: Andrés Cadena Franco, gracias por brindarme su confianza y apoyarme para lograr concluir mi carrera.

RESUMEN

En este estudio se determinó si la alta producción de leche disminuye la respuesta ovulatoria y la tasa de gestación en las cabras anéstricas postparto sometidas al efecto macho. En marzo, un grupo de cabras con alta producción de leche ($n = 14$; 1.386 ± 0.85 kg) y otro grupo con baja producción de leche ($n=14$; 0.729 ± 0.65 kg) fueron puestos en contacto con 2 machos foto-estimulados para inducir su actividad ovulatoria. A cada hembra se le aplicó IM 25 mg de progesterona 48 horas antes de la introducción de los machos. La actividad ovulatoria se evaluó con ecografías transrectales realizadas diariamente desde un día antes de la introducción de los machos hasta la ovulación determinada por la desaparición de un folículo previamente identificado en crecimiento. La tasa ovulatoria fue determinada por el número de cuerpos lúteos registrados durante las ecografías. La tasa de gestación se determinó por ecografía transrectal al día 35 del experimento. El porcentaje de hembras que ovularon no difirió entre las hembras con baja producción (13/14; 92.9%) y las de alta producción de leche (12/14; 85%; $P>0.05$). La latencia a la ovulación tampoco difirió entre los dos grupos (26 ± 0.2 horas y 45 ± 0.3 horas, baja y alta producción de leche respectivamente; $P>0.05$). Tampoco se registró diferencia en la tasa ovulatoria, ni en el porcentaje de hembras gestantes ($P>0.05$). Se concluye que la producción de leche no disminuye la respuesta ovulatoria ni la tasa de gestación de las cabras anovulatorias sometidas al efecto macho en combinación de la aplicación con la progesterona.

Palabras clave: Cabras, producción de leche, efecto macho, actividad ovulatoria, tasa de gestación.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO	3
HIPÓTESIS	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
1. Estacionalidad reproductiva en los caprinos	5
2. Tratamiento foto periódico en los machos cabríos para inducir su actividad sexual durante el periodo de reposo.....	6
3. Inducción de la actividad sexual en las cabras mediante el efecto macho utilizando machos foto-estimulados	7
4. Efecto de la producción de leche en la actividad reproductiva de las hembras	10
MATERIALES Y METODOS	11
1. Localización del experimento	12
2. Animales experimentales.....	12
2.1. Machos	12
2.2. Hembras.....	13

2.2.1. Ciclicidad de las hembras	13
3. Aplicación de progesterona	14
4. Efecto macho	14
5. Variables evaluadas en el estudio.....	15
5. 1. Porcentaje de hembras que ovularon.....	15
5.2. Tasa ovulatoria.....	15
6. Análisis de los datos	16
RESULTADOS.....	16
1. Porcentaje de hembras que ovularon	16
2. Latencia a la ovulación	17
3. Tasa ovulatoria	17
4. Porcentaje de gestación	17
DISCUSIÓN.....	18
CONCLUSIÓN	21
LITERATURA CITADA	22

ÍNDICE DE FIGURAS

pagina

Figura 1. Porcentaje de hembras que fueron diagnosticadas gestantes a los 35 días después de ser expuestas a machos foto-estimulados para inducir su actividad sexual.....	18
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

pagina

Tabla 1. Condición corporal y producción promedio de los dos grupos de cabras expuestas al efecto macho durante el anestro estacional.	14
---	----

INTRODUCCIÓN

En la Comarca Lagunera, como en otras regiones del mundo, los caprinos manifiestan una marcada estacionalidad reproductiva, es decir, se reproducen y tienen sus partos únicamente en una época específica del año. Por ejemplo, la mayoría de las cabras locales de la Comarca Lagunera tienen sus partos en los meses de diciembre a enero, y ello ocasiona que la leche y el cabrito se concentren en esa época del año. Lo anterior provoca una disminución en los precios en estos productos debido a un aumento en la oferta de los mismos (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Esta problemática en la producción caprina puede disminuir si los partos de las hembras ocurren fuera de la estación natural. Durante muchos años se han desarrollado técnicas que permiten lograr la reproducción de los caprinos fuera de la época natural de reproducción y minimizar, de esta manera, los efectos adversos de la estacionalidad reproductiva en la producción caprina. Durante el periodo de anestro en las hembras, la actividad sexual puede ser inducida a través de la utilización de hormonas exógenas (progestágenos, eCG y melatonina; Chemineau *et al.*, 1992), mediante tratamientos foto periódicos (Chemineau *et al.*, 1987) o a través de las relaciones socio-sexuales como el efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2002). Esta última técnica consiste en la introducción de un macho a un grupo de hembras, provocando la presentación de celo y ovulaciones en pocos días (Flores *et al.*, 2000). Un factor importante para que el efecto macho sea exitoso, es que los machos utilizados manifiesten una intensa actividad sexual. Lo anterior se logra mediante la exposición de los machos cabríos durante el otoño e invierno a días

