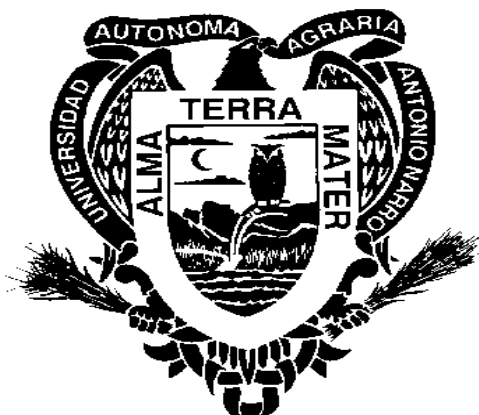


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



“Las cabras expuestas a días largos artificiales durante los primeros 110 días de lactancia ovulan en respuesta al efecto macho al final del tratamiento”

POR:

GERSON EDUARDO ARREDONDO BUSTAMANTE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2017

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

“LAS CABRAS EXPUESTAS A DÍAS LARGOS ARTIFICIALES DURANTE LOS
PRIMEROS 110 DÍAS DE LACTANCIA OVULAN EN RESPUESTA AL EFECTO
MACHO AL FINAL DEL TRATAMIENTO”

POR
GERSON EDUARDO ARREDONDO BUSTAMANTE

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. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

VOCAL:



DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

VOCAL:




DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

VOCAL SUPLENTE:



M.C. EDWIN STIVE MENDIETA MIRANDA



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



TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017

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

“LAS CABRAS EXPUESTAS A DÍAS LARGOS ARTIFICIALES DURANTE LOS
PRIMEROS 110 DÍAS DE LACTANCIA OVULAN EN RESPUESTA AL EFECTO
MACHO AL FINAL DEL TRATAMIENTO”

POR

GERSON EDUARDO ARREDONDO BUSTAMANTE

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. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:


DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

ASESOR:


DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

ASESOR:


DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

ASESOR:


M.C. EDWIN STIVE MENDIETA MIRANDA


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



TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017

AGRADECIMIENTOS

A mis padres

Profr. Serbulo Arredondo Navarro
Profra. María Eugenia Bustamante Martínez

A mis hermanos

Lic. Serbulo Alberto Arredondo Bustamante
Lic. Luis Antonio Arredondo Bustamante

A MIS HIJOS

Gerson Ibriaham Arredondo Solís
Gael Eduardo Arredondo Solís
Josué Eugenio Arredondo Minor

A mi asesor

Dr. Horacio Hernández Hernández por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Al jurado,

Dr. Horacio Hernández Hernández, Dr. José Alfredo Flores Cabrera,
Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez y al MC. Edwin Stive Mendieta
. Por su amable apoyo en la revisión de la presente tesis.

A mis profesores

Que con su esfuerzo constante y dedicación me compartieron de sus conocimientos.

A mi universidad

Alma Terra Mater por abrirme las puertas para poder desarrollarme profesionalmente.

DEDICATORIAS

A dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mis padres, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante brindándome apoyo y consejos en todo momento para ser de mí una mejor persona.

A mis hermanos, por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles y apoyándome cuando más las necesite.

A mis compañeros, amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas también a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

A mis hijos, que fueron el motivo para salir adelante en mi profesión de medicina veterinaria

INDICE

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIAS	ii
INDICE	iii
RESUMEN	vi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Actividad sexual anual de las cabras y machos cabríos en regiones templadas y subtropicales	3
2.2. El fotoperiodo, principal regulador de la actividad sexual de las hembras y los machos caprinos	4
2.3. Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva en pequeños rumiantes	5
2.4. Otras influencias del fotoperiodo en pequeños rumiantes.....	7
2.5. Influencia del fotoperiodo de días largos artificiales sobre la actividad sexual postparto en pequeños rumiantes	8
2.6. Efecto macho en cabras durante el anestro estacional	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
OBJETIVOS	13
HIPÓTESIS	13
CAPITULO III	14
MATERIAL Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar del estudio	14
3.2. Animales y manejo	14
3.3. Grupos experimentales	15
3.4. Mediciones realizadas	16
3.4.1. Producción de leche	16

3.4.2. Contenido de grasa en la leche	16
3.4.3. Actividad ovárica en respuesta al efecto macho al final del tratamiento (110 días postparto	17
3.5. Análisis estadístico de los datos.	18
CAPÍTULO IV	19
RESULTADOS	19
4.1. Producción promedio de leche	19
4.2. Contenido de grasa en leche	19
DISCUSIÓN	23
CONCLUSIÓN.....	26
LITERATURA CITADA.....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de leche promedio ponderada (\pm EEP) al inicio de la lactancia (día 16 postparto) y durante los 110 días siguientes en las cabras testigo que iniciaron su lactancia en diciembre y en las cabras Tratadas con días largos artificiales durante la lactancia. ** = Diferencia significativa ($P < 0.001$) 20

Figura 1. Producción de leche promedio ponderada (\pm EEP) al inicio de la lactancia (día 16 postparto) y durante los 110 días siguientes en las cabras testigo que iniciaron su lactancia en diciembre y en las cabras Tratadas con días largos artificiales durante la lactancia. ** = Diferencia significativa ($P < 0.001$) 21

Figura 3. Condición corporal promedio ponderado (\pm EEP) de las cabras de ambos grupos durante todo el estudio. Las cabras Testigo fueron mantenidas bajo días cortos naturales y las cabras Tratadas se mantuvieron durante los primeros 110 días de lactancia con días largos artificiales..... 22

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue investigar si en las cabras subtropicales que paren durante los días cortos naturales y que reciben días largos artificiales durante los 100 días de lactancia son capaces de ovular en respuesta al efecto macho. Para lo anterior se utilizaron 39 cabras criollas que parieron el 12 de diciembre de 2014 (± 2.0 días; promedio \pm SEM). De éstas se conformó un grupo Testigo de 17 cabras que permanecieron bajo los días cortos naturales durante los primeros 110 días de la lactancia. Además, otro grupo de 22 cabras fueron sometidas desde el día 10 de lactancia a días largos artificiales consistentes en 14 h luz/día hasta los 110 días de lactancia. La producción promedio inicial ponderada en el grupo Testigo no difirió de la registrada en el grupo Tratado (1.5 ± 0.1 en ambos grupos). Sin embargo, la producción de leche promedio ponderada en los 110 días de lactación fue mayor en el grupo Tratado (2.2 ± 0.1 kg) que en el grupo Testigo (1.75 ± 0.1 kg; $P < 0.05$). El contenido promedio ponderado de grasa en la leche no difirió entre las cabras del grupo Testigo y Tratado (2.47 ± 0.05 % y 2.40 ± 0.02 %, respectivamente; $P > 0.05$). El porcentaje de cabras que respondieron con ovulación en respuesta al efecto macho no fue diferente entre el grupo Testigo y grupo Tratado (100%, 21/21 y 95.5%, 21/22, respectivamente; $P > 0.05$). Los resultados del presente trabajo permiten concluir que en las cabras subtropicales que paren en los días cortos naturales, la exposición a días largos artificiales durante los primeros 110 días de lactancia incrementa la producción de leche y ello no impide la ovulación en respuesta al efecto macho al final del tratamiento luminoso.

