

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



La alternancia mensual entre días largos y luz continua estimula la secreción de la testosterona durante el reposo sexual estacional de los machos cabríos

Por:

ELEAZAR VILLANUEVA SANCHEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México

Septiembre, 2021

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

La alternancia mensual entre días largos y luz continua estimula la secreción de la testosterona durante el reposo sexual estacional de los machos cabrios

Por:

ELEAZAR VILLANUEVA SÁNCHEZ

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 Alberto Delgado Sánchez
Presidente


Dr. Horacio Hernández Hernández
Vocal


Dr. Jesús Vielma Sifuentes
Vocal


Dra. Luz María Tejada Ugarte
Vocal Suplente


MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2021

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

La alternancia mensual entre días largos y luz continua estimula la secreción de la
testosterona durante el reposo sexual estacional de los machos cabríos

Por:


ELEAZAR VILLANUEVA SÁNCHEZ


TESIS

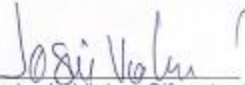
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez
Asesor Principal


Dr. Horacio Hernández Hernández
Coasesor


Dr. Jesús Vielma Sifuentes
Coasesor


M.C. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2021



AGRADECIMIENTOS

Primeramente a **DIOS**, por haberme regalado la oportunidad de estar hoy aquí al término de mi licenciatura; un sueño que con mucho esfuerzo logré cumplir.

A mis **PADRES**, por darme la vida y los primeros y más importantes valores desde la cuna y hasta el día de hoy; por la educación, el empeño y el esfuerzo que han hecho para que hoy yo esté aquí terminando mi carrera. Hasta el cielo que desde allá me estás viendo **PAPÁ JOSÉ MA. VILLANUEVA**. Para mi **MADRE** solo tengo palabras de agradecimiento por el amor incondicional que siempre me ha mostrado, y por ser el principal motor de mis sueños, **MA. ESPERANZA SÁNCHEZ**.

A mis **HERMANOS, JACQUELINE, JOSÉ, ANTONIO, MIGUEL, JULIÁN, ALEJANDRO Y JESSICA** por el apoyo que siempre me mostraron desde el momento en que inicié mis estudios en la universidad, y por siempre estar ahí y nunca dejarme vencer; es un apoyo incondicional.

A mis **TÍOS** que se han preocupado por mí y siempre han estado allí para apoyarme, especialmente a mi **TÍO ALFREDO SÁNCHEZ LÓPEZ**, ya que ha sido una piedra angular en mi formación como profesionista y parte importante para que yo esté aquí hoy.

A mi **ALMA MATER**, mi **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** por darme las herramientas, conocimientos y habilidades por medio de todos y cada uno de los profesores que me han formado, transmitiéndome todos

sus conocimientos para ser un Médico Veterinario Zootecnista, la mejor y más generosa profesión.

A **MI COMITÉ DE TESIS**, conformado por los Drs. **JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ, HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, JESÚS VIELMA SIFUENTES Y DRA. LUZ MARIA TEJADA UGARTE**. Asimismo, mi agradecimiento a la **M.C. LEOECI ARELI ESPINOZA FLORES** por su importante participación en el desarrollo de este estudio.

Y **GRACIAS** a todos y cada una de esas personas que siempre me han apoyado y que de una u otra forma han estado presentes en mi formación, gracias a todos y a cada uno de ustedes.

DEDICATORIA

CON CARIÑO

A MIS PADRES:

JOSE MA. VILLANUEVA LAZARO +

MA. ESPERANZA SÁNCHEZ LÓPEZ

A MIS HERMANOS:

JACQUELINE

JOSÉ

ANTONIO

MIGUEL

JULIÁN

ALEJANDRO

JESSICA

¡GRACIAS Y DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE!