largos artificiales (16 h luz/día) durante 75 días. Dicho tratamiento induce una intensa actividad sexual en los machos cabríos durante el periodo de reposo sexual natural (febrero-abril; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). A su vez, estos machos foto-estimulados logran estimular la actividad endocrina y sexual de las cabras anovulatorias durante el periodo de anestro estacional (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2016). Otro factor importante que podría afectar la respuesta sexual de las hembras caprinas sometidas al efecto macho es la producción de leche de las hembras. Por ejemplo, en vacas se ha demostrado que el intervalo entre el parto y el primer estro es mayor en aquellas hembras que producen más leche que en las hembras bajas productoras (Harrison *et al.*, 1989). De igual manera, un porcentaje considerable de vacas altas productoras no manifiestan estro en la primera ovulación postparto, o la conducta de estro es más débil que en aquellas con menos producción láctea (Harrison *et al.*, 1990). Por otro lado, la duración del estro es menor en las vacas Holstein altas productoras que en aquellas de baja producción (López *et al.*, 2004). Lo anterior disminuye la fertilidad del hato debido a que las hembras que no son detectadas en estro, no son inseminadas y por lo tanto no resultan gestantes. En las cabras, no existen estudios que indiquen la influencia de la alta producción de leche de las hembras sobre la actividad sexual y reproductiva. En esta especie estacional, la introducción de un macho durante el anestro estimula la actividad endocrina y sexual de las cabras anéstricas mediante el efecto macho (Flores *et al.*, 2000). La proporción de hembras que ovulan o muestran comportamiento estral después del efecto macho varía del 80 al 95 %. La fertilidad en estas hembras varía del 60 al 80 %. En la mayoría de los estudios reportados hasta la fecha, existe una baja

proporción de hembras que no responden, responden más tarde o no quedan gestantes. Se desconoce si esas hembras que no responden o no son gestadas, son las hembras que producen más leche. Por ello, el objetivo del presente estudio fue investigar la influencia de la alta producción de leche en la respuesta estral y en la fertilidad de las cabras cuando son estimuladas mediante el efecto macho.

OBJETIVO

Determinar si la alta producción de leche disminuye la respuesta ovulatoria y la tasa de gestación en las cabras anovulatorias sometidas al efecto macho en combinación con la aplicación de progesterona.

HIPÓTESIS

La alta producción de leche disminuye la respuesta ovulatoria y la tasa de gestación en las cabras anovulatorias sometidas al efecto macho en combinación con la aplicación de progesterona.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Estacionalidad reproductiva en los caprinos

En la mayoría de las especies animales, la reproducción constituye el proceso natural más importantes y determinante en la perpetuación de la especie (Chemineau, 1993). Para lograr una reproducción exitosa, algunas especies han desarrollado estrategias que permiten asegurar la supervivencia de su descendencia y por consiguiente de su especie. Estas especies utilizan las condiciones del medio ambiente para establecer una estrategia reproductiva bien definida: seleccionan la época del año más favorable para sus partos (alrededor de la primavera), donde encuentran el clima y la disponibilidad de alimentos adecuados para el desarrollo de los recién nacidos (Bronson, 1989). Debido a lo anterior, los ovinos y caprinos han desarrollado durante miles de años una reproducción de tipo estacional, es decir, se reproducen únicamente durante una época específica del año.

