

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS**



Efecto del sistema de producción y la baja condición corporal de los machos
cabríos foto-estimulados en su habilidad para inducir la actividad estral y ovárica
en las cabras anéstricas

Por:

David Eduardo Holguin Lozoya

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2025

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS**

Efecto del sistema de producción y la baja condición corporal de los machos
cabríos foto-estimulados en su habilidad para inducir la actividad estral y ovárica en las cabras
anéstricas

Por:

David Eduardo Holguin Lozoya

TESIS

**Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dr. José Alfredo Flores Cabrera
Presidente

Dr. Horacio Hernández Hernández
Vocal

Dra. Ilda Graciela Fernández García
Vocal

Dr. Juan Carlos Martínez Alfaro
Vocal Suplente

MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2025



COORDINACIÓN DE LA
DIVISIÓN REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS**

Efecto del sistema de producción y la baja condición corporal de los machos cabríos foto-estimulados en su habilidad para inducir la actividad estral y ovárica en las cabras anéstricas

Por:

David Eduardo Holguin Lozoya

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

DR. José Alfredo Flores Cabrera
Asesor Principal

Dr. Horacio Hernández Hernández
Coasesor

Dra. Ilda G. Fernández García
Coasesor

MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



COORDINACIÓN DE
DIVISIÓN REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2025

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios. Por la vida que me ha dado a mí y a mi familia, por bendecirme con salud amor y oportunidades.

Agradezco a mi madre Rosalina Lozoya Ramos. Gracias por creer en mí y por apoyarme en cada paso de mi vida.

A mis padrinos María Ausencia Lozoya Ramos, Martin Andrés Campuzano Medrano. Por su amor apoyo y guía a lo largo de mi vida.

A mi novia Victoria Julieta Castro Fonseca. Quiero agradecerte por estar siempre ahí para mí, por escucharme y hacerme reír.

A mi primo Javier Alonso Campuzano Lozoya. Quiero agradecerte por ser un ejemplo a seguir, por inspirarme y por estar siempre dispuesto a ayudar.

Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera quien me ha apoyado para realizar este trabajo de investigación siendo el mi asesor.

Dr. Horacio Hernández Hernández. por colaborar en este trabajo de investigación.

A cada uno de mis maestros presentes en la carrera.

A MI ALMA TERRA MATER UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIO ANTONIO NARRO UL. Por acogerme en sus instalaciones haciéndome sentir en casa.

Al personal del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA). Por el apoyo brindado para este trabajo.

DEDICATORIA

A mi madre, Rosalina Lozoya Ramos por su gran amor a sus hijos.

A mis Padrinos quienes siempre me han brindado su apoyo

A mi Novia Vicky por siempre estar conmigo

A mi primo Javier por todos sus consejos

A mis hermanos que son mi sangre y mi corazón

A mis amigos Gael, Rodolfo, Iván, Cipriano, Antonio, Roció quienes me han apoyado en momentos difíciles

Dr. José Alfredo Flores Cabrera por la atención y apoyo brindado.

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue determinar si los machos cabríos con baja condición corporal y tratados con días largos (DL) artificiales el sistema de explotación afecta su habilidad para estimular la actividad sexual de las cabras anestriadas a través del efecto macho. Cinco machos cabríos fueron alojados en un rebaño privado bajo un sistema de manejo extensivo y durante todo el estudio se alimentaron únicamente con la vegetación disponible en las zonas de pastoreo. Otro grupo de 5 machos fue alojado en instalaciones abiertas bajo un sistema de manejo intensivo y los animales fueron alimentados durante el estudio con alfalfa y concentrado comercial. Los dos grupos recibieron un tratamiento de días largos artificiales (DL) de 16 horas/luz/día del 15 de noviembre al 15 de enero. En marzo, los machos de los dos grupos fueron puestos en contacto con hembras anoculatorias para estimular su actividad sexual mediante el efecto macho. Un grupo de cabras ($n=49$) fue puesto en contacto con 2 machos tratados con DL en condiciones extensivas. Otro grupo de hembras ($n=50$) fue estimulado con 2 machos tratados con DL en condiciones de manejo intensivo. La conducta estral de las hembras se determinó cada 12 hs durante 15 días. La actividad ovulatoria (% de hembras que ovularon y tasa ovulatoria) se determinó al día 18 después de la introducción de los machos mediante ecografías transrectales. El porcentaje de hembras en estro no difirió entre las hembras estimuladas con machos tratados en condiciones extensivas o intensivas (95% en ambos grupos; $P>0.05$). El porcentaje de hembras que ovularon y la tasa ovulatoria tampoco fueron diferentes entre los dos grupos ($P>0.05$). Se concluye que los machos tratados DL en condiciones extensivas son capaces de inducir la actividad sexual de las cabras anestriadas mediante el efecto.

Palabras clave: Machos cabríos, Días largos, Sistema extensivo, Condición corporal, Actividad sexual

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS	3
HIPÓTESIS.....	3
REVISION DE LITERATURA	4
2. Papel del fotoperiodo sobre la estacionalidad reproductiva en los caprinos .	4
3. Tratamientos fotoperiódicos como método de inducción de la actividad sexual del macho cabrío	5
4.2. Sistema de producción predominante en la Comarca Lagunera	7
MATERIALES Y METODOS.....	11
1. Condiciones generales del estudio	11
2. Animales experimentales utilizados en el estudio	11
3. Variables evaluadas en los machos cabríos.....	12
RESULTADOS	14
DISCUSIÓN	17
CONCLUSIONES.....	19
LITERATURA CITADA.....	20

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Condición corporal de los machos cabríos estimulados en condiciones de manejo intensivo (●) y de los machos estimulados en condiciones extensivas (○).

