

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**Los machos foto-estimulados evitan la reducción de las concentraciones
plasmáticas de LH en cabras ovariectomizadas durante el anestro estacional**

POR

LUIS ALBERTO RODRÍGUEZ ALBARES

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE DE 2015

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

Los machos foto-estimulados evitan la reducción de las concentraciones plasmáticas de LH en cabras ovariectomizadas durante el anestro estacional

POR

LUIS ALBERTO RODRÍGUEZ ALBARES

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:


DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

VOCAL:


DR. GERARDO DUARTE MORENO

VOCAL:


DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

VOCAL SUPLENTE:


D.R. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA


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



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE DE 2015

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

Los machos foto-estimulados evitan la reducción de las concentraciones plasmáticas de LH en cabras ovariectomizadas durante el anestro estacional

POR
LUIS ALBERTO RODRÍGUEZ ALBARES

TESIS

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

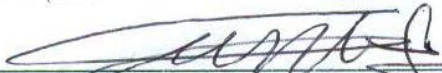
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

ASESOR:


DR. GERARDO DUARTE MORENO

ASESOR:


DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES


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



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE DE 2015

Dedicatoria

A Dios

Por darme la oportunidad de vivir y de seguir adelante; por demostrarme que nunca me ha dejado solo

A mis padres

José Ángel Rodríguez Mejía y María de la Luz Álvarez Luna

Por ser mí guía, por su gran apoyo, por su amor incondicional, por su gran ejemplo de lucha y dedicación, y porque sin ellos no sería nada de lo que hasta ahora soy. Es un privilegio ser su hijo. Por ustedes y para ustedes: LOS AMO.

A Mis Hermanos

Norma, Alejandro, Carlos, Jesús, Cristina y Leo

Por su valioso apoyo en los tiempos más difíciles, por su cariño y comprensión por ser mis primeros y mejores amigos, por estar siempre pendiente. Somos frutos salidos de una misma humilde rama

A mis amigos

Carlangas, Güero Colme, Paco, Josué, Regí y Kike

Por ser mi otra familia, por compartir buenos y malos momentos, y por esos abrazos sinceros; no hace falta poner apellidos, ustedes saben quiénes son

A Ella

Por acompañarme en esta etapa de mi vida, por escucharme, por su risa y sus silencios, por ser mi más bella cómplice, y por demostrarme que dios existe en un cielo lleno de luciérnagas...

Agradecimientos

A Dios por brindarme oportunidades para realizar una nueva vida, y haberme proporcionado la fortaleza necesaria para poder levantarme de aquellos momentos agobiantes para poder llegar hasta donde hoy estoy.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi Alma Terra Mater, por albergarme en sus instalaciones y proporcionarme los medios adecuados para mi formación personal y académica.

Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, mi agradecimiento por haberme dado la oportunidad de poder realizar esta tesis al brindarme su asesoría.

Al Dr. Alfonso Longinos Muñoz Benítez, por su asesoría, dedicación y apoyo incondicional durante la realización de mis trabajos experimentales.

Al Dr. Gerardo Duarte Moreno, por su gran apoyo incondicional en mi formación académica, pero sobre todo en el apoyo técnico y metodológico.

A mi Comité particular de asesoría: Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, Dr. José Alfredo Flores Cabrera, Dr. Gerardo Duarte Moreno, Dr. Jesús Vielma Sifuentes, por contribuir grandemente en mi formación académica.

A la licenciada Dolores López, por su enorme apoyo secretarial y logístico en la realización de mi tesis.

“...Se fuerte y valiente. No te desanimes, porque el Señor tu Dios estará contigo donde quiera que vayas” **Josué 1:9**