Palabras clave: Cabras, días largos artificiales, lactancia, efecto macho, ovulación.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de leche es proveniente de diferentes especies rumiantes lecheras como los bovinos, búfalos, cabras, o vejas y camellos. Se indicó que para el año 2007, las regiones del mundo con mayor producción lechera fueron Asia del Sur: 23% de la producción mundial, y países como la India y Pakistán, la Unión Europea: 21%, principalmente Alemania y Francia. En el tercer lugar, EEUU: 12% (IFCN, 2012). Según datos de la IFCN (2012) México se encuentra en el dieciseisavo lugar en la producción mundial de leche.

La producción mundial de leche obtenida de especies como la cabra toma también una importancia global, ya que es una excelente fuente de alimentación aceptable y que es alternativa a la leche de vaca ya que provoca menos alergias y posee una digestibilidad elevada (Tripathi, 2015). La población de caprinos en México según el SIAP (2015) se reportó de 8, 724 946 cabezas. En la Comarca Lagunera, la caprinocultura es una actividad importante, ya que con esta actividad muchas familias cubren su alimentación y los gastos básicos. En esta Comarca Lagunera el SIAP (2015) señaló un inventario de 413, 217 cabezas.

Las cabras (*Capra hircus*) y ovejas (*Ovis aries*) domésticas originarias de zonas templadas y subtropicales presentan un patrón de reproducción estacional. Inicialmente se pensaba que la alimentación podría ser el factor que regulaba dicho reproducción estacional. Sin embargo, actualmente está reconocido que el fotoperiodo es el elemento principal en la regulación de dicha actividad reproductiva (Duarte et al., 2010; Legan y Karsch, 1979). De este modo, las hembras caprinas

de la Comarca Lagunera exhiben una actividad sexual que inicia en septiembre y finaliza en febrero, por lo que el anestro o también llamado período de inactividad sexual se observa de marzo a agosto (Duarte et al., 2010).

Estimular la producción de leche es otro de los efectos fisiológicos que el fotoperiodo ejerce en las cabras. Recientemente se ha investigado en las cabras subtropicales de la Comarca Lagunera que paren durante los días cortos naturales que la exposición a días largos artificiales incrementó en un 21% la producción de leche comparado con los animales no expuestos (Flores et al., 2011; Flores et al., 2013; Flores et al., 2015; Hernández et al., 2016). Sin embargo, también este tratamiento de días largos inhibe la actividad ovulatoria en los animales expuestos (Bocquier et al., 1993; Faigl et al., 2011; Hernández et al., 2006).

Está completamente conocido que el efecto macho induce el celo, la ovulación y la gestación de las cabras estacionalmente anovulatorias, sin embargo no se conoce si las cabras tratadas con días largos por tiempo prolongado para incrementar su producción de leche puedan responder al efecto macho a pesar de permanecer anovulatorias por el tratamiento luminoso continuo. El objetivo principal de la presente tesis es investigar si las cabras tratadas durante los primeros 100 días con días largos artificiales responden con ovulación cuando son sometidas a efecto macho al final de tratamiento luminoso.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Actividad sexual anual de las cabras y machos cabríos en regiones templadas y subtropicales

La actividad sexual de los machos y de las hembras caprinas se presenta sucesivamente año tras año durante las mismas estaciones. Ello sugiere que el desarrollo del ciclo anual es controlado por factores que se mantienen año con año de manera constante como lo es el fotoperiodo. Este fenómeno de estacionalidad reproductiva es muy evidente en los pequeños rumiantes originarios de zonas templadas.

En las cabras de la Comarca Lagunera, región subtropical de México, las hembras caprinas muestran actividad sexual (ovulaciones) a partir del mes de septiembre al mes de febrero (Duarte et al., 2008). De manera similar, en los machos locales del norte de México, la estación sexual ocurre de junio a diciembre (verano-otoño), y el reposo sexual de enero a mayo (invierno-primavera; Delgadillo et al., 1999). En esta región, el periodo de reposo sexual en los machos y el periodo de anestro en las hembras coincide con la estación seca. Por ello se postuló que los cambios en la disponibilidad de alimento eran los responsables de dicha estacionalidad reproductiva (Saenz-Escárcega et al., 1991). Sin embargo, esta estacionalidad reproductiva también se observó en los animales mantenidos en condiciones intensivas, en donde recibieron una adecuada nutrición (Delgadillo et al., 1999; Duarte et al., 2008). También en las regiones subtropicales de Australia (29°S), se ha observado que las cabras presentan variaciones estacionales en su

actividad sexual. En efecto, Restall (1992) encontró que en esas cabras la época de actividad sexual se presentó de febrero a agosto (Otoño-Invierno), mientras que el periodo de inactividad sexual se presentó de Septiembre a enero (primavera-verano). En argentina (30° S) las cabras nativas Criollas muestran su actividad reproductiva de marzo a septiembre y el periodo de anestro estacional ocurre de octubre a febrero (Rivera et al., 2003). Estos antecedentes, describen claramente que los caprinos localizados en regiones subtropicales presentan marcadas variaciones estacionales en su actividad reproductiva

2.2. El fotoperiodo, principal regulador de la actividad sexual de las hembras y los machos caprinos

Como se mencionó anteriormente, cuando los caprinos de regiones subtropicales fueron mantenidos en condiciones intensivas, es decir que fueron alimentados cubriendo sus necesidades nutricionales, ello no evitó la presentación de la estacionalidad reproductiva (Delgadillo et al., 1999; Duarte et al., 2008). Efectivamente, en las cabras de la Comarca Lagunera se demostró que el fotoperiodo está involucrado en el desarrollo del ciclo sexual anual. Así, en un estudio dónde se utilizó un grupo de cabras que se sometieron a un tratamiento fotoperiódico de 3 meses de días largos artificiales (14 horas de luz/día) y 3 meses de días cortos artificiales (10 horas de luz/día), durante 2 años consecutivos, se comprobó lo anteriormente indicado. De esta manera, las ovulaciones se presentaron cuando las cabras recibieron días cortos artificiales después de haber recibido previamente 3 meses de días largos (Duarte et al. 2010).