** Indica diferencia estadística significativa ($P<0.01$). 14

Figura 2 Proporción diaria de hembras que manifestaron conducta estral tras el contacto con machos estimulados con DL bajo condiciones de manejo intensivo (○) y extensivo (●). 15

INTRODUCCION

En la reproducción de los mamíferos, el medio ambiente (alimento, temperatura, lluvia, fotoperiodo y relaciones socio-sexuales) interactúan con el potencial genético de los individuos, determinando la duración y las épocas del año más adecuados para la reproducción (Chemineau, 1992). En México se explotan aproximadamente 9 millones de caprinos, predomina el ganado Criollo y la mayoría (90%) se explotan en condiciones extensivas en las regiones áridas y semiáridas de México (Delgadillo *et al.*, 2017). En este sistema de producción extensivo predominante en el país, los animales generalmente pastan por la mañana y tarde consumiendo únicamente la vegetación natural disponible sin recibir alimentos complementarios. Por la noche, permanecen en corrales al aire libre cerca de la casa de los caprinocultores. Los machos y las hembras permanecen juntos durante todo el año y las hembras se utilizan para producir leche y cabritos. En la Comarca Lagunera, una de las mayores productoras de leche y cabrito, la principal limitante en la producción caprina es la marcada estacionalidad reproductiva que manifiestan tanto machos como hembras (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2008). Durante los últimos 25 años, se han desarrollado técnicas de control reproductivo para contrarrestar esta estacionalidad reproductiva de los caprinos. Algunas de estas técnicas involucran el uso de hormonas exógenas, lo que conlleva un alto costo y necesidad de asistencia técnica, lo cual resulta inaccesibles para la mayoría de los caprinocultores. Otros métodos se basan en la manipulación del número de horas luz que los animales perciben diariamente. Por ejemplo, se puede inducir la actividad sexual de los machos durante el periodo de reposo sexual al exponerlos en el otoño e invierno (días cortos naturales) a 16 horas luz por día (días largos artificiales durante dos meses y medio; Delgadillo *et al.*, 2002; 2009). Los machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a este tratamiento fotoperiódico, mejoran la calidad de sus señales (olor y comportamiento sexual) Posteriormente estos machos sirven de estímulo sexual para inducir la actividad sexual de las hembras mediante un fenómeno llamado efecto macho (Flores *et al.*,

2000). Durante muchos años se ha demostrado la efectividad de este tratamiento para inducir fuera de la época natural la actividad sexual de los caprinos. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre la inducción de la actividad sexual con días largos han sido realizados en animales estabulados bien alimentados y no se conoce la respuesta de los machos en condiciones extensivas y que por las características del sistema de explotación, registran una baja condición corporal en esa época del año. Tampoco se conoce si los machos tratados en esas condiciones son capaces de estimular la actividad sexual de las cabras mediante el efecto macho. Por ello, el objetivo de esta tesis fue determinar si la baja condición corporal en los machos cabríos foto-estimulados en condiciones extensivas afecta su capacidad para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias.

OBJETIVOS

Determinar si el sistema de producción (intensivo o extensivo) influye en la habilidad de los machos tratados con días largos artificiales para inducir la actividad sexual de las cabras mediante el efecto macho.

Determinar si la condición corporal de los machos cabríos foto-estimulados influye en su capacidad para estimular la actividad estral y ovulatoria de las hembras caprinas anovulatorias.

HIPÓTESIS

En los machos cabríos con baja condición corporal y tratados con días largos artificiales en condiciones extensivas el sistema de explotación no influye negativamente en su habilidad para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho.

REVISION DE LITERATURA

1. Reproducción estacional en caprinos

Diferentes especies de animales mamíferos, a lo largo de su evolución, han desarrollado la estacionalidad reproductiva; es decir, el cese de la actividad reproductiva durante un periodo del año (Bronson, 1985), esto como estrategia para hacer frente a las variaciones climáticas y de alimento a lo largo del año. El objetivo de estas adaptaciones es tratar así de asegurar el mayor índice de sobrevivencia de sus crías (Lincoln y Short, 1980; Malpaux *et al.*, 2006).

En el caso particular de las hembras caprinas locales de la Región Lagunera (26° latitud Norte), la estación reproductiva es manifestada durante los meses de agosto a febrero. (Duarte *et al.*, 2008). Durante este periodo las hembras caprinas presentan en promedio cada 21 días, estros y ovulaciones (Chemineau *et al.*, 1992; Duarte *et al.*, 2008). En contraste, el anestro estacional ocurre durante la primavera y verano, entre los meses de marzo y julio (Duarte *et al.*, 2008). Los machos cabríos locales de esta misma región presentan una intensa actividad sexual de mayo a diciembre y se caracteriza por que las concentraciones plasmáticas de testosterona son elevadas, presentan un intenso comportamiento sexual, un elevado olor sexual, un elevado peso testicular y una elevada producción espermática. En cambio, en el periodo de reposo el cual ocurre de enero a abril, estas mismas variables disminuyen marcadamente (Delgadillo *et al.*, 1999).