Índice de contenido

	Página
Dedicatoria.....	I
Agradecimientos.....	II
Índice de contenido.....	III
Índice de figuras.....	IV
Resumen.....	V
1 Introducción.....	1
2 Revisión bibliográfica.....	3
2.1 Estacionalidad reproductiva en mamíferos.....	3
2.2 Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos.....	3
2.3 El fotoperiodo y su papel sobre la estacionalidad reproductiva.....	4
2.4 Efecto macho.....	5
3 Objetivo.....	7
4 Hipótesis.....	8
5 Materiales y métodos.....	9
5.1 Generalidades del experimento.....	9
5.2 Descripción de los animales de estudio.....	10
5.2.1 Hembras.....	10
5.2.2 Machos.....	10
5.3 Contacto entre machos y hembras.....	11
5.4 Variables determinadas.....	13
5.4.1 Hembras.....	13
5.5 Análisis estadísticos.....	13
6 Resultados.....	14
6.1 Concentraciones plasmáticas de LH en las hembras OVX+E.....	14
7 Discusión.....	16
8 Conclusión.....	19
9 Literatura citada.....	20

Índice de figuras

Página

Figura 1. Número promedio de aproximaciones (\pm EEM) de machos cabríos control, y de los machos foto-estimulados. Los machos control permanecieron bajo el fotoperiodo natural durante el estudio. Los machos foto-estimulados recibieron del 15 de julio al 15 de septiembre, dos implantes subcutáneos que contenían 18 mg de melatonina cada uno. Al remover los implantes de melatonina, los machos se expusieron a días largos artificiales (16 horas de luz/8 horas de oscuridad) del 16 de septiembre al 30 de noviembre. Posteriormente se sometieron a las variaciones naturales del fotoperiodo..... 12

Figura 2. Niveles plasmáticos de LH (promedio \pm EEM) de cabras OVX+E expuestas a machos control durante todo el estudio, o en aquellas hembras expuestas a machos control de noviembre a enero, y a machos foto-estimulados de la primera semana de enero a la última semana de abril. Los machos control permanecieron bajo el fotoperiodo natural durante el estudio. Los machos foto-estimulados recibieron del 15 de julio al 15 de septiembre, dos implantes subcutáneos que contenían 18 mg de melatonina cada uno. Al remover los implantes de melatonina, los machos se expusieron a días largos artificiales (16 horas de luz/8 horas de oscuridad) del 16 de septiembre al 30 de noviembre. Posteriormente se sometieron a las variaciones naturales del fotoperiodo..... 15

Resumen

El presente estudio se realizó de noviembre del 2013 a abril del 2014 en el Centro de Investigación en Reproducción Caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Torreón, Coahuila. El objetivo del estudio fue determinar si la presencia de machos foto-estimulados evita la disminución de las concentraciones plasmáticas de la hormona luteinizante (LH) durante el anestro estacional, en cabras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E). Se utilizaron 2 grupos de hembras OVX+E. Un grupo (n=13) permaneció en contacto con machos sexualmente activos (n=2) durante el estudio, mientras que otro grupo de hembras (n=13) permaneció en contacto con machos sexualmente activos e inactivos durante el estudio (n=2). En la primera semana de enero, los machos con los que se inició el estudio se retiraron de ambos grupos experimentales y se sustituyeron por otros machos foto-estimulados o mantenidos en condiciones naturales de fotoperiodo, respectivamente en cada grupo.

En el grupo en contacto con machos cabríos sexualmente activos, las concentraciones plasmáticas de LH se mantuvieron elevadas durante todo el estudio. En contraste, en el grupo en contacto con machos cabríos mantenidos en condiciones naturales de fotoperiodo, los niveles plasmáticos de LH disminuyeron significativamente ($P < 0.05$) en marzo y abril, durante el anestro estacional.

Los resultados del presente estudio permiten concluir que los machos foto-estimulados evitan la disminución de las concentraciones plasmáticas de LH en cabras OVX+E durante el anestro estacional.

Palabras clave: caprinos, estacionalidad reproductiva, hormona luteinizante, presencia del macho, libido.

1 Introducción

Las hembras caprinas locales de la Comarca Lagunera manifiestan estacionalidad de su actividad reproductiva: el anestro estacional o reposo sexual ocurre de febrero a agosto (Duarte *et al.*, 2008). Asimismo, los machos cabríos de esta comarca manifiestan estacionalidad de su actividad reproductiva: el periodo de reposo sexual ocurre de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999). Esta estacionalidad reproductiva de los caprinos se debe a las variaciones del fotoperiodo (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). Por tanto, los tratamientos fotoperiódicos permiten estimular la actividad sexual de los machos durante el reposo. Además, en las hembras, las relaciones socio-sexuales, particularmente el efecto macho, permiten estimular el estro y las ovulaciones durante el anestro estacional. Así, la introducción de un macho en un grupo de cabras anéstricas induce las actividades estral y ovulatoria. La proporción de cabras que ovula es mayor cuando se utilizan machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a días largos artificiales, que cuando se utilizan machos en reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2011). Además, en cabras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol (OVX+E), el contacto con los machos induce inmediatamente un incremento de las concentraciones plasmáticas de LH (Martin *et al.*, 1983).