En los machos cabríos de la Comarca Lagunera, también se demostró que el fotoperiodo influye en el desarrollo del ciclo sexual anual. Este hallazgo se comprobó al someter un grupo de machos a alternancias de 3 meses de días largos (14 horas luz/día) y 3 meses de días cortos (10 horas luz/día) durante 2 años consecutivos (Delgadillo et al., 2004). Otro grupo de machos se sometió a variaciones naturales de fotoperiodo. En los machos testigo, la secreción de testosterona se incrementó en mayo, se mantuvo elevada hasta noviembre y disminuyó en diciembre. En cambio, el grupo experimental la secreción de testosterona se incrementó invariablemente durante los días cortos y disminuyó durante los días largos (Delgadillo et al, 2004).

2.3. Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva en pequeños rumiantes.

El fotoperiodo controla la secreción de melatonina, esta hormona es la responsable de la sincronización del ritmo anual de la reproducción en los pequeños rumiantes como los caprinos. El estímulo luminoso recibido en la retina, es transmitido hasta la glándula pineal, en la cual reduce considerablemente la secreción de melatonina. Es decir, ésta última solamente se libera durante los periodos de oscuridad. Una duración larga en la secreción de la melatonina es percibida como día corto, mientras que una duración corta de secreción es percibida como día largo. Los modos de acción de la melatonina no son conocidos totalmente, pero el efecto final durante un día corto es estimular la secreción de GnRH que a su vez controla la secreción de LH y FSH (Gómez-Brunet et al., 2012).

Estos datos sugieren que en los caprinos de latitudes subtropicales, los días cortos estimulan la actividad sexual de machos y hembras, y que los días largos la inhiben. Sin embargo, en las hembras caprinas expuestas al fotoperiodo natural se demostró que el inicio de la estación sexual no se debe a la disminución del fotoperiodo, sino a la aparición de un estado refractario a los días largos (Delgadillo et al., 2011).

En efecto, el inicio de la estación sexual determinada por las concentraciones plasmáticas de LH en hembras ovariectomizadas a las que se les colocó un implante subcutáneo que libera constantemente estradiol (OVX+E), no fue diferente entre las hembras en fotoperiodo natural y en las mantenidas en días largos desde el solsticio de invierno (Delgadillo et al., 2011). En ambos grupos, las concentraciones plasmáticas de LH se incrementaron en septiembre, mes que corresponde al inicio de las ovulaciones en las hembras intactas (Delgadillo et al., 2011; Duarte et al., 2008). De manera similar, el final de la estación sexual de las cabras de latitudes subtropicales no se debe al incremento en la duración del fotoperiodo, sino a la aparición del estado refractario a los días cortos. Así, en las hembras OVX+E, el final de la estación sexual no fue diferente entre las hembras en fotoperiodo natural y en aquellas mantenidas en días cortos desde el solsticio de invierno (Delgadillo et al., 2011). En ambos grupos, las concentraciones plasmáticas de LH disminuyeron en febrero, mes que corresponde al final de las ovulaciones en las hembras intactas (Delgadillo et al., 2011; Duarte et al., 2008). Estos últimos datos sugieren que en los caprinos de latitudes subtropicales, la duración del día no estimula o inhiben la actividad sexual en las hembras, sino que sincroniza, muy probablemente, el ritmo

endógeno de reproducción, tal y como ocurre en caprinos y ovinos de latitudes templadas (Gebbie et al., 1999; Karsch et al., 1989; Gómez-Brunet et al., 2010).

En los machos cabríos de latitudes subtropicales, es probable que el fotoperiodo tenga el mismo papel que en las hembras, y que sincronice también el ritmo endógeno de reproducción, tal y como ocurre en los machos originarios de latitudes templadas (Howles et al., 1982; Lincoln y Almeida, 1981). En conjunto, los resultados descritos anteriormente sugieren que la modificación artificial del fotoperiodo, es decir, la aplicación de días artificiales largos y/o cortos, permite modificar el ritmo anual de reproducción de machos y hembras, induciendo su actividad sexual durante los periodos de reposo sexual (Delgadillo et al., 2004; Delgadillo et al., 2015; Flores et al., 2000).

2.4. Otras influencias del fotoperiodo en pequeños rumiantes

En los pequeños rumiantes originarios de latitudes templadas y subtropicales, la lactancia es otro aspecto fisiológico que pueden ser modificados por el fotoperiodo. Por ejemplo, en ovejas de la raza Sarda Bocquier et al. (1997) demostraron que sometiendo las hembras a días largos artificiales se induce un incremento de un 25% en el nivel de producción de leche, comparado con las ovejas sometidas a días cortos. En la vaca lechera, especie que no muestra un patrón de reproducción estacional, también el fotoperiodo influye sobre la lactancia. Así, durante la lactancia, la respuesta al fotoperiodo de días largos relativo a los días cortos inicia después de 3 a 4 semanas de exposición y las vacas responden durante cualquier estado de lactación con 3 kg más de producción de leche

comparado con los animales mantenidos en días cortos (Dahl y Petitclerc, 2003). Cuando el tratamiento de días largos termina, la producción disminuye y no existe un efecto residual de los días largos (Dahl *et al.*, 2000). En las cabras subtropicales que paren en el otoño, también la exposición a días largos artificiales incrementó en promedio un 18 a 20% la producción de leche en comparación con las cabras no expuestas (Flores *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2016). Además al realizar la doble ordeña, ello no evitó un incremento adicional en la producción de leche debido a los días largos (Flores *et al.*, 2011). Sin embargo, cuando los animales son mantenidos bajo condiciones extensivas es necesaria una suplementación alimenticia para observar el incremento por los días largos artificiales (Flores *et al.*, 2015). En vacas, existe evidencia de que el efecto galactopoiético de los días largos es regulado por un incremento en las concentraciones circulantes de IGF-I y que dicho incremento no está asociado con algún cambio en las concentraciones de GH o en el receptor de GH (Dahl *et al.*, 1997; Kendall *et al.*, 2003). Asimismo, en las cabras lactantes sometidas a días largos artificiales se observaron mayores concentraciones de IGF-I, que en las cabras mantenidas bajo un fotoperiodo natural decreciente (Flores *et al.*, 2015; Hernández *et al.*, 2016).