2. Papel del fotoperiodo sobre la estacionalidad reproductiva en los caprinos

En estas razas caprinas que son explotadas en el norte de México, la estacionalidad reproductiva es controlada por el fotoperiodo (Malpaux *et al.*, 1997; Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). En las razas caprinas originarias de latitudes templadas, y en algunas razas adaptadas a latitudes subtropicales, la

actividad sexual se manifiesta durante los días decrecientes. En estas razas, la estación sexual inicia durante los días decrecientes de otoño y termina durante los días crecientes del invierno (Delgadillo, 2005). Por lo anterior, son clasificadas como razas estacionales de días cortos ya que estos estimulan la actividad ovulatoria, mientras que los días largos la inhiben (Duarte *et al.*, 2010).

La variación anual en el fotoperíodo regula la secreción de la hormona melatonina, hormona responsable de la sincronización del ritmo anual de reproducción. El estímulo lumínico es recibido por la retina, para posteriormente ser transmitido hasta la glándula pineal, la cual se caracteriza por presentar un patrón de secreción nocturno, es decir, durante los períodos de oscuridad. Una mayor duración en la secreción de melatonina es traducida como un día corto, mientras que una menor duración de secreción de esta hormona es traducida como un día largo (Malpaux *et al.*, 1997). La función de la melatonina es modular la secreción del GnRH, que a su vez controla la secreción de la LH y la FSH. Estas últimas hormonas regulan finalmente los cambios hormonales, morfológicos y de comportamiento tanto en hembras como en machos.

En los pequeños rumiantes, como los ovinos y caprinos, la melatonina y la manipulación del fotoperíodo pueden utilizarse como herramienta para controlar su actividad sexual (Delgadillo *et al.*, 2008).

3. Tratamientos fotoperiódicos como método de inducción de la actividad sexual del macho cabrío

Cuando los machos son sometidos a cambios rápidos en el fotoperíodo, los días largos inhiben la actividad sexual, mientras que los días cortos la estimulan (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). Con base en lo anterior, se ha comprobado que la actividad sexual de los machos cabríos puede estimularse durante el periodo estacional de reposo sexual, al ser sometidos a un tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la exposición a condiciones fotoperiódicas naturales. Este tratamiento lumínico estimula durante el

periodo de reposo sexual natural una elevación de las concentraciones plasmáticas de testosterona, y por lo tanto del olor y la intensidad del comportamiento sexual. Sin embargo, este tratamiento lumínico no tiene un efecto permanente, es decir, los animales sometidos a este tratamiento no permanecen sexualmente activos durante todo el año y su efectos se mantienen en promedio 2 meses (Delgadillo *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2015). Con relación a esto, se ha demostrado que es necesaria la alternancia de días largos y días cortos para manipular la actividad sexual de los animales si se utilizan tratamientos fotoperiódicos (Chemineau *et al.*, 1992). Por ejemplo, en los machos ovinos de las razas Merino y Suffolk que fueron mantenidos bajo un fotoperíodo de equinoccio (12 hs de luz/día) durante dos años consecutivos, la circunferencia testicular presentó variaciones similares a las observadas en los animales mantenidos en condiciones de fotoperíodo natural (Martin *et al.*, 1999). En el caso de machos cabríos de las razas Alpina y Saanen, la exposición a dos meses de días largos a partir de diciembre o enero seguidos de la aplicación de melatonina, inducen una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo (Chemineau *et al.*, 1999).

4. Relación sistema de producción y actividad sexual de los caprinos

4.1 Sistema de producción intensivo

El sistema de producción intensivo puede ser de dos tipos: el sistema intensivo de manejo estabulado y sin pastoreo y el sistema intensivo de tipo pastoril. En el sistema intensivo de tipo pastoril se asociaión praderas artificiales, lo que requiere de habilidad y conocimiento del productor respecto a rotación de potreros y carga animal de acuerdo con el rendimiento de la pastura (García *et al.*, 1991). Los sistemas intensivos estabulados son aquellos donde los animales se encuentran confinados la mayor parte del tiempo y dado su alto costo de producción

son sistemas especializados, ya sea en la producción de leche de cabra o de engorda de corderos para la producción de carne (Salinas y Martínez, 1988). Estos sistemas se localizan en regiones como la Comarca Lagunera, Guanajuato y Querétaro (FIRA, 1999).

4.1.1. Sistema extensivo

Los sistemas extensivos son aquellos sistemas donde los pequeños rumiantes obtienen su alimento de áreas de agostadero de gran extensión y para realizarlo recorren diariamente grandes distancias. Cuando la condición ecológica es benigna y existe diversidad en la composición botánica, se logra un buen balance de la dieta. Sin embargo, en regiones áridas y semiáridas de Norte de México existe mucha variabilidad en cuanto a la composición del agostadero y en las diferentes épocas del año (Echavarría *et al.*, 2006).

4.2. Sistema de producción predominante en la Comarca Lagunera

En el norte de México, como en otras regiones áridas y semiáridas del mundo, la mayoría de los machos y hembras caprinos son explotados en condiciones extensivas (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Los animales generalmente pastan de 10:00 a 18:00 hrs y consumen únicamente la vegetación natural disponible sin que se les proporciona algún alimento extra o suplementación. Por la noche, los animales permanecen en corrales al aire libre cerca de la casa de los caprinocultores. En este sistema de producción extensivo, los machos y las hembras permanecen juntos durante todo el año; las hembras se usan para producir leche y carne. Las crías son amamantadas por sus madres y son destetados y vendidos aproximadamente a las cuatro semanas de edad. Debido a que las hembras y los machos permanecen juntos en el rebaño, no hay control de la reproducción. En este sistema de producción, la mayoría de las fecundaciones ocurren durante el verano (junio-septiembre), lo que lleva al nacimiento de las crías en otoño e invierno (noviembre-febrero; Delgadillo *et al.*, 2017).