Recientemente se demostró que la presencia continua de los machos sexualmente activos evita la aparición del anestro estacional, permitiendo que las hembras ovulen durante todo el año (Delgadillo *et al.*, 2015). Sin embargo, se

desconoce si en las cabras OVX+E la presencia continua de estos machos sexualmente activos evita la disminución de los niveles plasmáticos de LH durante el anestro estacional.

2 Revisión bibliográfica

2.1 Estacionalidad reproductiva en mamíferos

Algunos mamíferos silvestres han desarrollado la capacidad de manifestar su actividad reproductiva de forma estacional, es decir, durante ciertos meses del año (Bronson, 1985). Este mecanismo de adaptación evolutiva tiene el propósito de asegurar la supervivencia de las especies, permitiendo que el nacimiento de las crías ocurra durante el periodo de mayor disponibilidad de alimento y mejores condiciones climáticas (Malpoux *et al.*, 2006).

2.2 Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos

Las hembras caprinas de algunas razas originarias o adaptadas a zonas subtropicales manifiestan actividad sexual estacional (Restall *et al.*, 1992; Duarte *et al.*, 2008). En las cabras locales de la Comarca Lagunera (26° N), la actividad ovulatoria se presenta de septiembre a febrero, lo que se conoce como estación sexual. El periodo anovulatorio se presenta de marzo a agosto, lo que se conoce como periodo de anestro estacional (Duarte *et al.*, 2008). En los machos cabríos locales de la Comarca Lagunera se observa también la estacionalidad de la actividad sexual. El periodo de actividad sexual ocurre de mayo a diciembre, y el de reposo sexual de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999).

2.3 El fotoperiodo y su papel sobre la estacionalidad reproductiva

En los caprinos, el fotoperiodo, es decir, la cantidad de horas luz que percibe diariamente un animal, es el principal factor medio ambiental que determina la estacionalidad reproductiva de hembras y machos. En condiciones experimentales, los días cortos (10 h de luz/día) estimulan las ovulaciones y la secreción de testosterona, mientras que los días largos (14 h de luz/día) inhiben las ovulaciones y disminuyen los niveles plasmáticos de la testosterona (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). En los animales sometidos a las variaciones naturales de la duración del día, el fotoperiodo sincroniza el ritmo endógeno de reproducción, determinando la alternancia entre los periodos de actividad y reposo sexual (Gómez-Brunet *et al.*, 2008).

La acción del fotoperiodo sobre la actividad sexual se hace a través de la modificación de la retroalimentación negativa del estradiol sobre el eje hipotálamo-hipofisario, regulando la secreción de las gonadotropinas (hormona luteinizante o LH, y hormona folículo estimulante o FSH), y por tanto la ovulación (Mori *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1988). Durante los días cortos o decrecientes disminuye la retroalimentación negativa del estradiol sobre las gonadotropinas, lo que permite incrementar la secreción de LH, permitiendo que ocurra la ovulación. En cambio, durante los días largos o crecientes se incrementa la retroacción negativa del estradiol sobre las gonadotropinas, lo que disminuye la secreción de LH, inhibiendo la ovulación (Karsch *et al.*, 1984; Duarte *et al.*, 2010). El efecto de la retroacción negativa del estradiol sobre las gonadotropinas se demostró claramente en las

hembras ovariectomizadas portadoras de implantes subcutáneos de estradiol (OVX+E). En estas hembras, las concentraciones plasmáticas de LH presentan las mismas variaciones que la actividad ovulatoria de las hembras intactas. En efecto, en las cabras OVX+E, las concentraciones plasmáticas de LH son elevadas durante la estación sexual, y basales durante el periodo de anestro estacional (Henniawati *et al.*, 1995; Duarte *et al.*, 2008).