En el caso de las hembras tanto ovinas como caprinas, se observa un periodo de anestro y anovulación postparto con ausencia de ciclos estrales, receptividad sexual y ovulación. En las cabras locales de la Comarca Lagunera, este periodo de anestro y anovulación sucede entre abril y agosto (Duarte *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2002). En los machos, se observa un periodo de reposo sexual de enero a mayo, durante el cual disminuye la producción de espermatozoides, las concentraciones plasmáticas de la hormona luteinizante (LH), la testosterona y la libido (Delgadillo *et*

al., 2004). La otra etapa fisiológica, conocida como etapa reproductiva, se caracteriza por la ocurrencia de ciclos estrales regulares, conducta estral y ovulaciones en las hembras. En las hembras caprinas locales de la Comarca Lagunera, la estación reproductiva se desarrolla durante el otoño y el invierno (septiembre-marzo; Duarte *et al.*, 2008). En los machos, de mayo a diciembre se mejora la calidad y cantidad espermática, hay un incremento en las concentraciones plasmáticas de la LH, la testosterona y se mejora notablemente el comportamiento sexual (Malpaux *et al.*, 1997; Delgadillo *et al.*, 1999).

Existen varios estudios que demuestran que la estacionalidad reproductiva en los caprinos locales de la Comarca Lagunera, al igual que en otras regiones del mundo, es regulada por las variaciones de la duración del día o fotoperiodo (Malpaux, 1997; Thiéry *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2004; 2012).

2. Inducción de la actividad sexual en los machos cabríos durante el periodo de reposo sexual mediante un tratamiento fotoperiódico

Como se mencionó anteriormente, varios estudios han demostrado que la estacionalidad reproductiva de los caprinos es causada por las variaciones del fotoperiodo. Lo anterior ha permitido diseñar tratamientos para manipular artificialmente la duración del día, y con ello manipular o controlar la actividad reproductiva en los animales. En los machos se diseñó un tratamiento basado en la sucesión de un periodo de días largos artificiales (DL) seguidos de las variaciones

del fotoperiodo natural o de la inserción subcutánea de implantes de melatonina. Dicho tratamiento ha permitido inducir actividad sexual en los machos fuera de la estación reproductiva natural (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2001; 2002; Pellicer-Rubio *et al.*, 2007). Por ejemplo, en los carneros Ile-de-France y en los machos cabríos Alpinos, la aplicación de 2 meses de días largos artificiales (16 h de luz) durante enero y febrero, seguidos de la inserción de implantes subcutáneos de melatonina, estimula la actividad sexual durante abril y mayo (ovinos: Chemineau *et al.*, 1992; machos cabríos: Pellicer-Rubio *et al.*, 2007).

En los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera, la exposición durante 2.5 meses de días largos artificiales (noviembre a enero), seguidos del fotoperiodo natural o de la aplicación de 2 implantes subcutáneos de melatonina, estimulan la secreción de LH, testosterona, comportamiento sexual, la producción espermática, e intenso olor en los meses que corresponden al periodo de reposo sexual (febrero-abril; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2001; 2002; Bedos *et al.*, 2010; 2014). Recientemente, se demostró en estos machos que incluso un tratamiento fotoperiódico de 1 o 1.5 meses de días largos artificiales seguidos de días naturales ascendentes es suficiente para estimular una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo sexual natural (Ponce *et al.*, 2014).

3. Inducción de la actividad sexual en las cabras mediante el efecto macho utilizando machos foto-estimulados

La estacionalidad reproductiva que manifiestan la mayoría de las razas de cabras de latitudes templadas y subtropicales constituye una limitante para reproducir las hembras durante la época de reposo sexual. Para resolver estas limitaciones asociadas con la estacionalidad reproductiva, se han utilizado las relaciones socio-sexuales para estimular la actividad sexual en las hembras durante esta época de anestro. Un ejemplo de ello, es la introducción de un macho en un grupo hembras anovulatorias. Esta técnica llamada efecto macho, estimula y sincroniza la secreción de LH, las ovulaciones y el comportamiento estral de las hembras (Chemineau, 1987; Flores *et al.*, 2000). Mediante esta técnica, los machos sexualmente activos, estimulados previamente con días largos artificiales, logran inducir la ovulación y los estros en la mayoría de las hembras anéstricas (>90 %; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Bedos *et al.*, 2010; 2012; Fernández-García *et al.*, 2011). Por el contrario, los machos no tratados son incapaces de estimular la actividad sexual en las hembras durante esa época (<20%; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Muñoz *et al.*, 2016).