2.5. Influencia del fotoperiodo de días largos artificiales sobre la actividad sexual postparto en pequeños rumiantes

Como se mencionó en párrafos anteriores, en las hembras adultas no lactantes la exposición a días largos artificiales induce la terminación de los ciclos estrales y ováricos. Sin embargo la exposición prolongada a dicho fotoperiodo conduce a un estado refractario y se presenta la actividad sexual. En efecto, en cabra Saanen no lactantes Maeda *et al.* (1988) mostraron que cuando ellas son

mantenidas bajo un fotoperiodo de días largos artificiales de 16 h luz y 8 de oscuridad, las ovulaciones se presentaron a partir de los 150 días de exposición a dicho fotoperiodo. En las ovejas que se encuentran en la lactancia, también la exposición a días largos artificiales retardó el reinicio de la actividad ovárica comparado con las ovejas bajo un fotoperiodo natural decreciente (Faigl et al., 2011). Como se mencionó anteriormente, en las cabras subtropicales lactantes que paren en el otoño Flores et al., (2011 y 2015) demostró que la exposición a días largos artificiales incrementó la producción de leche comparado con las cabras bajo los días cortos naturales (testigo). Sin embargo, también se observó que hasta los primeros 100 días de lactancia tanto en las cabras testigo, como las mantenidas en días largos artificiales no reiniciaron su actividad ovárica (Flores et al., 2013). La explicación a lo anterior es que las cabras parieron en noviembre (otoño) y al menos las cabras testigo el desarrollo de su lactación coincidió con la época de anestro estacional. En cuanto a las cabras mantenidas bajo los días largos artificiales es muy probable que además de que su lactancia también coincidió con el inicio del anestro estacional, la exposición los días largos artificiales inhibió el reinicio de la actividad ovárica postparto. Lo que coincide con lo encontrado en cabras no lactantes mantenidas en días largos y en aquellas lactantes expuestas durante los primeros 75 días postparto a ese fotoperiodo (Duarte et al., 2010; Hernández et al., 2006).

2.6. Efecto macho en cabras durante el anestro estacional

Con relación a realizar el efecto macho para estimular su actividad sexual cuando las cabras que paren en el otoño y desarrollan su lactancia durante el anestro estacional los resultados son muy claros: hasta un 80% de las cabras muestran ovulación en los primeros 18 días de contacto con los machos sexualmente activos (Muñoz et al., 2016).

En las cabras anéstricas, la exposición a un macho provoca inmediatamente un incremento en la frecuencia y en la amplitud de los pulsos de LH (Poindron et al., 1980., Chemineau et al., 1986; Vielma et al., 2009). Si el estímulo de los machos permanece por varias horas o días, el incremento en la secreción de hormonas hipofisarias (LH y FSH) provoca el desarrollo de los folículos ováricos, que secretan cantidades elevadas de estradiol, lo que permite la aparición del pico preovulatorio de LH y la ovulación (Chemineau, 1987; Ungerfeld et al., 2004). En un número variable de cabras, la primera ovulación va acompañada de comportamiento estral entre los días 2 y 5 después de la exposición al macho. El cuerpo lúteo que se forma de esta primera ovulación es, en la mayoría de los casos, de mala calidad y secreta bajas cantidades de progesterona, la cual no es capaz de impedir un incremento en la secreción de LH (Chemineau et al., 2006). Por ello, la mayoría de las cabras manifiestan un segundo estro entre los días 6 y 12 después del primer contacto con el macho, el cual es acompañado generalmente de ovulación y el cuerpo lúteo que se forma es de calidad y duración normal (Flores et al ., 2000; Chemineau et al., 2006). En general y dependiendo de diversas condiciones en las que se realiza el

efecto macho se ha observado que la tasa de preñez obtenida a los 50 días después de realizar el efecto maco es por arriba del 70%.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se revisó anteriormente, en las cabras que inician su lactancia en los días cortos naturales al final de otoño e inicios de invierno la exposición de días largos artificiales incrementó la producción de leche. Sin embargo, la exposición de las cabras a este fotoperiodo durante los primeros 75 a 100 días también suprime la actividad sexual. Además se comentó que el efecto macho en cabras estacionalmente anovulatorias es capaz de estimular y sincronizar su actividad sexual. Sin embargo hasta hoy no se conoce si después de exponer a las cabras durante los primeros 110 días postparto a días largos artificiales (inhibidas sexualmente) pueda estimular su actividad ovulatoria al final del tratamiento lumínico. Por ello, el objetivo principal de la presente tesis es determinar en las cabras que paren en diciembre y expuestas a días largos artificiales durante 110 días postparto si al final del tratamiento de luz son capaces de responder con ovulación a la introducción de machos sexualmente activos.

OBJETIVOS

La presente tesis tiene como objetivo determinar si en las cabras que inician su lactancia durante los días cortos naturales de diciembre y que se exponen por más de 110 días a días largos artificiales y por ello inhibidas sexualmente, son capaces de responder con ovulación al efecto macho al final del tratamiento.

HIPÓTESIS

La introducción de los machos sexualmente activos son capaces de estimular a actividad ovulatoria de las cabras lactantes mantenidas previamente durante los primeros 110 días de lactancia bajo días largos artificiales.

CAPITULO III

MATERIAL Y MÉTODOS

Los procedimientos y manejo de los animales en la presente tesis están en acuerdo con las especificaciones descritas en la guía ARRIVE publicadas por Kilkenny *et al.* (2010) y con las especificaciones técnicas de la Norma Oficial Mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999; SAGARPA, 2001).