En este sistema de producción, la temporada de partos no es la mejor para la producción de leche y carne, así como para la supervivencia de los crías. Esto se debe al menos a tres razones: (a) los partos coinciden con el inicio de la época de sequía, lo que conlleva una reducción dramática de la disponibilidad de alimentos para las madres, lo anterior provoca una baja producción de leche tanto para las crías como para las industrias lácteas; (b) existe una amplia variación diaria de las temperaturas ambientales (5° - 30° C), lo que aumenta la mortalidad de las crías hasta en un 50% principalmente por problemas respiratorios (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991); y, (c) existe una reducción drástica del precio de los cabritos a partir de diciembre debido al aumento de la alta disponibilidad de los mismos.

5. Estimulación de la actividad sexual de las cabras durante el periodo de anestro estacional

Durante el periodo de anestro estacional, la introducción de un macho en un grupo de hembras anovulatorias estimula su actividad reproductiva en pocos días. Esta técnica de inducción ha sido ampliamente documentada en la literatura científica y es conocida como “efecto macho” (Chemineau, 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2009). Cuando una hembra se pone en contacto con machos, se registra un incremento casi inmediato en las concentraciones plasmáticas de LH. En pocos días después de la introducción de los machos ovulan alrededor del 90% de las cabras. Sin embargo, esta primera ovulación es asociada con comportamiento de estro únicamente en el 62% de las hembras. La mayoría de ellas (alrededor del 75%) experimenta un ciclo ovárico corto y vuelve a ovular 6 días después de la primera ovulación. Si no quedan gestantes, ovulan por tercera ocasión 21 días después. El resto de las cabras (25%) experimentan un ciclo normal después de la primera ovulación y, si no quedan gestantes, vuelven a ovular 21 días después de la primera ovulación. Se ha reportado en varios estudios que después de la primera ovulación todas las siguientes ovulaciones son asociadas con el comportamiento estral (Chemineau, 1987; Flores *et al.*, 2000; Vielma *et al.*, 2009; Bedos *et al.*, 2014).

La respuesta de las hembras al efecto macho varía con la intensidad del comportamiento sexual de los machos. Cuando los machos son sometidos a un tratamiento de días largos artificiales inducen el estro y ovulación en una proporción mayor de cabras que los machos no tratados, que se encuentran en reposo sexual (Delgadillo et al., 2002; Muñoz et al., 2016: Bedos et al., 2010). De igual manera, en ovinos, un mayor porcentaje de hembras ovula (95%) cuando son expuestas a machos que despliegan un intenso comportamiento sexual, que cuando se exponen a machos que despliegan débil comportamiento sexual (78%: Perkins y Fitzgerald, 1994).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se mencionó en capítulos anteriores, dos meses y medio de días largos artificiales (16 horas luz), estimulan la actividad sexual de los machos durante la época natural de reposo (marzo-abril; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2014). Estos machos foto-estimulados pueden ser utilizados 2 meses después de terminado el tratamiento fotoperiodico para estimular mediante el efecto macho la actividad sexual de las cabras durante el anestro estacional (marzo-abril). La mayoría de los caprinos del norte de México son explotados en un sistema de producción extensivo donde se alimentan principalmente de la vegetación nativa de los agostaderos. En estos sistemas de producción, la cantidad y calidad de los pastos disminuye drásticamente entre noviembre y mayo debido a la falta de lluvia (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). La reducción de la disponibilidad de alimento en estos meses provoca una subalimentación de los animales, principalmente entre noviembre y mayo. Esa época coincide con los meses en los cuales se aplica el tratamiento fotoperiódico de los machos y esto podría afectar su respuesta sexual a al tratamiento fotoperiodico y a su capacidad para estimular las hembras mediante el efecto macho. Por ello, el objetivo de este estudio es determinar si la baja condición corporal en los machos cabríos foto-estimulados en condiciones extensivas afecta su capacidad para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias.

MATERIALES Y METODOS

1. Condiciones generales del estudio

El presente estudio se realizó en Torreón, Coahuila en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Además, se trabajó en el Ejido Santo Tomás, Municipio de Matamoros, Coahuila. Ambas localidades se encuentran en la Comarca Lagunera (latitud 26° N). Esta región tiene un clima seco, semiárido, y con una precipitación media anual de 200 mm (rango: 163-504 mm). La estación de lluvias ocurre generalmente de mayo-junio a septiembre-octubre, con una amplia variabilidad entre años (CONAGUA, 2016). La variación en el fotoperiodo en esta región oscila entre 13:41 horas luz durante el solsticio de verano y 10:19 horas luz durante el solsticio de invierno.

2. Animales experimentales utilizados en el estudio

2.2. Machos cabríos y tratamiento fotoperiodico

Se utilizaron 10 machos cabríos Criollos adultos, los cuales fueron distribuidos homogéneamente en 2 grupos. Un grupo de machos cabríos (Grupo Intensivo: n=5), fue mantenido en condiciones intensivas. Para ello, los animales fueron alojados en un corral al aire libre y alimentados durante todo el estudio con heno de alfalfa a libre acceso y 300 g de concentrado comercial (14% de P.C) por día /animal. Además, tenían siempre libre acceso a agua limpia y sales minerales.