Cuando se ponen en contacto un grupo de hembras anéstricas y un macho sexualmente activo, en la mayoría de los casos, se registra un incremento casi inmediato en la frecuencia de pulsos de GnRH y LH (Martin *et al.*, 1986; Vielma *et al.*, 2009). Posteriormente, las hembras desarrollan un pico preovulatorio de LH y el 80% ovulan alrededor de 50 horas después iniciado el contacto con el macho (Chemineau, 1983; 1987; Martin *et al.*, 1986). En las cabras, esa ovulación inducida por macho va asociada con conducta estral en aproximadamente el 60 % de las

hembras (Chemineau, 1983; 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1993). El porcentaje de hembras que resultan gestantes después de este estro es muy bajo debido a que el cuerpo lúteo que se desarrolla después de la ovulación es de baja calidad. Lo anterior se debe a que la proporción de células grandes responsables de la secreción de la mayor parte de progesterona es muy baja (Chemineau *et al.*, 2006). Como resultado, la mayoría de las cabras hace un ciclo ovulatorio de corta duración y vuelven a ovular entre 5 y 7 días después. El cuerpo lúteo generado en esta segunda ovulación es de características y de duración normal y la mayoría de las hembras pueden quedar gestantes. Si no se produce la fecundación durante la segunda ovulación, se puede registrar una tercera ovulación alrededor de los 21 días después de la introducción del macho (Chemineau, 1987; Flores *et al.*, 2000).

Se ha demostrado que la aplicación de progesterona exógena antes (48 ó 24 horas) o al momento de introducir los machos suprime la presentación de estos ciclos cortos (González-Bulnes *et al.*, 2006; Cortinas, 2015). Al parecer, lo anterior es debido a un bloqueo en la síntesis de prostaglandinas, lo cual impide que se lleve a cabo una luteólisis temprana (Chemineau *et al.*, 2006). Como resultado de dicha aplicación de progesterona se registra, en la mayoría de las hembras, un solo periodo de actividad estral y una sola ovulación en los primeros 3 a 5 días después de ser puestas en contacto con los machos (González-Bulnes *et al.*, 2006). Reportes recientes indican que la aplicación de progesterona antes o al momento de la introducción del macho no afecta la fertilidad de las hembras (Cortinas, 2015).

4. Efecto en la producción de leche en la actividad reproductiva de las hembras

Existen estudios que indican que la alta producción de leche afecta la actividad sexual y reproductiva en las hembras de ganado bovino lechero (Butler *et al.*, 2003). Por ejemplo, en vacas existen estudios que han demostrado que el intervalo entre el parto y el primer estro es mayor en vacas altas productoras que aquellas que producen menos leche (Harrison *et al.*, 1989). De igual manera, se ha reportado que las vacas altas productoras manifiestan menores signos en la conducta del estro que aquellas de baja producción (Harrison *et al.*, 1990). Otro estudio similar relaciona la alta producción de leche con menor tamaño del folículo ovulatorio, el cual está probablemente relacionado con bajas concentraciones de estradiol y por consiguiente la ausencia de estro o con débil manifestación del mismo. El autor (López *et al.*, 2004) reporta que en las vacas altas productoras de leche, la duración del estro es menor que en las vacas de baja producción. Lo anterior dificulta en gran medida la detección oportuna de las hembras en estro, lo cual disminuye considerablemente la fertilidad al no ser inseminadas.

A diferencia de la información que existe en vacas acerca de la influencia de la producción de leche en el comportamiento reproductivo, en las cabras no existen estudios que indiquen la influencia de la alta producción de leche sobre la actividad

sexual y reproductiva. Como se mencionó anteriormente, la introducción de un macho en un grupo de hembras, estimula la actividad endocrina y sexual de las cabras anéstricas mediante el efecto macho (Flores *et al.*, 2000). La proporción de hembras que ovulan o muestran comportamiento estral después del efecto macho es variable dependiendo de las condiciones de cada estudio. Sin embargo, en la mayoría de los estudios realizados al respecto, la respuesta sexual de las hembras va del 80 al 95 % y en muy pocos casos se alcanza el 100%. La fertilidad obtenida mediante el efecto macho varía del 60 al 80 %. En la mayoría de los estudios, existe baja proporción de hembras que no responden al estímulo de los machos, responden más tarde o no quedan gestantes. No se conoce si esas hembras que no responden o no son gestadas son las hembras que producen más leche o bien se deba a otros factores. Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar la importancia de la alta producción de leche en la respuesta ovulatoria y la fertilidad en las cabras cuando son estimuladas con machos mediante el efecto macho.

MATERIALES Y METODOS

Los procedimientos experimentales y las actividades reportadas en este trabajo se realizaron durante el anestro estacional (abril) y se apegaron a las

especificaciones técnicas de la norma oficial mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (SAGARPA-NOM-062-ZOO-2001).