3.1. Lugar del estudio

El trabajo se realizó de diciembre del 2014 a abril de 2015 en el ejido el Águila, municipio de Torreón Coahuila. Este lugar se encuentra localizado en la Comarca Lagunera, situada a una latitud 25° 36'N, Longitud 104° 47' W, y una altitud de 1110 m.s.n.m. La precipitación pluvial se presenta de junio a septiembre con un promedio de 266 mm/año (rango 163 a 540 mm/año). Además, esta región posee un clima seco con una temperatura promedio anual de 21°C variando de 37°C (Mayo-Agosto) a 6°C (Diciembre-Enero).

3.2. Animales y manejo

Se utilizaron 39 cabras criollas cuya fecha del parto fue el 12 de diciembre de 2014 (\pm 2.0 días; promedio \pm SEM). Todas las cabras fueron alimentadas en grupo calculando un total que de manera individual pudieran acceder a 2.5 kg de heno alfalfa/animal (18% PC); además se les ofreció concentrado comercial en una cantidad de 0.3 kg/día/animal (14% PC) y se dispuso permanentemente de agua en

los bebederos de los corrales. Permanentemente, en los corrales se dispuso de bloques de sales minerales.

3.3. Grupos experimentales

En el grupo Testigo 17 cabras lactantes se mantuvieron a partir de la segunda semana de diciembre bajo los días cortos naturales. En cambio, en el grupo Tratado otras 22 cabras lactantes fueron sometidas a días largos artificiales consistentes en 14 horas luz por día. Para poder proporcionar los días largos artificiales al grupo Tratado, los animales se mantuvieron en un corral equipado con lámparas que emitían luz de día. Estas lámparas emitían una intensidad luminosa de 300 lux medida durante la noche y a una distancia aproximada al nivel de los ojos de los animales. Los días largos se establecieron al aprovechar la luz natural y suplementar con horas de luz artificial. El alba (encendido de la luz) se fijó diariamente a las 06:00 horas y la luz se apagaba cuando existió suficiente luz natural a las 09:00 horas. Después, se encendían nuevamente antes del crepúsculo natural a las 17:00 horas y se apagaban a las 20:00 horas. Lo anterior permitió que los animales percibieran días largos durante los primeros 110 días de lactancia. El encendido y apagado de las lámparas se controló mediante un *timer* con tiempos de encendido y apagado programable. Las paredes de este corral de Tratamiento de luz estaban cubiertas con lona negra y el corral estaba ubicado a aproximadamente 100 metros del corral de las cabras del grupo Testigo, lo anterior con el fin de que la luz artificial no fuera percibida por las cabras del grupo Testigo. En ambos grupos de cabras las crías permanecieron durante los primeros 16 días de lactancia y al día 17 fueron retiradas de con sus madres de manera definitiva.

3.4. Mediciones realizadas

3.4.1. Producción de leche

Esta variable se evaluó al inicio del estudio y durante los primeros 110 días de la lactancia. La manera de determinar la producción de leche de cada cabra se procedió como sigue: en cada ocasión, las cabras se ordeñaron manualmente 2 veces/día, un primer vaciado de la ubre se realizó a las 17:00 horas el día anterior a la medición. Para ello se ordeño completamente la ubre y además se aplicó por vía yugular 2 UI de oxitocina para extraer la leche residual, ello con el fin de poner en cero el inicio de la estimación de leche. Posteriormente al día siguiente se llevaron a cabo 2 ordeñas manuales (a las 07:00 y 19:00 horas y aplicando oxitocina al fin de cada una de ellas y registrando la cantidad de leche obtenida en cada ocasión. Con estos datos se calculó la cantidad obtenida en 24 horas en cada animal. Con los datos obtenidos en los 110 días de lactancia se calculó el promedio de producción obtenido por cada animal y posteriormente se calculó el promedio ponderado de todo el grupo.

3.4.2. Contenido de grasa en la leche

Comenzando el día 26 de lactancia en cada ocasión de estimación de la producción láctea se colectó una muestra de leche de 20 mL provenientes de ambos medios de la ubre y se mantuvo en frío utilizando una hielera conteniendo geles congelados. En el laboratorio, mediante el uso de un analizador de leche (Milkoscope, Expert, Scope Electric, Razgrad, Bulgaria) se obtuvieron los porcentajes de grasa contenida en las muestras de leche. El cálculo de los

promedios se llevó a cabo de igual manera que para lo descrito en la producción de leche.

3.4.3. Actividad ovárica en respuesta al efecto macho al final del tratamiento (110 días postparto)

Cuando las cabras estuvieron al día 113 de lactancia (± 2.0 días) fueron sometidas al efecto macho con el fin de inducir su actividad ovulatoria. Previamente, el estado anovulatorio de todas las cabras se confirmó con la realización de 2 ultrasonidos a 20 y 5 días antes de someterlas al efecto macho. Previo a ello, 4 machos cabríos fueron inducidos a una intensa actividad sexual mediante un tratamiento de días largos artificiales que duró del 1 de noviembre al 15 de enero (Delgadillo et al., 2015). A partir de enero 16 en adelante, los machos fueron mantenidos bajo el fotoperiodo natural. Este tratamiento de luz induce una conducta sexual intensa, la cual les proporciona la capacidad de inducir la actividad estral y ovulatoria en la mayoría de las cabras anovulatorias (Flores et al., 2000; Bedos et al., 2016). A los 15 días de haber introducido los machos con las hembras a éstas se les realizó un ultrasonido transrectal para determinar las cabras que ovularon en cada grupo. Para la inspección de los ovarios se utilizó un equipo de ultrasonido Aloka SSD-500 scanner conectado a una sonda transrectal (7.5-MHz). El criterio para indicar que una cabra había ovulado fue la presencia de un cuerpo lúteo en al menos uno de los 2 ovarios.

3.5. Análisis estadístico de los datos.

El promedio ponderado de la producción de leche se comparó entre los 2 grupos mediante una prueba de t de student para 2 poblaciones independientes. El mismo procedimiento estadístico se utilizó para comparar el promedio ponderado del contenido de grasa en la leche. La proporción de cabras que ovularon en respuesta a la introducción de los machos se comparó entre grupos utilizando la prueba exacta de Fisher. Todos los análisis estadísticos de realizaron utilizando el software estadístico SYSTAT 13 (Systat Software, San Jose, CA).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Producción promedio de leche

La producción diaria promedio inicial obtenido en las cabras del grupo Testigo y en el grupo de cabras Tratado no fue diferente ($P > 0.05$; Figura 1). En cambio, el promedio ponderado de producción diaria durante los 110 días de tratamiento con días largos de las cabras Tratadas fue mayor, comparado con el promedio ponderado de las cabras Testigo durante ese mismo periodo ($P < 0.0001$).