RESUMEN

Los machos cabríos de la Comarca Lagunera presentan variaciones estacionales en su actividad sexual. La estación sexual se desarrolla de junio a diciembre, mientras que el reposo sexual estacional se desarrolla de enero a mayo. Esta estacionalidad es controlada principalmente por las variaciones anuales del fotoperiodo. En efecto, en estos machos, bajo condiciones experimentales, la exposición a dos meses de días largos artificiales (16 horas de luz por día) en otoño-invierno seguidos del fotoperiodo natural, incrementan las concentraciones plasmáticas de testosterona y el comportamiento sexual de febrero a mayo, meses de reposo sexual estacional. La misma estimulación se observó en los machos cabríos expuestos a 2 meses de días largos seguidos de luz continua (24 horas de luz por día). Asimismo, la alternancia mensual entre días largos y días cortos (8 horas de luz por día) evitó la estacionalidad sexual en los machos cabríos de raza Alpina. Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar si la alternancia mensual entre días largos y luz continua incrementan las concentraciones plasmáticas de testosterona en los machos cabríos de la Comarca Lagunera durante el reposo sexual estacional. Los machos cabríos del grupo control se expusieron a las variaciones naturales del fotoperiodo ($n = 6$). Los machos cabríos del grupo experimental se expusieron mensualmente a días largos (16 h de luz por día) seguidos de luz continua (24 h de luz por día; $n = 6$). Las concentraciones plasmáticas de testosterona se determinaron cada 15 días. Las concentraciones plasmáticas de testosterona variaron durante el estudio ($P < 0.05$), y existió interacción entre el tiempo del estudio y grupo ($P < 0.01$). En los

grupos control y experimental, las concentraciones de testosterona fueron bajas (< 5 ng/mL) y no difirieron del 15 de enero al 15 de abril ($P > 0.05$). En cambio, del 30 de abril al 30 de mayo, durante el reposo sexual estacional del grupo experimental, las concentraciones de testosterona se incrementaron y fueron superiores a las del grupo control ($P < 0.01$). Posteriormente, las concentraciones de testosterona se incrementaron en el grupo control, y fueron superiores a las del grupo experimental del 30 de junio al 15 de agosto ($P < 0.05$). Estos resultados permiten concluir que, en los machos cabríos, la alternancia mensual de días largos y luz continua estimula la secreción de testosterona durante el reposo sexual estacional.

Palabras clave: Alternancia mensual, Crecimiento testicular, Aumento de testosterona, Reposo sexual estacional, Fotoperiodo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Estacionalidad sexual de los machos cabríos en México.....	2
2.2 El fotoperiodo sincronizador de la estacionalidad sexual de los machos cabríos.....	2
2.3 Tratamientos fotoperiódicos para estimular la actividad sexual de los machos cabríos durante el periodo de reposo sexual.....	3
2.4 Tratamientos fotoperiódicos para eliminar la estacionalidad sexual de los machos cabríos.....	4
3. Objetivo.....	5
4. Hipótesis.....	5
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6

5.1 Descripción general del lugar experimental y de la alimentación de los animales.....	6
5.2 Diseño experimental.....	6
5.3 Variables determinadas.....	7
5.3.1 Peso testicular.....	7
5.3.2. Concentraciones plasmáticas de testosterona.....	7
5.3.3. Análisis estadísticos.....	7
6. RESULTADOS.....	9
6.1 Peso testicular.....	9
6.2 Secreción de testosterona.....	10
7. DISCUSIÓN.....	13
8. CONCLUSIÓN.....	15
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pesos testiculares (promedio \pm error estándar de promedio) en dos grupos de machos cabríos locales de la Comarca Lagunera. Los machos del grupo control se expusieron a las variaciones naturales del fotoperiodo (\circ). Los machos del grupo experimental se expusieron a un mes de días largos artificiales (16 horas de luz por día) seguido de otro mes de luz continua (24 horas de luz por día; \bullet).10

Figura 2. Concentraciones plasmáticas de testosterona (promedio \pm error estándar del promedio) en dos grupos de machos cabríos locales de la Comarca Lagunera. Los machos del grupo control se expusieron a las variaciones naturales del fotoperiodo (\circ). Los machos del grupo experimental se expusieron a un mes de días largos artificiales (16 horas de luz por día) seguido de otro mes de luz continua (24 horas de luz por día; \bullet).12