1. Localización del experimento

El estudio se realizó en el Ejido Santo Tomás, municipio de Matamoros, Coahuila, que se encuentra ubicado en las coordenadas 103°13'42" longitud oeste y 25° 31'41" latitud norte, a una altura de 1100 metros sobre el nivel del mar. El clima de la región es semidesértico, la temperatura anual es de 23°C, la máxima es de 40°C en el mes de junio y una mínima de -3°C en el mes de diciembre. La precipitación pluvial media anual es de 230 mm.

2. Animales experimentales

2.1. Machos

Para el presente estudio, se utilizaron 2 machos cabríos Criollos adultos con una condición corporal de 2.5. Los machos estuvieron estabulados durante todo el estudio y a partir del 1 de noviembre de 2015 fueron sometidos a un tratamiento de 2.5 meses días largos artificiales (16h luz/día). Durante este tiempo, los machos fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 300 g de concentrado comercial (14% de P.C) por día y por animal, además de agua potable y sales minerales a libre acceso.

2.2. Hembras

Se utilizaron 28 hembras adultas multíparas anovulatorias, las cuales tuvieron sus partos en enero de 2016. Las hembras se ordeñaban a mano una vez al día. Durante el estudio las hembras fueron alimentadas con 2.0 Kg de heno de alfalfa y 200 gr de concentrado comercial (14% de P.C) por día y por hembra. El agua y las sales minerales fueron proporcionados a fue a libre acceso.

2.2.1. Ciclicidad de las hembras

El estado anovulatorio de las hembras fue determinada mediante una ultrasonografía transrectal realizada 8 días antes de la introducción de los machos. El criterio para determinar si una hembra se encuentra anovulatoria, fue la ausencia de cuerpos lúteos en los ovarios durante las ecografías. En ninguna hembra se detectó un cuerpo lúteo.

2.2.2. Formación de grupos experimentales

En el mes de marzo (época natural de anestro), el grupo de cabras fue dividido en dos grupos (n=14) de acuerdo al nivel de producción de leche y condición corporal. En el primer grupo (Alta producción) la producción diaria de leche fue

de $1.386 \pm 0,85$ kg en promedio, mientras que en el otro grupo (Baja Producción) esta producción fue de $0.729 \pm 0,65$ kg (Tabla 1; $P < 0.001$).

Tabla 1. Condición corporal y producción promedio de leche los dos grupos de cabras expuestas al efecto macho durante el anestro estacional.

Grupo	n	Condición corporal (Escala 1-4)	Producción de leche (kg)
Alta Producción	14	1.9 ^a	1.386 ± 0.85^a
Baja producción	14	1.9 ^a	0.729 ± 0.65^b

a,b, Literales diferentes indican diferencia estadística significativa

3. Aplicación de progesterona en las hembras

Cuarenta y ocho horas antes de la introducción de los machos, a cada hembra de los dos grupos se le aplicó por vía intramuscular 25 mg de progesterona con la finalidad de evitar la manifestación de ciclos ováricos cortos y que la mayoría de las hembras manifiesta actividad estral y ovárica en los primeros 5 días después del contacto con los machos (González-Bulnes *et al.*, 2006).

4. Efecto macho

Durante el periodo de reposo sexual natural (28 de marzo), cada grupo de cabras con diferente producción de leche fueron expuestos durante 5 días a dos machos sexualmente activos tratados previamente con días largos artificiales

(16h/luz). Cada 12 horas (AM y PM) los machos fueron intercambiados entre los dos grupos para evitar efectos individuales.

5. Variables evaluadas en el estudio

5. 1. Porcentaje de hembras que ovularon

La actividad ovulatoria se determinó mediante dos ecografías transrectales realizadas diariamente desde el día anterior a la introducción de los machos (Día 0) hasta que se detectaba la ovulación en cada hembra mediante la desaparición de un folículo que había sido previamente identificado en crecimiento en días anteriores. La ovulación se confirmó posteriormente con la formación de un cuerpo lúteo en el ovario donde se detectó la ovulación. Para ello, se realizó una ecografía transrectal al día 15 post-introducción de los machos. En las ecografías transrectales se utilizó un equipo de ultrasonido marca ALOKA con un transductor de 7.5 MHz.

5.2. Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria de las hembras fue determinada mediante el número de cuerpos lúteos registrados al momento de realizar las ecografías al día 15 después

de la introducción de los machos. Para ello, se utilizó un equipo de ultrasonido marca ALOKA con un transductor de 7.5 MHz.