2.4 Efecto macho

En las hembras caprinas, la introducción de un macho en un grupo de hembras anéstricas estimula la actividad estral y ovulatoria en los primeros días de contacto entre los dos sexos. Este fenómeno de bio-estimulación sexual se conoce como “efecto macho” (Chemineau, *et al.*, 1987; Delgadillo *et al.*, 2006). La respuesta inmediata de las hembras intactas a la introducción del macho es el incremento en las concentraciones plasmáticas de LH, lo que desencadena la ovulación y el estro en la mayoría de las hembras en los 5 primeros días de contacto entre los dos sexos (Chemineau *et al.*, 1987; Vielma *et al.*, 2009; Bedos *et al.*, 2014). La respuesta endocrina (secreción de LH) y/o sexual (estro y ovulación) de las hembras a la presencia de los machos depende del comportamiento sexual de éstos. En efecto, los machos cabríos que despliegan un intenso comportamiento sexual en el periodo de reposo al ser expuestos a días largos en otoño-invierno, son más eficientes para estimular la actividad sexual de las cabras que aquellos machos no tratados que están en reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002). Además, en las cabras OVX+E

expuestas a los machos sexualmente activos, las concentraciones plasmáticas de LH son más elevadas que en aquellas hembras expuestas a los machos en reposo sexual (Muñoz *et al.*, resultados no publicados). Estos resultados sugieren que los machos sexualmente activos son más eficientes que los machos en reposo sexual para estimular las actividades endocrina y sexual de las cabras anéstricas.

En cabras, la presencia continua de machos sexualmente activos permite que las hembras ovulen durante todo el anestro estacional. En cambio, la presencia de machos sexualmente inactivos, no evitó la presentación de este anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2015). Estos resultados sugieren que la presencia de machos cabríos sexualmente activos durante el anestro estacional reduce la retroalimentación negativa del estradiol sobre la LH, permitiendo que las hembras ovulen durante el anestro estacional. Sin embargo, no se sabe si en las cabras OVX+E, la presencia de los machos sexualmente activos evitan la reducción de las concentraciones plasmáticas de LH durante el anestro estacional.

3 Objetivo

Determinar si la presencia permanente de machos foto-estimulados evita la disminución de las concentraciones plasmáticas de LH en cabras OVX+E durante el anestro estacional.

4 Hipótesis

Las concentraciones plasmáticas de LH en cabras OVX+E en contacto con machos sexualmente activos permanecen elevadas durante el anestro estacional, mientras que dichas concentraciones disminuyen cuando las cabras son puestas en contacto con machos sexualmente inactivos.

5 Materiales y métodos

5.1 Generalidades del experimento

El presente estudio se realizó desde la primera semana de noviembre de 2013 hasta la última semana de abril de 2014 en el municipio de Torreón, Coahuila, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Latitud N 26° 23', Longitud 104° 47' O). En Torreón, Coahuila, el fotoperiodo varía de 13 h 41 min de luz solar durante el solsticio de verano a 10 h 19 min de luz solar durante el solsticio de invierno. Además, Torreón, Coahuila, se caracteriza por tener un clima semicálido, seco, y con una precipitación anual promedio de 200 mm (rango: 163-504 mm). La estación de lluvia ocurre de mayo-junio a septiembre-octubre, con una amplia variabilidad interanual (CONAGUA, 2012). Los animales utilizados en el presente estudio permanecieron en corrales abiertos y sombreados. La alimentación de los machos y hembras consistió en 2 kg de heno de alfalfa (18% PC), más 200 g de alimento concentrado comercial (14% PC; 1.7 Mcal/kg) a cada uno, con libre acceso al agua y sales minerales en block.

5.2 Descripción de los animales de estudio

5.2.1 Hembras

Se utilizaron 26 hembras caprinas locales de Torreón, Coahuila, cuya edad variaba entre 2 y 4 años. Las cabras se ovariectomizaron en febrero 2013. Posteriormente a las ovariectomías, cada hembra recibió un implante subcutáneo de silastic de 12 mm de longitud con diámetro interno de 3.35mm y diámetro externo de 4.65mm (Malpaux *et al.*, 1988; Duarte *et al.*, 2008). Los implantes contenían estradiol-17 β cristalino (Sigma Chemical Co., Strasbourg).