1. INTRODUCCIÓN

Los machos cabríos de latitudes subtropicales y templadas presentan variaciones estacionales de sus actividades sexual y endocrina (Delgadillo y Chemineau, 1992; Delgadillo et al., 1999). Esta estacionalidad es sincronizada principalmente por las variaciones del fotoperiodo (Delgadillo y Chemineau, 1992; Delgadillo et al., 2004). Por ello, la manipulación del fotoperiodo permite inducir la actividad sexual de machos cabríos en el periodo de reposo sexual estacional (Chemineau et al., 1992; Delgadillo et al., 2002). Así, la exposición de los machos cabríos a 2 o 3 meses de días largos artificiales (14 h de luz por día), seguidos del fotoperiodo natural, estimula la actividad sexual e incrementan las concentraciones de testosterona en marzo y abril, durante el reposo sexual estacional (Delgadillo et al., 2002). Asimismo, la exposición de los machos cabríos de la raza Alpina a días largos artificiales seguidos de luz continua las 24 horas del día, estimulan el aumento del peso testicular e incrementan las concentraciones plasmáticas de testosterona durante el reposo sexual estacional (Delgadillo et al., 2016). Es interesante señalar que, en los machos cabríos, la estacionalidad sexual y endocrina se suprimió al exponerlos durante dos años consecutivos a un mes de días largos (16 h de luz por día), seguido de un mes de días cortos (8 horas de luz por día; Delgadillo et al., 1991; Delgadillo y Chemineau, 1992). Sin embargo, se desconoce si la alternancia mensual entre días largos y luz continua durante 24 horas, incrementa las concentraciones plasmáticas de testosterona en los machos de la Comarca Lagunera durante el reposo sexual estacional.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estacionalidad sexual de los machos cabríos en México

Los machos cabríos locales del norte de México, en particular los de la Comarca Lagunera ubicada a la latitud de 26° norte, presentan variaciones estacionales en sus actividades sexual y endocrina. La estación sexual se desarrolla de junio a diciembre, y se caracteriza por un elevado peso testicular, altas concentraciones plasmáticas de testosterona, un intenso comportamiento sexual y una alta producción espermática cuantitativa y cualitativa (Delgadillo et al., 1999). En estos machos, el periodo de reposo sexual se desarrolla de enero a mayo, y se caracteriza por la disminución de las variables anteriormente mencionadas (Delgadillo et al., 1999).

2.2 El fotoperiodo sincronizador de la estacionalidad sexual de los machos cabríos

En los machos cabríos, el fotoperiodo es el principal factor ambiental que sincroniza el inicio y el final de las estaciones de actividad y reposo sexual. El efecto del fotoperiodo sobre la reproducción de los machos cabríos se determinó cuando éstos se expusieron, en instalaciones cerradas, a 2 o 3 meses a días largos (16 o 14 horas de luz por día) seguidos de 2 o 3 meses de días cortos (10 u 8 horas de luz por día) durante 2 años consecutivos. En estas condiciones experimentales, el peso testicular, las concentraciones plasmáticas de

testosterona y la libido se incrementaron durante los días cortos y disminuyen durante los días largos (Delgadillo y Chemineau, 1992; Delgadillo et al., 2004). Estos resultados indican que los días cortos estimulan y los días largos inhiben la actividad sexual de los machos cabríos. Asimismo, indican que la modificación del fotoperiodo puede utilizarse para estimular la actividad sexual de los machos cabríos durante el periodo de reposo sexual estacional.