El otro grupo de machos (Grupo Extensivo; n=6) se mantuvo en condiciones extensivas en un rebaño privado. Los machos salían diariamente a pastar junto con el resto del rebaño de 10:00 a 17:00 horas y consumían únicamente la vegetación disponible en las áreas de pastoreo. Durante la noche, los animales eran separados

en un corral apartado del resto del rebaño, en donde recibieron un tratamiento fotoperiódico.

Los dos grupos de machos recibieron el tratamiento fotoperiódico de 16 h de luz por día, combinando para ello, la luz natural y artificial. El tratamiento se proporcionó del 1 de noviembre al 15 de enero (Delgadillo et al., 2002).

2.2 Hembras experimentales y efecto macho

Se utilizaron 99 cabras Criollas adultas multíparas, las cuales fueron divididas en 2 grupos homogéneos con base a su condición corporal. Un grupo de hembras ($n=49$; condición corporal = 2.5 ± 0.2) fue puesto en contacto con 4 machos cabríos tratados y mantenidos en condiciones extensivas. Otro grupo de hembras ($n=50$; condición corporal = 2.5 ± 0.7) fue puesto en contacto con 4 machos cabríos tratados y mantenidos en condiciones intensivas.

3. Variables evaluadas en los machos cabríos

3.1. Condición corporal

Esta variable fue determinada cada dos semanas a partir del 15 de noviembre y hasta el 30 de marzo. Para determinar la condición corporal se utilizó la técnica descrita previamente por Walkden-Brown *et al.* (1994), la cual determina a través de a palpación de la región lumbar, la cantidad de tejido graso y muscular del animal. La escala de valores para esta técnica varía de 1 (extremadamente flaco) al 4 (obeso), con una precisión de 0.5.

4. Variables evaluadas en las hembras caprinas

4.1. Actividad estral

La actividad estral de las hembras fue registrada dos veces al día (08:00-09:00 y 18:00-19:00) durante 14 días. Una hembra fue considerada en estro cuando al ser montada por el macho ésta permanecía inmóvil (Chemineau *et al.*, 1992).

4.2. Actividad ovulatoria

El porcentaje de hembras que ovularon en cada grupo fue determinado mediante dos ecografías transrectales los días 6 y 18 después de la introducción de los machos. Para ello, se utilizó un equipo de ultrasonido marca ALOKA con un transductor de 7.5 Mhz. El criterio para determinar si una hembra ha ovulado fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en cualquiera de los ovarios al momento de realizar las ecografías.

5. Análisis estadísticos de los resultados

La condición corporal de los machos y la tasa ovulatoria de las hembras fueron comparados mediante la prueba U de Mann-Whitney. Los porcentajes de hembras en estro y que ovularon se analizaron con una prueba de Chi-cuadrada. En todas las comparaciones estadísticas se utilizó el programa estadístico SYSTAT Ver. 10.

RESULTADOS

Condición corporal de los machos cabríos

En la Figura 1, se muestra la condición corporal durante todo el estudio de los machos cabríos estimulados con DL artificiales en condiciones de manejo intensivas o en condiciones extensivas. Del inicio del estudio (1 de noviembre) al 30 de diciembre, la condición corporal de los machos del grupo intensivo y del grupo extensivo fue similar ($P>0.05$). Sin embargo, a partir del 15 de enero, la evolución de la condición corporal en el grupo intensivo fue mayor a la registrada en los machos alojados en condiciones de manejo extensivo y esa diferencia entre los dos grupos se mantuvo hasta el final del estudio ($P<0.05$).

Condición Corporal

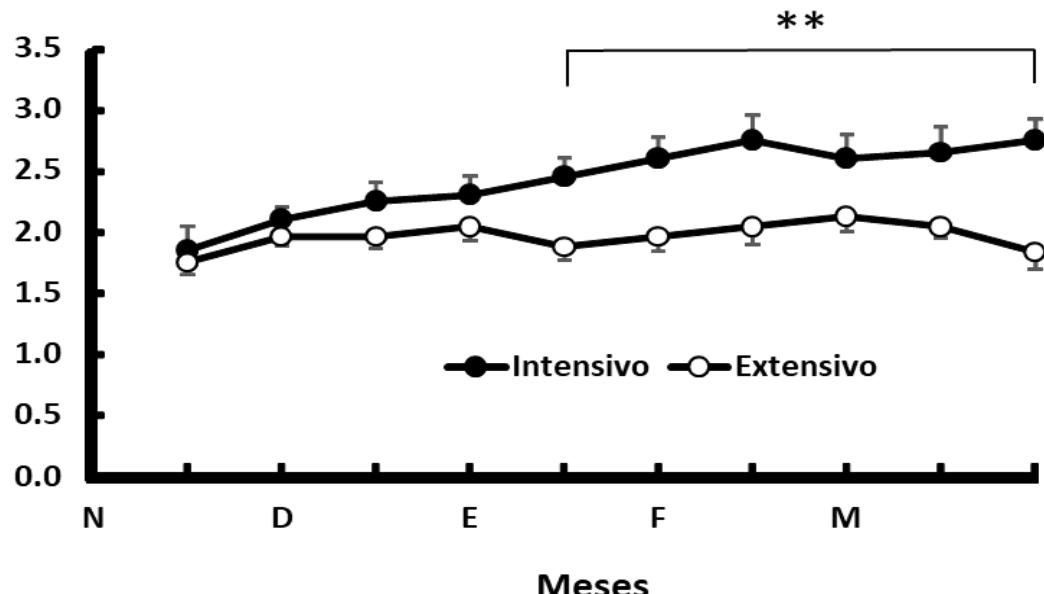


Figura 1 Condición corporal de los machos cabríos estimulados en condiciones de manejo intensivo (●) y de los machos estimulados en condiciones extensivas (○). ** Indica diferencia estadística significativa ($P<0.01$).