5.3. Porcentaje de gestación

Para determinar el porcentaje de hembras que resultaron gestantes después de haber sido puestas en contacto con los machos, se realizó una ultrasonografía transrectal al día 35 después de la introducción de los machos. Al igual que los casos anteriores, se utilizó un equipo de ultrasonido equipado con un transductor abdominal de 3.0 MHz. La misma persona realizó todas las ecografías.

6. Análisis de los datos

Las proporciones de las hembras que ovularon y que resultaron gestantes fueron comparadas entre los dos grupos mediante la prueba de χ^2 . La tasa ovulatoria fue comparada mediante la prueba no paramétrica U de Man-Withney. Para todos los análisis se utilizó el paquete estadístico SYSTAT 10.

RESULTADOS

1. Porcentaje de hembras que ovularon

El porcentaje de hembras que ovularon en los 5 días de contacto con los machos no difirió entre las hembras de baja producción (13/14; 92.9%) y de alta producción de leche (12/14; 85%; $P>0.05$).

2. Latencia a la ovulación

El tiempo que transcurrió desde la introducción de los machos a la ovulación no difirió entre los 2 grupos con diferente producción de leche (26 ± 0.2 horas y 45 ± 0.3 horas, para los grupos de baja y alta producción de leche, respectivamente; $P>0.05$).

3. Tasa ovulatoria

El número de cuerpos lúteos registrados en las hembras de ambos grupos al momento de la ecografía al día 10 después de registrada la ovulación fue de 1.4 ± 0.2 en el grupo de baja producción y de 1.8 ± 0.4 en el grupo de alta producción láctea. No se registró diferencia estadística significativa entre los dos grupos de cabras ($P>0.05$).

4. Porcentaje de gestación

El porcentaje de hembras que fueron diagnosticadas gestantes a los 35 días post-introducción de los machos no difirió entre los 2 grupos de hembras con

diferente producción de leche y expuestas a los machos foto-estimulados ($P>0.05$). En la Figura 1 se observa la proporción de hembras gestantes en el grupo de hembras de baja y de alta producción de leche.

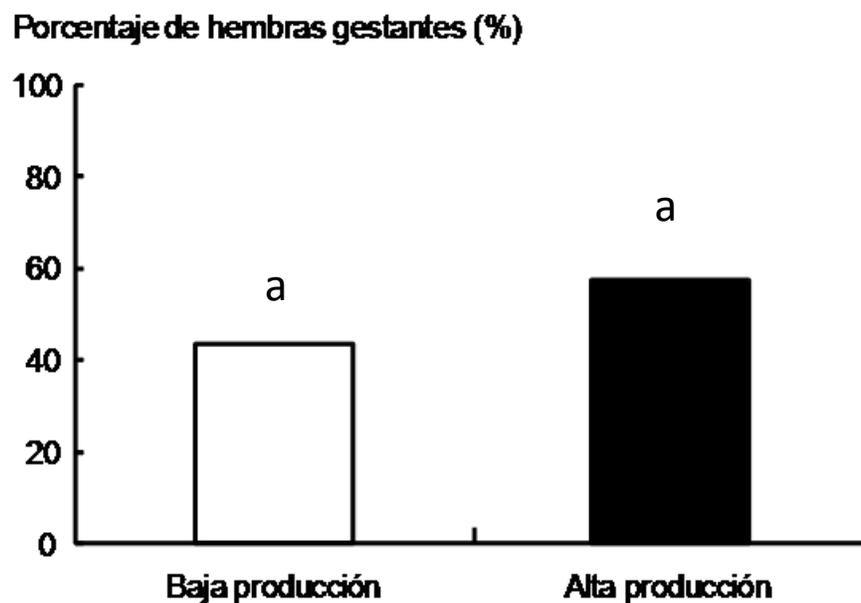


Figura 1. Porcentaje de hembras que fueron diagnosticadas gestantes a los 35 días después de ser expuestas a machos foto-estimulados para inducir su actividad sexual. a,a Literales iguales indican ausencia de diferencia estadística significativa.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo demuestran que la alta producción de leche en las hembras caprinas no disminuye su respuesta estral ni la fertilidad