2.3 Tratamientos fotoperiódicos para estimular la actividad sexual de los machos cabríos durante el reposo sexual estacional

Para estimular la actividad sexual de los machos cabríos en el periodo de reposo sexual estacional, los machos deben percibir días largos seguidos de días cortos. Los días largos se proporcionan con iluminación artificial complementaria a la luz natural, y los días cortos se proporcionan con la duración de horas luz del fotoperiodo natural. Así, en los machos cabríos expuestos en instalaciones abiertas o cerradas a 2 o 3 meses días largos (16 o 14 horas de luz por día) en otoño e invierno, seguidos del fotoperiodo natural, cuando la iluminación es de alrededor 11 o 9 horas por día (= días cortos), respectivamente, estimulan el crecimiento testicular, las concentraciones plasmáticas de testosterona, la intensidad de la libido y la producción espermática cuantitativa y cualitativa durante el periodo de reposo sexual (Delgadillo et al., 2002; Chasles et al., 2016). Es interesante señalar que en los borregos de raza Ile-de-France y en los machos cabríos de raza Alpina, la exposición a 2 o 3 meses de días largos (16 horas de luz por día) en otoño e invierno, seguidos de luz continua (24 horas de luz por día),

estimulan el crecimiento testicular e incrementan las concentraciones plasmáticas de testosterona durante el periodo de reposo sexual (Delgadillo et al., 2016; Chesneau et al., 2017).

2.4 Tratamientos fotoperiódicos para eliminar la estacionalidad sexual de los machos cabríos

Además de inducir la actividad sexual durante el reposo sexual estacional, los tratamientos fotoperiódicos pueden eliminar la estacionalidad sexual de los machos. En efecto, en los machos cabríos de raza Alpina sometidos en instalaciones cerradas a 1 mes de días cortos (8 horas de luz por día) seguidos de 1 mes de días largos (16 horas de luz por día), el peso testicular, las concentraciones plasmáticas de testosterona, la libido y la producción espermática cuantitativa y cualitativa no presentaron variaciones estacionales, y sus valores se mantuvieron elevados durante 2 años consecutivos (Delgadillo et al., 1991; Chemineau y Delgadillo, 1992). En los borregos de la raza Ile-de-France, la estacionalidad sexual también se evitó al someterlos a días cortos y largos artificiales cada mes durante dos años consecutivos (Almeida y Pelletier, 1987).

3. OBJETIVO.

Considerando que en los machos cabríos Alpinos la exposición alternada mensual de días largos seguidos de luz continua incrementan el peso testicular y las concentraciones plasmáticas de testosterona en el reposo sexual estacional, y que la alternancia de un mes de días cortos seguidos de un mes de días largos evitan

la estacionalidad sexual, el objetivo del presente estudio fue determinar si la alternancia mensual de días largos y luz continua incrementa las concentraciones plasmáticas de testosterona durante el reposo sexual estacional en los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera.

4. HIPÓTESIS.

La exposición alternada mensual de días largos artificiales y luz continua incrementa los niveles de testosterona en el periodo de reposo sexual estacional en los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción general del lugar experimental y de la alimentación de los animales

El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en la Comarca Lagunera (Latitud 26° 23'N, Longitud 104° 47' O) del estado de Coahuila. En esta Comarca, el fotoperiodo natural varía de 13 horas 41 minutos de luz en el solsticio de verano a 10 horas 19 minutos en el solsticio de invierno. Durante el experimento, los machos se alojaron en corrales abiertos acondicionados con sombra, y a cada animal se le ofreció diariamente una ración de 2 kg de heno de alfalfa (18% PC) y 200 gramos de concentrado comercial (14% PC, 1.7 Mcal / Kg), con libre acceso a sales minerales y agua.