2. Respuesta estral de las hembras caprinas expuesta al efecto macho

La proporción de hembras que manifestaron comportamiento estral al menos una vez durante el estudio no fue diferente entre las cabras expuestas a machos estimulados con DL en condiciones de manejo extensivas o machos estimulados con DL y mantenidos en condiciones intensivas ($P > 0.05$).

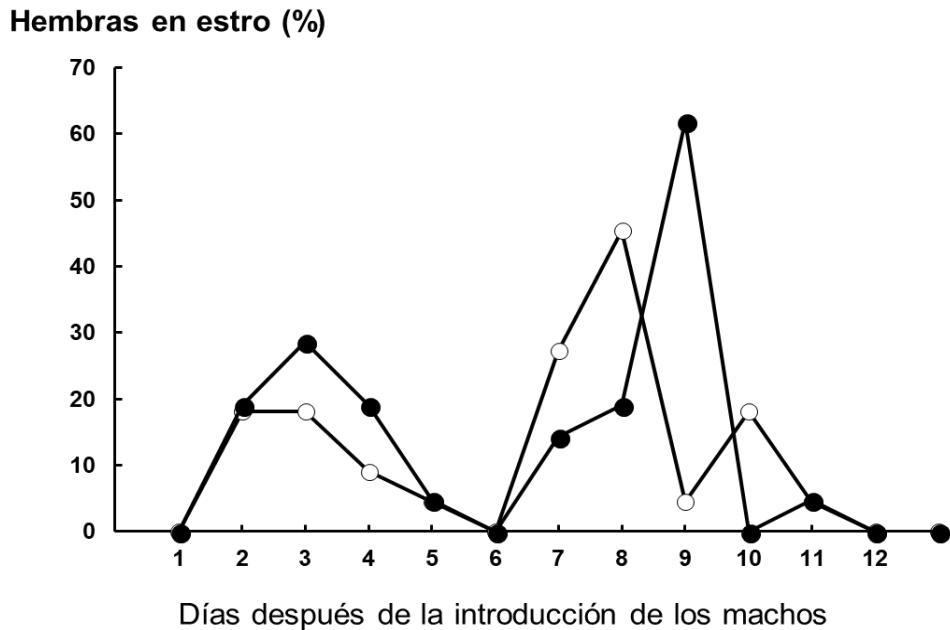


Figura 2 Proporción diaria de hembras que manifestaron conducta estral tras el contacto con machos estimulados con DL bajo condiciones de manejo intensivo (O) y extensivo (●).

3. Respuesta ovulatoria de las hembras caprinas sometidas al efecto macho

El porcentaje de hembras que presentaron actividad ovárica al estar en contacto con machos estimulados bajo manejo extensivo (98 %) no fue diferente respecto al observado en las hembras expuestas a machos tratados con DL en condiciones de manejo intensivo (100 %; $P > 0.05$). De forma similar, la tasa ovulatoria de las hembras expuestas a machos tratados con DL en manejo

extensivo (1.6 ± 0.13) fue similar con la registrada en aquellas que estuvieron con machos tratados bajo condiciones intensivas (1.7 ± 0.12 ; $P > 0.05$).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que los machos cabríos tratados con días largos en condiciones de manejo extensivo registran una menor condición corporal que los machos tratados en condiciones intensivas, sin embargo, responden positivamente al tratamiento fotoperiódico y son capaces de estimular la actividad sexual de las hembras anéstricas durante el periodo de rasposo sexual natural.

Los resultados encontrados en el presente trabajo con respecto a la respuesta de los machos tratados en condiciones extensivas coinciden con la mayoría los estudios realizados anteriormente en la Comarca Lagunera donde se utiliza el tratamiento de días largos artificiales seguidos o no de aplicación de melatonina, para inducir la actividad sexual de los machos cabríos durante el periodo de reposo sexual natural (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Luna-Orozco *et al.*, 2008; Ponce *et al.*, 2014). En todos esos estudios reportados, los machos tratados con días largos artificiales responden al tratamiento fotoperiódico registrando, 2 meses después de terminado el tratamiento, un incremento en las concentraciones de testosterona, un crecimiento del volumen testicular, un incremento notable en la intensidad del olor y un marcado incremento en las conductas sexuales durante el periodo de reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2014).

Los machos mantenidos en condiciones extensivas y tratados con días largos artificiales mantuvieron una baja condición corporal durante todo el estudio (noviembre a marzo). Estos resultados eran de esperarse, ya que probablemente la cantidad de alimento que consumían en el campo alcanzaba únicamente para los requerimientos de mantenimiento de dichos machos. Por el contrario, a los machos mantenidos en condiciones intensivas se les proporcionó alfalfa, además de 200 gr. de concentrado comercial por día y por animal. Al respecto, existen estudios que demuestran que los machos subalimentados, que no cubren sus requerimientos

nutricionales ni en cantidad ni en calidad, el peso corporal se ve disminuido y esto se refleja también en su condición corporal, ya que cuando los requerimientos nutricionales básicos no logran ser cubiertos, comienzan a utilizar sus reservas corporales, con la consecuente pérdida de peso y bajas en la condición corporal y esto se ve reflejado en un bajo rendimiento productivo y reproductivo (Birkelo *et al.*, 1991; Ramírez-Pérez *et al.*, 2000; Gómez-Pasten *et al.*, 2000). Sin embargo, en nuestro estudio a pesar de la baja condición corporal, estos machos exhibieron un incremento en su actividad sexual en respuesta al tratamiento fotoperiodico al cual fueron sometidos. Este incremento en la actividad sexual se vio reflejado en su capacidad para inducir la actividad sexual de las cabras cuando fueron expuestos a ellas.