cuando son estimuladas mediante el efecto macho en combinación con la aplicación de progesterona. En efecto, más del 90 % de las cabras de alta producción de leche ovularon en los primeros 5 días de iniciado el contacto con los machos foto-estimulados. De igual manera, no se registró diferencia en la latencia a la ovulación, ni en el porcentaje de hembras que resultaron gestantes entre las hembras que producían una mayor cantidad de leche y aquellas de baja producción. Por el contrario resultados obtenidos en el presente estudio difieren con lo reportado en vacas lecheras, donde se ha demostrado una fuerte relación entre la alta producción de leche y la disminución en actividad reproductiva (Butler, 1998; Harrison *et al.*, 1989; 1990). Por ejemplo, Harrison *et al.* (1989), reportan en vacas Holstein de alta producción de leche disminuye el porcentaje de hembras que manifiestan estro en la primera ovulación después del parto. Nuestros resultados también difieren del estudio de López *et al.* (2004) quienes reportan que en las hembras altas productoras la duración del estro disminuye considerablemente comparado con las hembras que producen menor cantidad de leche. Los mismos autores, reportan que las hembras altas productoras los signos del estro son menores, lo cual dificulta la detección del mismo, repercutiendo directamente en la baja en la fertilidad. En nuestro estudio, la mayoría de las hembras en los dos grupos de hembras ovularon en las primeras 5 días después de la introducción del macho. Lo anterior coincide con la mayoría de los estudios en cabras donde se realiza el efecto macho utilizando machos foto-estimulados para inducir la actividad sexual en cabras durante el anestro estacional (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Bedos *et al.*, 2010; 2012; Muñoz *et al.*, 2016).

Nuestros resultados también coinciden con estudios anteriores donde se ha demostrado que la aplicación de progesterona antes o al momento de la introducción de los machos sincroniza la respuesta estral y evita la aparición de ciclos cortos (Chemineau *et al.*, 2006; González-Bulnes *et al.*, 2006; Cortinas, 2015). A pesar que no se conocen claramente los mecanismos fisiológicos implicados en la supresión o disminución de los ciclos cortos en cabras con la administración de progesterona y el efecto macho, algunos estudios han propuesto que esta hormona sincroniza la respuesta de las hembras estimuladas mediante el efecto macho, y que los folículos jóvenes empiezan a crecer por la acción de la FSH, y permitirán que ocurra la ovulación por el aumento en la frecuencia de pulsos de LH inducida por el macho, mientras que los folículos viejos decrecen y se atresian (Pearce y Robinson, 1985; Menchaca y Rubianes, 2001). Finalmente, en el presente estudio tampoco se registró una diferencia en el porcentaje de hembras gestantes entre las hembras altas productoras de leche y aquellas menos productoras. Lo anterior no coincide con los estudios en vacas donde existe una clara disminución de la fertilidad en las hembras altas productoras comparado con las hembras de menor producción de leche (López *et al.*, 2004). En esa especie, probablemente, la disminución en la fertilidad se deba a una disminución en la detección de estros. Al respecto, (López *et al.*, 2004) relacionan la alta producción de leche con un menor tamaño del folículo ovulatorio, el cual está probablemente relacionado con bajas concentraciones de estradiol y por consiguiente con ausencia de estro o una manifestación del mismo más débil. Por el contrario, en nuestro estudio, la presencia continua durante 24 horas por 5 días de los machos cabríos permitió la detección

oportuna y la monta de las hembras en estro. Lo anterior favoreció, probablemente, la ausencia de diferencia en porcentaje de hembras gestantes entre los dos grupos.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que la producción de leche no disminuye la respuesta ovulatoria ni la tasa de gestación de las cabras

anovulatorias sometidas al efecto macho en combinación con la aplicación de progesterona.

LITERATURA CITADA

Bedos, M., Duarte, G., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Hernández, H., Vielma, J., Fernández, I.G., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A. 2014. Two or 24 h of daily contact with sexually active males results in different profiles of LH secretion that both lead to ovulation in anestrous goats. *Dom. Anim. Endocrinol.* 48: 93–99.