5.2 Diseño experimental

Los machos se asignaron a dos grupos considerando que los pesos testiculares promedio fueran similares entre los grupos. Los machos cabríos del grupo control (n = 6; peso testicular: 79 ± 6 g) se alojaron en un corral provisto de sombra (5 x 5 m), y se sometieron a las variaciones naturales del fotoperiodo de la Comarca Lagunera. Los machos cabríos del grupo experimental (n = 6; peso testicular: 74 ± 3 g) se alojaron en un corral (5 x 5 m) provisto de sombra y ocho focos de 68 W de energía cada uno. Estos machos se expusieron alternada y mensualmente, de enero a agosto, a días largos (16 h de luz por día; encendido de los focos: de 6:00 a 8:00 y de 18:00 a 22:00 horas) y de luz continua (24 de luz por día: encendido

de focos: de 18:00 a 8:00 horas) combinando la luz natural y artificial (Bedos et al., 2010; Delgadillo et al., 2016). El encendido y apagado de los focos se programó con un temporizador electrónico.

5.3 Variables determinadas

5.3.1 Peso testicular

El volumen testicular, indicador del peso testicular, se determinó cada 15 días por palpación comparativa utilizando un orquidómetro (Oldham et al., 1978).

5.3.2 Concentraciones plasmáticas de testosterona

Las concentraciones plasmáticas de testosterona se determinaron cada 15 días en muestras sanguíneas obtenidas de la vena yugular de cada animal. La sangre se centrifugó a 2 500 g durante 20 minutos, y el plasma obtenido se congeló a -20° C hasta la determinación de la testosterona por radioinmunoanálisis (Garnier et al., 1978). La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/mL y el coeficiente de variación intraensayo fue del 8.5%.

5.3.3 Análisis estadísticos

Los valores promedio de los pesos testiculares y de las concentraciones plasmáticas de testosterona se realizaron a través de un análisis de varianza con medidas repetidas a dos factores (grupos y tiempo del experimento). La prueba de *t* de student independiente se utilizó para determinar la diferencia entre los valores de cada determinación cuando existió interacción significativa entre el grupo y el

tiempo del experimento. En el grupo control se calcularon las concentraciones promedio de testosterona del 15 de enero al 15 de junio, y del 30 de junio al 15 de agosto. En el grupo experimental las concentraciones promedio de testosterona se calcularon del 15 de enero al 15 de abril y del 30 de junio al 15 de agosto. Estos promedios se analizaron a través de un análisis de varianza a un factor (grupo). Los análisis estadísticos se hicieron utilizando el programa System Statistics (2009).

6. RESULTADOS

6.1 Pesos testiculares

En los machos cabríos de los grupos control y experimental, los pesos testiculares variaron durante el estudio (efecto del tiempo: $P < 0.01$). Asimismo, existió una interacción entre el tiempo del estudio y grupo ($P < 0.05$), lo que indica que la evolución de los pesos testiculares fue diferente entre los grupos de machos. Sin embargo, no existió ninguna diferencia entre los dos grupos al comparar los valores obtenidos cada 15 días. En los machos de los grupos control y experimental, los pesos testiculares se incrementaron de enero a mayo, para posteriormente mantenerse elevados sin cambios importantes (Figura 1).

Peso testicular (g)