5.2.2 Machos

Se utilizaron 8 machos cabríos locales de Torreón, Coahuila, cuya edad variaba entre 2 y 5 años. Un grupo de machos cabríos (n=6) se mantuvo bajo las variaciones naturales del fotoperiodo durante todo el estudio. Estos animales fueron el grupo de machos control. Los otros dos machos recibieron, del 15 de julio al 15 de septiembre, dos implantes subcutáneos que contenían 18 mg de melatonina cada uno (MELOVINE[®] CEVA Sanite Animale, France). Al remover los implantes de melatonina, los dos machos se expusieron a días largos artificiales (16 horas de luz/8 horas de oscuridad) del 16 de septiembre al 30 de noviembre. La luz artificial se proporcionó de 6:00 a 8:00 horas y de 17:00 a 22:00 horas. La intensidad de la luz fue de al menos 300 lux al nivel de los ojos de los animales. Posteriormente, a partir

del 1 de diciembre, los machos percibieron las variaciones naturales del fotoperiodo. Este tratamiento estimula la actividad sexual de los machos de enero a abril, meses que corresponden al reposo sexual natural (Delgadillo *et al.*, 2015). Estos animales fueron los dos machos foto-estimulados, sexualmente activos.

5.3 Contacto entre machos y hembras

El 29 de octubre, las cabras se dividieron en dos grupos homogéneos según su condición corporal (n=13 cada grupo; escala: 1, flaca; 4, obesa; Walkden-Brown *et al.*, 1997). Un grupo de hembras (n=13) con una condición corporal de 2.7 ± 0.1 (promedio \pm EEM) permaneció en contacto con dos machos control (n=2) en noviembre y diciembre, los cuales desplegaron un intenso comportamiento sexual por encontrarse en la estación sexual natural. En la primera semana de enero, esos machos se retiraron del grupo correspondiente y se introdujeron otros dos machos control (n=2) que permanecieron con las hembras hasta la última semana de abril, cuando finalizó el estudio. Estos machos desplegaron un débil comportamiento sexual de enero a abril. Otro grupo de hembras con una condición corporal de 2.8 ± 0.1 permaneció en contacto con dos machos control (n=2) en noviembre y diciembre al igual que el grupo anterior. En enero, estos machos se retiraron del grupo, y se introdujeron dos machos foto-estimulados, los cuales mostraron un intenso comportamiento sexual a partir de la primera semana de enero y hasta la última semana de abril (Figura 1). El comportamiento sexual desplegado por los machos control y foto-estimulados se evaluó individualmente una vez al mes por 15 minutos.

Las conductas sexuales que se registraron fueron las aproximaciones laterales, olfateos ano-genitales, intentos de monta, auto-marcajes con orina y flehmen. Sin embargo, sólo se muestran las aproximaciones, variable indicativa de la intensidad del comportamiento sexual de los machos (Delgadillo *et al.*, 2015)