Finalmente, los resultados del presente estudio demuestran que los machos tratados en condiciones extensivas aun cuando se encuentran en una condición corporal baja, tienen la capacidad responder al tratamiento fotoperiódico y son capaces de inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho. Lo anterior demuestra que el fotoperiodo es un factor muy importante en la regulación de la actividad sexual de estas especies estacionales y es probable que en estos machos, tenga una influencia mayor que la alimentación sobre la actividad sexual, así como se propuso para las razas originarias de las zonas templadas (Malpaux *et al.*, 1997).

CONCLUSIONES

Se concluye que los machos tratados DL en condiciones extensivas son capaces de inducir la actividad sexual de las cabras anéstricas mediante el efecto.

LITERATURA CITADA

Andrade-Montemayor, 2017. Producción de caprino en México. *Tierras Caprino.* 18:24-27.

Araya, J., Bedos, M., Duarte, G., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P., Delgadillo, J.A., 2016. Maintaining bucks over 35 days after a male effect improves pregnancy rate in goats. *Animal Production Science* 57:2066–2071.

Arendt, J. 1998. Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Reviews of Reproduction.* 3: 13-22.

Aréchiga, C.F.; Aguilera, J.I.; Rincón, R.M.; Méndez de Lara, S.; Bañuelos, V.R.; Meza-Herrera, C.A. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 1(9). 1-14.

Bedos, M., Flores, J.A., Fitz-Rodriguez, G., Keller, M., Malpaux, B., Poindron, P., Delgadillo, J.A. 2010. For hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrous goats. *Hormones and Behavior.* 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. *Physiology and Behavior.* 106: 259–263.

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. *Domestic Animal Endocrinology.* 48, 93–99.

Bronson, F.H. (1985). Mammalian reproduction: An ecological perspective. *Biology of Reproduction.* 32: 1-26.

Cantú, R.E., Colín, N.M., Contreras, M., García, J. 1989. Estudios sobre la estacionalidad reproductiva de los machos caprinos de las razas Saanen y Alpina. En: *Memorias de la V Reunión Nacional sobre Caprinocultura.* Zacatecas, México. p.67.

Chasles, M., Chesneau, D., Moussu, C., Delgadillo, J.A., Chemineau, P., Keller, M. 2016. Sexually active bucks are efficient to stimulate female ovulatory activity during

the anestrous season also under temperate latitudes. Animal Reproduction Science. 168:86–91.

Chesneau, D., Guillaume, D., Chemineau, P., Malpaux, B. 2017. Continuous light after 2 months of long days stimulates ram testis volume and increases fertility in spring. Animal. 11:1189-1195.

Chemineau, P., Pelletier, J., Guérin, Y., Colas, G., Ravault, J.-P., Touré, G., Almeida, G., Thimonier, J., Ortavant, R. 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. Reproduction, Nutrition and Development. 28:409–422.

Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, J.A. 1992. Seasonality of oestrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. Small Ruminant Research. 8:299-312.

Chemineau, p., Daveau, A., Cognié, Y., Aumont, G., Chesneau, D., 2004. Seasonal ovulatory activity exists in tropical Creole female goats and Black Belly ewes subjected to a temperate photoperiod. BMC Physiology. 4:1-12.

Delgadillo, J. A., Leboeuf, B., Chemineau, P. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. Theriogenology. 36(5): 755-770.

Delgadillo, J.A., Chemineau, P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. Journal of Reproduction and Fertility. 94:45-55.

Delgadillo, J. A., Leboeuf, B., Chemineau, P. 1993. Maintenance of sperm production in bucks during a third year of short photoperiodic cycles. Reproduction Nutrition Development. 33: 609-617.

Delgadillo, J. A., Hochereau-De Reviers, M. T., Daveau, A., Chemineau, P. 1995. Effect of short photo-periodic cycles on male genital tract and testicular parameters in male goat (*Capra hircus*). Reproduction Nutrition Development. 35: 549-558.

Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpaux, 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., Malpaux, B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. Jounal of Animal Science. 79: 2245–2252.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., 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. *Journal of Animal Science*. 80: 2780-2786.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., 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. *Domestic Animal Endocrinology*. 35:362–370.

Delgadillo, JA., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A., Martin, G.B. 2009. The male effect in sheep and goats-Revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*. 200:304-314.

Delgadillo, J.A., Espinoza-Flores, L.A., Abecia, J.A., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P. 2022. Sexually active male goats stimulate the endocrine and sexual activities of other males in seasonal sexual rest through the “buck-to-buck effect. *Domestic Animal Endocrinology*. 81: 1-6.

De Santiago-Miramontes, M. A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpaux, B.; Scaramuzzi, R. J., Delgadillo, J. A. 2008. The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to the male effect is increased by nutritional supplementation. *Animal Reproduction Science*. 105: 409-416.