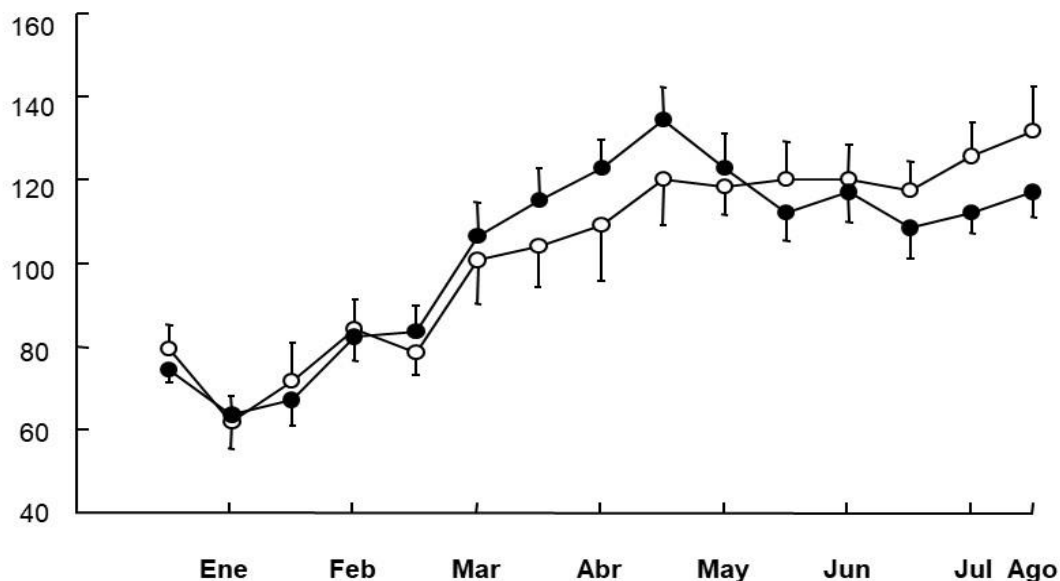


Figura 1. Pesos testiculares (promedio \pm error estándar de promedio) en dos grupos de machos cabríos locales de la Comarca Lagunera. Los machos del grupo control se expusieron a las variaciones naturales del fotoperiodo (\circ). Los machos del grupo experimental se expusieron a un mes de días largos artificiales (16 horas de luz por día) seguido de otro mes de luz continua (24 horas de luz por día; \bullet). El tratamiento fotoperiódico se aplicó de enero a agosto.

6.2 Concentraciones plasmáticas de testosterona

En los machos cabríos de los grupos control y experimental, las concentraciones plasmáticas de testosterona variaron durante el estudio (efecto del tiempo: $P < 0.01$). Asimismo, existió interacción tiempo del estudio y grupo ($P < 0.05$), lo que indica que la evolución de los niveles plasmáticos de testosterona fue diferente entre ellos. En los grupos control y experimental, las concentraciones de

testosterona fueron bajas (< 5 ng/mL) y no difirieron del 15 de enero al 15 de abril ($P > 0.05$). En cambio, del 30 de abril al 30 de mayo, durante el reposo sexual estacional en los machos del grupo experimental, las concentraciones de testosterona se incrementaron y fueron superiores a las del grupo control ($P < 0.01$). Después, los niveles se mantuvieron alrededor de 5 ng/mL durante el estudio. En el grupo control, las concentraciones plasmáticas de testosterona se incrementaron, y fueron superiores a las del grupo experimental del 30 de junio al 15 de agosto ($P < 0.05$). Considerando las concentraciones plasmáticas promedio de testosterona inferiores a 5 ng/mL, éstas no difirieron entre los machos de los grupos control (2.5 ± 0.4 ng/mL; 15 de enero al 15 de junio) y experimental (1.9 ± 0.3 del 15 de enero al 15 de abril; $P > 0.05$). En cambio, en el grupo control, las concentraciones promedio de testosterona fueron superiores a las del grupo experimental del 30 de junio al 15 de agosto (18.8 ± 1.9 ng/mL y 6.7 ± 1.0 ng/mL, respectivamente; $P < 0.001$; Figura 2).