4.2. Contenido de grasa en leche

De manera general, el promedio ponderado del contenido en grasa en la leche de las cabras de ambos grupos se muestra en la Figura 2. En ella, se aprecia que este contenido no fue diferente en la leche producida por las cabras del grupo Testigo y aquellas del grupo Tratado ($P > 0.05$).

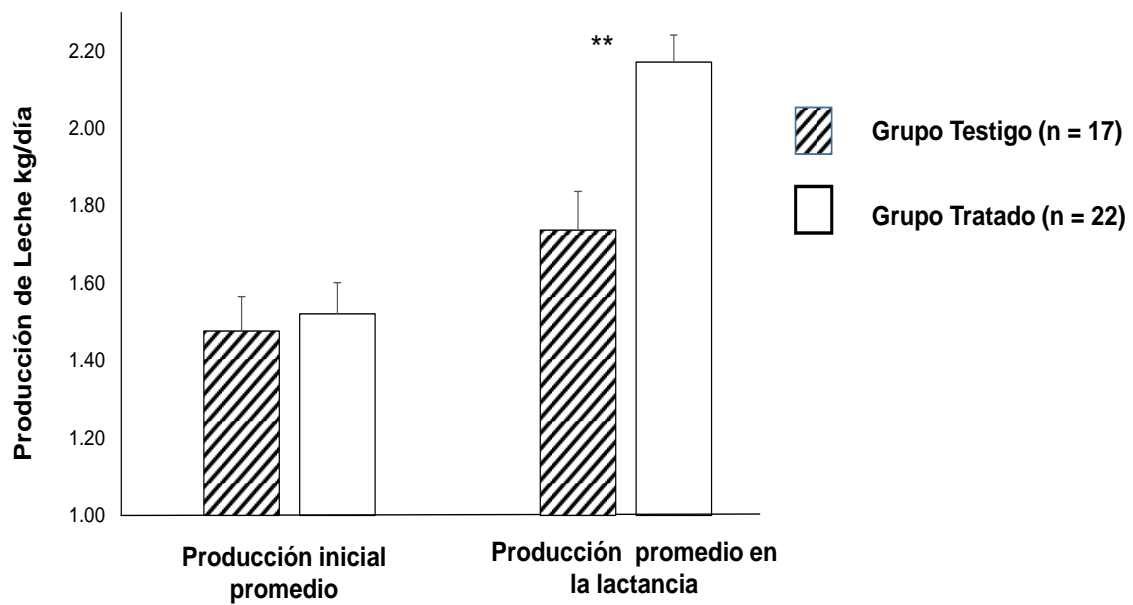


Figura 1. Producción de leche promedio ponderada (\pm EEP) al inicio de la lactancia (día 16 postparto) y durante los 110 días siguientes en las cabras testigo que iniciaron su lactancia en diciembre y en las cabras Tratadas con días largos artificiales durante la lactancia. ** = Diferencia significativa ($P < 0.001$).

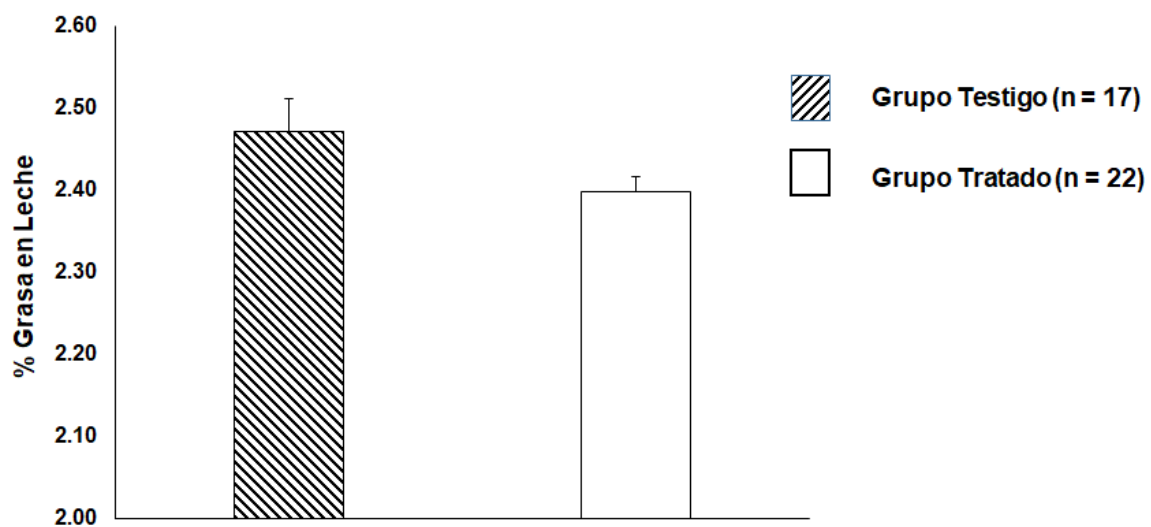


Figura 2. Contenido promedio ponderado (\pm EEP) de grasa en la leche proveniente de las cabras Testigo mantenidas bajo días cortos naturales y de las cabras Tratadas durante los primeros 110 días de lactancia con días largos artificiales

4.3. Proporción de cabras que ovularon en respuesta al efecto macho realizado a los 113 días de lactancia

En el grupo Testigo el 100% (17/17) de las cabras ovularon en respuesta a la introducción de los machos y este porcentaje no fue diferente del obtenido en las cabras del grupo Tratado (95.5%; 21/22; $P > 0.05$).

4.4. Condición corporal

Como se muestra en la siguiente figura 3, la condición corporal promedio ponderado durante todo el estudio no fue diferente entre la registrada en las cabras del grupo Testigo y la registrada en las cabras del grupo Tratado ($P > 0.05$).