- Bedos, M., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Keller, M., Malpoux, B., Poindron, P., Delgadillo, J.A. 2010. For 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, J.A., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, I.G., Retana-Márquez, M.S., Muñoz-Gutiérrez, M., Keller, M., Delgadillo, J.A. 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.
- Bronson, F. 1989. Seasonal strategies: Ultimate factors. In: FH Bronson (Ed.), *Mammalian Reproductive Biology*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 28-59.
- Butler, W.R. 1998. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81:2533-2539.
- Butler, W.R. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 83: 211-218.
- 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. 1993. Reproducción de las cabras originarias de las zonas tropicales. *Rev. Latin. Peq. Rumian.* 1: 167-172.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., Guerin, Y., Ravault, J.P., Thimonier, J., Pelletier, J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 30: 157-184.
- 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. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 417-429.
- Cortinas, D.M. 2015. La administración de progesterona reduce la presentación de ciclos cortos sin disminuir la fertilidad en cabras anéstricas expuestas a machos fotoestimulados. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 38.
- 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 goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology.* 52: 727–737.
- Delgadillo, J.A., Carrillo, E., Moran, 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, J.A., Cortez, M.E., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B. 2004. Evidence that photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reprod. Nutr. Dev.* 44,183–193.

- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Veliz, F.G., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J. Poindron, P., Chemineau, P., Malpaux, B. 2002. Induction of sexual activity of lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci.* 80: 2780-2786.
- 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. *Dom. Anim. Endocrinol.* 35: 362–370.
- Fernández-García, I.G., Luna-Orozco, J.R., 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. *Horm. Behav.* 60:484–488.
- 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. *Biol. Reprod.* 62:1409-1414.
- Gonzalez-Bulnes, A., Souza, C.J.H., Scaramuzzi, R.J.; Campbel, B.K., Baird, D.T. 2006. Long-term suppression of reproductive function by a single dose of gonadotropin-releasing hormone antagonists in a sheep model. *J. Reprod. Fertil.* 58:521-535.
- Harrison, R.O., Ford, S.P., Young, J.W., Conley, A.J., Freeman, A. E. 1990. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 73: 2749–2758.
- Harrison, R.O., Young, J.W., Freeman, A.E., Ford, S.P. 1989. Effects of lactational level on reactivation of ovarian function, and interval from parturition to first visual oestrus and conception in high-producing Holstein cows. *Anim. Prod.* 49:23–28.
- López, H., Satter, D.L., Wiltbank, M.C. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 81: 209–223.
- Malpaux, B., Viguié, C., Skinner, D.C., Thiéry, J.C., Chemineau, P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Res. Bull.* 44: 431-438.
- Martin GB, Oldham CM, Cognie Y, Pearce DT. 1986. The physiological response of anovulatory ewes to the introduction of rams—a review. *Livest. Prod. Sci.* 115:219–47.
- Menchaca, A., Rubianes, E. 2004. New treatment associated with timed artificial insemination in small ruminans. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:403-313.
- Muñoz, A.L., M. Bedos, R.M. Aroña, J.A. Flores, H. Hernández, C. Moussu, E.F. Briefer, P. Chemineau, M. Keller, J.A. Delgadillo. 2016. Efficiency of the male effect with

photostimulated bucks does not depend on their familiarity with goats. *Physiol. Behav.* 158: 137-142.

Pearce, D.T., Robinson, T.J. 1995. Plasma progesterone concentrations, ovarian and endocrinological responses and sperm transport in ewes with synchronized oestrus. *J. Reprod. Fertil.* 75: 49-62.

Pellicer-Rubio, M.T., Lebouf, B., Bernelas, D., Forgerit, Y., Pougard, J.L., Bonné, J.L., Senty, E., Chemineau, P. 2007. Highly synchronous and fertile reproductive activity induced by the male effect during deep anoestrous in lactating goats subjected to treatment with artificially long days followed by a natural photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.* 98: 241-58.

Ponce, J.L., H. Velázquez, G. Duarte, M. Bedos, H. Hernández, M. Keller, 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.

Sáenz-Escárcega, P, Hoyos F.G., Salinas, G.H., Espinoza, A.J, Guerrero, B.A., Contreras, G.E. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. In: evaluación de módulos Caprinos en la Comarca Lagunera. Coahuila, Mexico: Matamoros. pp. 24–34.

Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación (2001). NORMA Oficial Mexicana NOM -062-ZOO-1999 Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Diario Oficial de la Federación, 22 de Agosto 2001.

Thiéry, J.C., Chemineau, P., Hernández, X., Migaud, M., Malpoux, B. 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. *Dom. Anim. Endocrinol.* 23: 87–100.

Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrous female goats. *Horm. Behav.* 56 444:449.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati. 1993. The male effect in the australian cashmere goat. 2. Role of olfactory cues from the male. *Anim. Reprod. Sci.* 32: 55–67.