Echavarría, F., Cháirez y Gómez, W. 2013. Los sistemas de producción de rumiantes menores en México y sus limitantes productivas. En: La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica. Editor Luis Iñiguez Rojas. Brasilia, DF. Embrapa. 95-114

Fabre-Nys. (2000). Hormonal and social control of sexual behaviour in goats. INRA Productions Animales. 13: 11-23.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations statistical databases) 2020. Homepage. Retrieved on 13 June 2020 from <http://faostat.fao.org>.

Fernández, I.G. Loya-Carrera, J., Sifuentes-Lamont, P., Duarte, G., Flores, J.A., Grimaldo, E., Hernández, H., Ulloa-Arvizu, R., Andrade-Esparza, J. 2020. Social isolation does not inhibit behaviour and testosterone secretion in sexually inexperienced photo-stimulated bucks in contact with seasonally anoestrous goats. *Italian Journal of Animal Science*. 19(1):989–996

Flores, J.A., Véliz, F. G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez De La Escalera, G., Chemineau,P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A., 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction*. 62:1409-14.

- Perkins, A., Fitzgerald, J.A. 1994. The behavioral component of the effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *Journal of Animal Science*. 72:51-52
- Ponce, J.L., Velázquez, H., Duarte, G., Bedos, M., Hernandez, H., Keller, M., Chemineau, P., Delgadillo, J.A. 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. *Domestic Animal Endocrinology*. 48:119-125.
- Lincoln, G.A., Short, R.V. 1980. Seasonal Breeding: nature's contraceptive. *Recent Progress in Hormone Research*. 36:1-52.
- Malpaux, B., Vigui, C., Skinner, D.C., Thiéry, J.C., Chemineau, P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Research Bulletin*. 44:431-438.
- Malpaux, B. 2001. Environnement et rythmes de reproduction. In: La production chez les mammifères et l'homme. Thibault et Levasser Eds. 1st Edition. pp 699-724. INRA Editions. Paris.
- Malpaux, B. 2006. Seasonal regulation of reproduction in mammals. In: Knobil and Neill's Physiology of reproduction. Third Edition. Ed. D'Neil. Elsevier. Amsterdam. pp. 2231-2281.
- Martínez-Alfaro, J.C., Hernández, H., Flores, J.A., Duarte, G., Fitz-Rodríguez, G., Fernández, I.G., Bedos, M., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A., Vielma, J. 2014. Importance of intense male sexual behavior for inducing the preovulatory LH surge and ovulation in seasonally anovulatory female goats. *Theriogenology* 82, 1028–1035.
- Mendieta, E.S., Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Flores, M.J., Nandayapa, E., Vélez, L.I., Zarazaga, L.A., Bedos, M., Terrazas, A., Hernández, H. 2018. Subtropical goats ovulate in response to the male effect after a prolonged treatment of artificial long days to stimulate their milk yield. *Reproduction Domestic Animal*. 53(4):955-962.
- Miller, B.A., Lu, C. 2019. Current status of global dairy goat production: an overview. *Asian-Australas Journal of Animal Science*. 8(32):1219-1232.
- Pelletier, J. Almeida, G. 1987. Short light cycles induce persistent reproductive activity in Ile-de France rams. *Journal of Reproduction and Fertility. Suppl.* 34:215-226.
- Pelletier, J. Ravault, J.P. 1988. Day length measurement in rams made permanent breeders by short light cycles. *Neuroendocrinology Letters*. 10:329-3

Ravault, J.P., Ortavant. 1977. Light control of prolactin secretion in sheep. Evidence for a photo-inducible phase during a diurnal rhythm. *Annales de Biologie Animale, Biochimie, Biophysique.* 17: 459-473.

Rivas, R. 2001. Una hora de luz suplementaria de luz de las 13-14 ó 16-17 horas después del alba no permite a los machos cabríos interpretar como un día largo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 55 p.

Rivera, G.M., Alanis, G.A., Chaves, M.A., Ferrero, S.B., Morello, H.H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Ruminant Research.* 48:109–17.

Sepe, L., Argüello, A. 2019. Recent advances in dairy goat products. *Asian-Australas Journal of Animal Science.* 8(32): 1306-1320.

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* (Ed S. Flores), pp. 24-34. Matamoros, Coahuila, México.

Simões, A, Abecia, J.A., Cannas, A., Delgadillo, Lacasta, A., Voigt, K., Chemineau, P. 2021. Managing sheep and goats for sustainable high yield production. *Animal.* 15:100293.

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

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., 1994. The “female effect” in Australian cashmere goats: effect of season and quality of diet on the LH and testosterone response of bucks to oestrous does. *Journal of Reproduction and Fertility.* 100:521–531.

Zarazaga, L.A., Gatica, M.C., Hernández, H., Chemineau, P., Delgadillo, J.A., Guzmán, J.L., 2019. Photoperiod-treated bucks are equal to melatonin-treated bucks for inducing reproductive behaviour and physiological functions via the “male effect” in Mediterranean goats. *Animal Reproduction Science.* 202, 58–64.

Zarazaga, L.A., Delgadillo, J.A. Gatica, Delgado-Pertíñez, M., Hernández, H., Guzmán, J.L., Delgadillo, J.A. 2022. Efficacy of long day photoperiod treatment with respect to age of bucks for stimulation of the “male effect” on does at Mediterranean latitudes. *Small Ruminant Research.* 212: 106712.