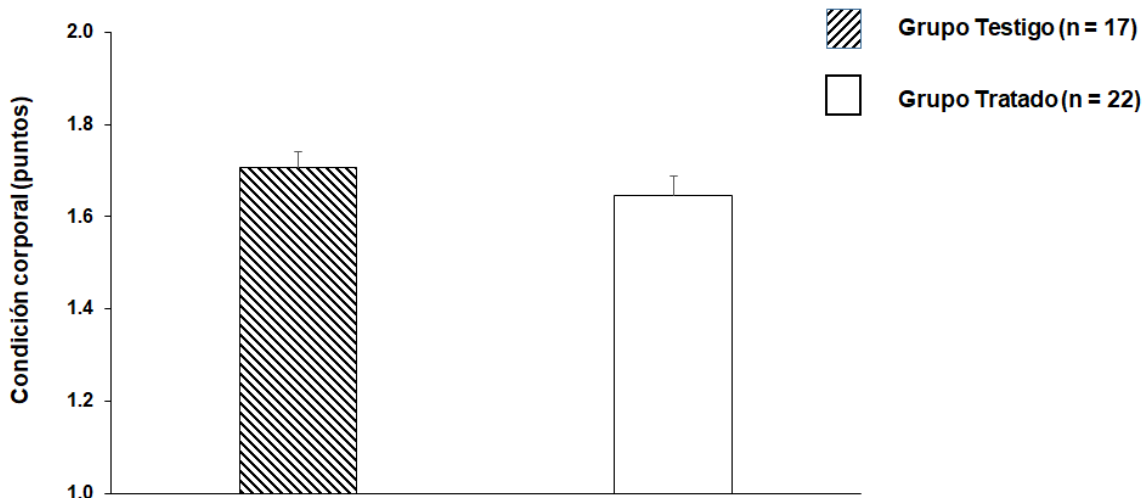


Figura 3. Condición corporal promedio ponderado (\pm EEP) de las cabras de ambos grupos durante todo el estudio. Las cabras Testigo fueron mantenidas bajo días cortos naturales y las cabras Tratadas se mantuvieron durante los primeros 110 días de lactancia con días largos artificiales.

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente tesis nos indican que en las cabras del subtrópico que inician su lactación durante los días cortos naturales, la exposición a días largos artificiales por tiempo prolongado, no impide la ovulación al final del tratamiento cuando son puestas en contacto con machos sexualmente activos.

Los presentes resultados demuestran que en las cabras subtropicales que paren durante los días cortos se puede aplicar días largos artificiales por más de 100 días con el objetivo de incrementar su producción de leche y que esta exposición prolongada no impide que las cabras puedan ovular por efecto macho al final del tratamiento luminoso. En otras palabras, se puede aprovechar el potencial lechero en estas cabras criollas durante los primeros 100 días de lactancia (cuyo pico ocurre en los primeros 60 días) e inducir la actividad sexual las hembras mediante el efecto macho al final del tratamiento luminoso.

Fue de esperarse que las cabras lactantes Testigo se encontraban en un estado anovulatorio debido a que al transcurrir los primeros 100 días de lactancia ello coincidió con la época del anestro estacional, el cual se presenta en estas cabras del mes de marzo al mes de agosto (Duarte et al., 2010). Por otro lado, el estado anovulatorio de las cabras sometidas a días largos se debió además de coincidir con el anestro estacional, precisamente a la percepción continua a dicho fotoperiodo. En efecto, se ha reportado previamente que al someter las cabras no lactantes a alternancias de 3 meses de días largos y 3 meses de días cortos artificiales, las cabras se mostraban consistentemente anovulatorias durante los días largos. De igual manera, en las ovejas y cabras que se encuentran en la

lactancia, también la exposición a días largos artificiales retardó el reinicio de la actividad ovárica comparado con las ovejas bajo un fotoperiodo artificial corto o un fotoperiodo natural decreciente (Bocquier et al., 1993; Faigl et al., 2011; Hernández et al., 2006). Sin embargo, en la presente tesis, la introducción de machos sexualmente activos indujo la ovulación de las cabras tratadas con días largos artificiales similar a las cabras que estaban en anestro estacional (Testigo).

Con referencia a la producción láctea, los resultados de la presente tesis concuerdan con lo reportado anteriormente en estas cabras criollas por otros autores, quienes al proporcionar un fotoperiodo de días largos artificiales (consistentes en 16 h luz/día) desde el otoño incrementaron en promedio un 18 a 20% la producción de leche en comparación con las cabras no expuestas (Flores et al., 2011; Flores et al., 2015; Hernández et al., 2016). Hay que tener en consideración que en el caso del presente trabajo los días largos consistieron de 14 horas de luz/día, es decir 2 horas menos en comparación a los estudios previos, lo cual posiblemente reduce en parte el costo de la energía utilizada para proporcionar el tratamiento luminoso. Al respecto, sería importante llevar a cabo un estudio en donde se contemple la relación costo-beneficio, con el fin de revelar si dicho tratamiento es costeable para los productores de caprinos.

Hasta hoy, se conoce que el efecto galactopoiético de los días largos artificiales se debe a que este fotoperiodo incrementa de manera importante los niveles plasmáticos del factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-I, por sus siglas en inglés) y que posiblemente en conjunto con mayores concentraciones de la prolactina (PRL), también incrementadas por el fotoperiodo largo (Peters et al.,

1978; Jin et al., 2013), estimulan esa mayor producción en los animales expuestos que en los no expuestos a dicho fotoperiodo.

CONCLUSIÓN

Los resultados de la presente tesis permiten concluir que en las cabras del subtropico que inician su lactación durante los días cortos naturales, la exposición a días largos artificiales por tiempo prolongado, incrementa la producción de leche y ello no impide la ovulación al final del tratamiento cuando son sometidas a efecto macho.

LITERATURA CITADA

Bedos M, Portillo W, Dubois JP, Duarte G, Flores JA, Chemineau P, Keller M, Paredes RG, Delgadillo JA. 2016. A high level of male sexual activity is necessary for the activation of the medial preoptic area and the arcuate nucleus during the "male effect" in anestrus goats. *Physiol. Behav.* 165:173–8.

Bocquier F, Kann G, Thimonier J. 1993. Effects of body composition variations on the duration of the postpartum anovulatory period in milked ewes submitted to two different photoperiods. *Reprod. Nutr. Dev.* 33: 395-403.

Bocquier F, Ligios S, Molle G, Casu S. 1997. Effets de la photopériode sur la production, la composition du lait et sur les consommations volontaires chez la brebis laitière, *Ann. Zootech.*, 46: 427-438.

Chemineau P, Lévy F, Thimonier J. 1986. Effects of anosmia on LH secretion, ovulation and oestrous behaviour induced by males in the anovular creole goat. *Anim. Reprod. Sci.* 10: 125–132.