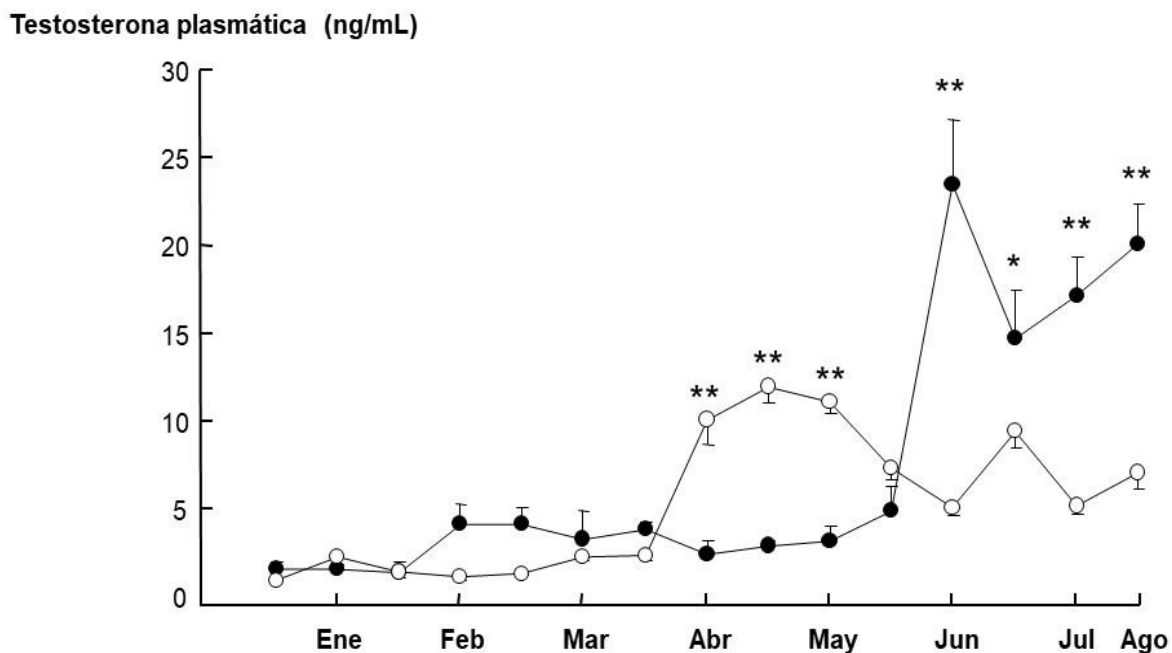


Figura 2. Concentraciones plasmáticas de testosterona (promedio \pm error estándar del promedio) en dos grupos de machos cabríos locales de la Comarca Lagunera. Los machos del grupo control se expusieron a las variaciones naturales del fotoperiodo (○). Los machos del grupo experimental se expusieron a un mes de días largos artificiales (16 horas de luz por día) seguido de otro mes de luz continua (24 horas de luz por día; ●). El tratamiento fotoperiódico se aplicó de enero a agosto. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

7. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio confirman la hipótesis inicial, y muestran que la alternancia mensual entre días largos y luz continua incrementa las concentraciones plasmáticas de testosterona en el periodo de reposo sexual estacional. En efecto, estas concentraciones fueron superiores en los machos del grupo experimental comparadas con las del grupo control en abril y mayo.

En el grupo experimental, las concentraciones plasmáticas de testosterona fueron superiores a las del grupo control en abril y mayo. Sin embargo, estas concentraciones de testosterona fueron moderadas y no alcanzaron los niveles registrados en el grupo control de junio a agosto. Estos resultados coinciden con los reportados en los machos Alpinos sometidos mensualmente a días cortos y días largos. En machos Alpinos, los niveles de testosterona fueron intermedios entre los niveles basales (reposo sexual) y los más elevados (actividad sexual) registrados en los machos control, sometidos al fotoperiodo natural (Delgadillo y Chemineau, 1992). Es interesante destacar que, en los machos Alpinos, los niveles intermedios de testosterona fueron suficientes para estimular el comportamiento sexual y la actividad espermatogénica, permitiendo una producción espermática cualitativa y cuantitativa similar a la observada durante la estación sexual (Delgadillo et al., 1991, 1992). Es probable que los niveles moderados de testosterona ejercieron una retroacción negativa reducida sobre la

secreción de LH, permitiendo que la actividad sexual se mantuviera durante los dos años que duró el experimento (Delgadillo y Chemineau, 1992). En el presente estudio, los niveles de testosterona se determinaron de enero a agosto. En el grupo experimental, los niveles de testosterona se incrementaron en abril, y permanecieron moderados hasta el fin del estudio. Esto indica que el tratamiento de días largos y luz continua estimula de manera moderada la secreción de testosterona y que probablemente, esto permita que los machos cabríos de la Comarca Lagunera presenten intensa actividad sexual durante todo el año, tal y como se reportó en los machos Alpinos (Delgadillo et al., 1991, 1992). En efecto, en esta tesis se presentan los resultados de 8 meses, pero el estudio duró 2 años. El tratamiento fotoperiódico utilizado en este estudio para estimular la actividad sexual de los machos cabríos en el reposo sexual estacional, es otro de los que se han desarrollado en el Centro de Investigación en Reproducción Caprina. Este tratamiento no utiliza hormonas exógenas, y se puede aplicar en sistemas de producción intensivos o semiextensivos.

El peso testicular no difirió entre los machos de los grupos control y experimental, lo que es diferente de lo reportado en los machos Alpinos sometidos mensualmente a días cortos y días largos. En efecto, en los machos Alpinos, el peso testicular se incrementó siete meses después de iniciado el tratamiento y se mantuvo elevado durante todo el estudio (Delgadillo et al., 1991). En el presente estudio, la falta de diferencia del peso testicular entre los grupos podría deberse a que el estudio inició en enero. En efecto, en los machos de la Comarca Lagunera

expuestos al fotoperiodo natural, el peso testicular se incrementa progresivamente de enero a mayo, y este incremento es independiente de la secreción de LH, por lo que las concentraciones plasmáticas de testosterona son basales en los meses mencionados (Delgadillo et al., 1999). Por lo tanto, es probable que el incremento natural del peso testicular que se produce en los machos control de enero a mayo haya impedido observar diferencias entre los dos grupos de machos. Sin embargo, los niveles moderados de testosterona registrados en el grupo experimental de abril a agosto, indican que el tratamiento fotoperiódico estimuló el funcionamiento del eje hipófisis-gónadas.

8. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que, en los machos cabríos de la Comarca Lagunera, la exposición alternada mensual de días largos artificiales y luz continua estimula la secreción de testosterona durante el reposo sexual estacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bedos M., Flores J.A., Fitz-Rodríguez G., Keller M., Malpaux B., Poindron P., Delgadillo J.A. 2010. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Hormones and Behavior*. 58:473-477.

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 anestrus season also under temperate latitudes. *Animal Reproduction Science*. 168:86-91.

Chemineau P., Malpaux B., Delgadillo J.A., Guérin Y., Ravault J.P., Thimonier J., Pelletier J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*. 30:157-184.

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.

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*. 36:755-770.

Delgadillo J.A., Leboeuf B., Chemineau P. 1992. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goat bucks. *Small Ruminant Research* 9:47-59.

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., Canedo G.A., Chemineau P., Guillaume D., Malpoux B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*. 52:727-737.

Delgadillo J.A., Flores J.A., Véliz F.G., Hernández H.F., Duarte G., Vielma J., Poindron P., Chemineau P., Malpoux B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *Journal of Animal Science*. 80:2780-2786.

Delgadillo J.A., Cortez M.A., Duarte G., Chemineau P., Malpoux B. 2004. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reproduction, Nutrition and Développement*. 44:183-193.

Delgadillo J.A., Vélez L.I., Flores J.A. 2016. Continuous light after a long-day treatment is equivalent to melatonin implants to stimulate testosterone secretion in Alpine male goats. *Animal*. 10:649-654.

Garnier D.H., Cotta Y., Terqui M. 1978. Androgen radioimmunoassay in the ram: results of direct plasma testosterone and dehydroepiandrosterone measurement and physiological evaluation. *Annales de Biologie Animal, Biochimie et Biophysiques*. 18:265-281.

Oldham C.M., Adams N.R., Gherardi P.B., Lindsay D.R., McKintosh J.B. 1978. The influence of level of feed intake on sperm-producing capacity of testicular tissue in the ram. *Australian Journal of Agriculture Research*. 29:173-179.

Pelletier J., Almeida G. 1987. Short light cycles induce persistent reproductive activity in Ile-de-France rams. *Journal of Reproduction and Fertility*. 34:215-226.

System Statistics, 2009. Cranes Software International Ltd., San Jose, CA, USA.