Chemineau P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats - a review. *Livest. Prod. Sci.* 17: 135-147.

Dahl GE, Buchanan BA, Tucker HA. 2000. Photoperiodic effects on dairy cattle: A review. *J. Dairy Sci.* 83:885-893

Dahl GE, Petitclerc D. 2003. Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health. *J. Anim. Sci.* 81(Suppl. 3):11-17.

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 Mexico. *Theriogenology* 52: 727-737.

Delgadillo JA, Cortez ME, 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: 183-93.

Delgadillo JA, De la Torre-Villegas S, Arellano-Solis V, Duarte G, Malpoux B. 2011. Refractoriness to short and long days determines the end and onset of the breeding season in subtropical goats. *Theriogenology.* 76: 1146-1151.

Delgadillo JA, Flores JA, Hernández H, Poindron P, Keller M, Fitz-Rodríguez G, Duarte G, Vielma J, Fernández IG, Chemineau P. 2015. Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. *Horm. Behav.* 69:8–15.

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. Endocr.* 35:362-370.

Duarte G, Nava-Hernández MP, Malpaux B, Delgadillo JA. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science* 120: 65-70.

Faigl V, Keresztes M, Márton A, Fébel H, Kulcsár M, Nagy S, Cseh S, Solti L, Huszenicza G. 2011. Effect of season and photoperiod on the time of first postpartum ovulation in Awassi ewes. *Acta Vet. Hung.* 59: 497–510.

Flores JA, Véliz FG, Pérez-Villanueva JA, Martínez de la Escalera G, Chemineau P, Poindron P, Malpaux 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.* 62:1409–14.

Flores MJ, Delgadillo JA, Flores JA, Pastor FJ, Duarte G, Vielma J, Hernandez H. 2015. Artificial long days increase milk production in subtropical lactating goats managed under extensive grazing conditions. *J. Agric. Sci.* 153: 335-342.

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

Flores MJ, Flores JA, Elizundia JM, Mejía A, Delgadillo JA, Hernández H. 2011. Artificial long-day photoperiod in the subtropics increases milk production in goats giving birth in late autumn. *J. Anim. Sci.* 89: 856-862.

Gebbie FE, Forsyth IA, Arendt J. 1999. Effects of maintaining solstice light and temperature on reproductive activity, coat growth, plasma prolactin and melatonin in goats. *J. Reprod. Fert.* 116: 25-33.

Gómez-Brunet A, Santiago-Moreno J, Chemineau P, Malpaux B, López-Sebastian A. 2010. Melatonin secretion during postnatal development in wild and domestic female lambs. *Anim. Reprod. Sci.* 119: 24-30.

Gómez-Brunet G, Santiago-Moreno J, Toledano-Diaz A, López-Sebastián A. 2012. reproductive seasonality and its control in spanish sheep and goats. *Trop. Subtrop. Agro.* 15 suppl (1): s47-s70.

Hernández H, Flores JA, Delgadillo JA, Fernández IG, Flores MJ, Mejía A, Elizundia, JM, Bedos M, Ponce JL, Ramírez S. 2016. Effects of exposure to artificial long days on milk yield, maternal insuline-like growth factor 1 levels and kid growth rate in subtropical goats. *Anim. Sci. J.* 87: 484-491.

Howles CM, Craington J, Haynes NB. 1982. Long term rhythms of testicular volume and plasma prolactin concentrations in rams reared for three years in constant photoperiod. *J. Reprod. Fertil.* 65: 439-446.

IFCN. Dairy Report (Red Internacional de Comparación de Granjas). 2012. IFCN Dairy research center. Schauenburger Straße. Kiel, Germany.

- Jin J, Yaegashi T, Hashizume T. 2013. Effects of photoperiod on the secretion of growth hormone and prolactin during nighttime in female goats. *Anim. Sci. J.* 84: 130–135.
- Karsch FJ, Robinson JE, Woodfill CJI, Brown MB. 1989. Circannual cycles of luteinizing hormone and prolactin secretion in ewes during prolonged exposure to a fixed photoperiod: Evidence for an endogenous reproductive rhythm. *Biol. Reprod.* 41: 1034-1046.
- Kendall PE, Auchtung TL, Swanson KS, Radcliff RP, Lucy MC, Drackley JK, Dahl G.E. 2003. Effect of photoperiod on hepatic growth hormone receptor 1A expression in steer calves. *J. Anim. Sci.* 81:1440-1446.
- Kilkenny C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M, Altman DG. 2010. Animal research: reporting in vivo. *PLoS Biol.* 8, e1000412.
- Legan, S. J., Karsch, F. J. 1979. Neuroendocrine regulation of the estrus cycle and season breeding in the ewe. *Biol. Reprod.* 20: 74-85.
- Lincoln GA, Almeida O F.X. 1981. Photoperiodism and Reproduction in Vertebrates, R. Ortavant et al., Eds. (Institut National de la Recherche Agronomique, Versailles, France, 1981), pp. 231-251.
- Maeda KI, Mori Y, Kano Y. 1988. Involvement of melatonin in the seasonal changes of the gonadal function and prolactin secretion in female goats. *Reprod. Nutr. Dev.* 28: 487-497.
- 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.* 158:137–42.
- Peters RR, Tucker HA. 1978. Prolactin and growth hormone responses to photoperiod in heifers. *Endocrinology.* 103:229–234.
- Poindron P, Cognié Y, Gayarie F, Orgeur P, Oldham CM, Ravault JP. 1980. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol. Behav.* 25: 227-237.
- Restall BJ. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27: 305–318.
- Rivera GM, Alanis GA, Chaves MA, Ferrero SB, Morello HH. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in creole goats of Argentina. *Small Rumin. Res.* 48: 109–117.
- Sáenz-Escárcega P, Hoyos FGL, Salinas GH, Martínez DM, Espinoza AJ de J, Guerrero BA, Contreras GE. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. In: Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. SARH. INIFAP. CIID. Matamoros, Coahuila, México. pp. 24–34.

SAGARPA (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 August 2011.

SIAP. (Sistema de información agroalimentaria y pesquera), 2015. SAGARPA. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. www.siap.gob.mx/opt/poblaganad/caprino.pdf (12/05/2017).

Tripathi MK. 2015. Comforts in quality and production of goat milk. J. Adv. Dairy Res. 3: 1-2.

Ungerfeld R, Forsberg M, Rubianes E. 2004. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:479-90

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