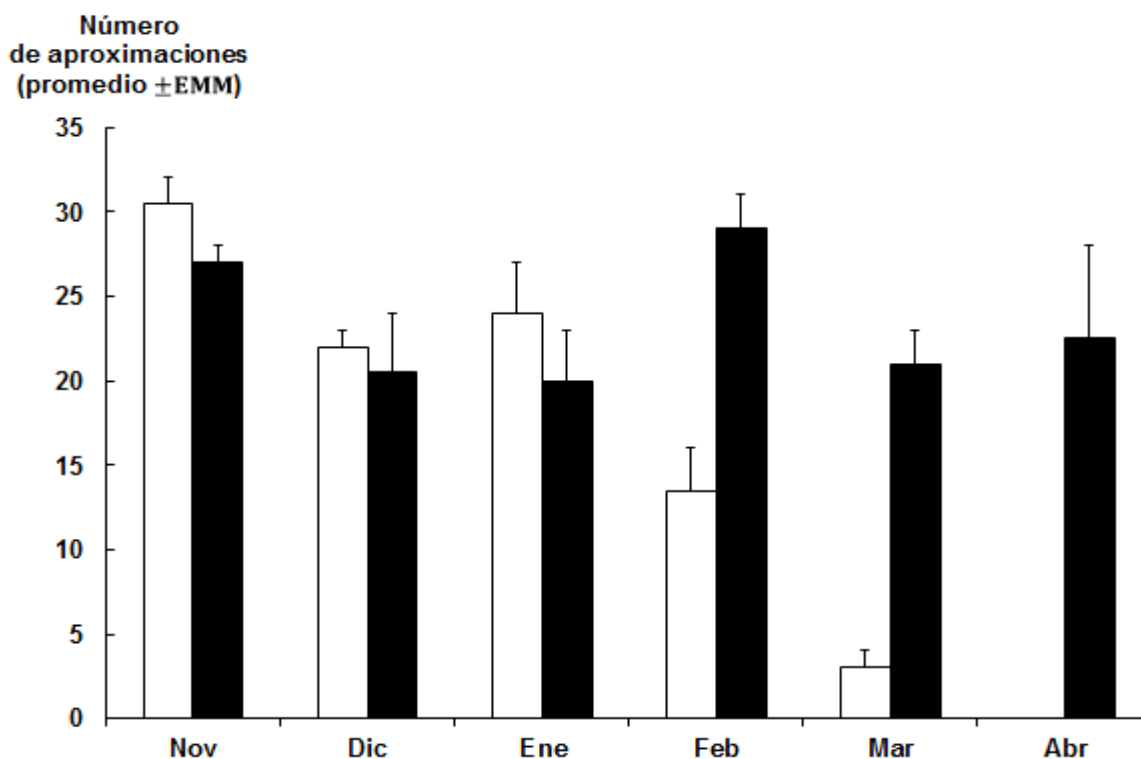


Figura 1. Número promedio de aproximaciones de machos cabríos control (□), y de los machos foto-estimulados (■). Los machos control permanecieron bajo el fotoperiodo natural durante el estudio. Los machos foto-estimulados recibieron del 15 de julio al 15 de septiembre, dos implantes subcutáneos que contenían 18 mg de melatonina cada uno. Al remover los implantes de melatonina, los machos se expusieron a días largos artificiales (16 horas de luz/8 horas de oscuridad) del 16 de septiembre al 30 de noviembre. Posteriormente se sometieron a las variaciones naturales del fotoperiodo.

5.4 Variables determinadas

5.4.1 Hembras

En las hembras se determinaron las concentraciones plasmáticas de LH. Para ello, se obtuvieron 5 ml de sangre por punción de la vena yugular tres veces por semana en tubos que contenían heparina para evitar la coagulación. Estas muestras se centrifugaron a 3500 rpm durante 30 minutos. Posteriormente se recuperó el plasma sanguíneo y se congeló a -20 °C hasta la determinación de las concentraciones plasmáticas de LH por radioinmunoanálisis según la técnica descrita por Faure *et al.* (2005). La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/mL y el coeficiente de variación intra-análisis fue de 6.2%.

5.5 Análisis estadísticos

Las concentraciones plasmáticas de LH de los dos grupos de hembras se compararon mediante el análisis de varianza con medidas repetidas a dos factores: tiempo y grupo. Posteriormente los resultados de cada muestra se compararon utilizando la prueba T de Student.

6 Resultados

6.1 Concentraciones plasmáticas de LH en las hembras OVX+E

Las concentraciones plasmáticas de LH variaron durante el estudio en los dos grupos de hembras (efecto del tiempo: $P < 0.001$). Sin embargo, estas variaciones fueron diferentes entre ellos (efecto del grupo: $P < 0.001$). En efecto, en las hembras en contacto con los machos control, y en aquellas en contacto con los machos control y foto-estimulados, las concentraciones plasmáticas de LH no fueron diferentes de noviembre a febrero ($P > 0.05$; Figura 2). En cambio, las concentraciones plasmáticas de LH en marzo y abril, fueron superiores en las cabras en contacto con los machos foto-estimulados, que en las cabras en contacto con los machos control ($P < 0.05$; Figura 2).

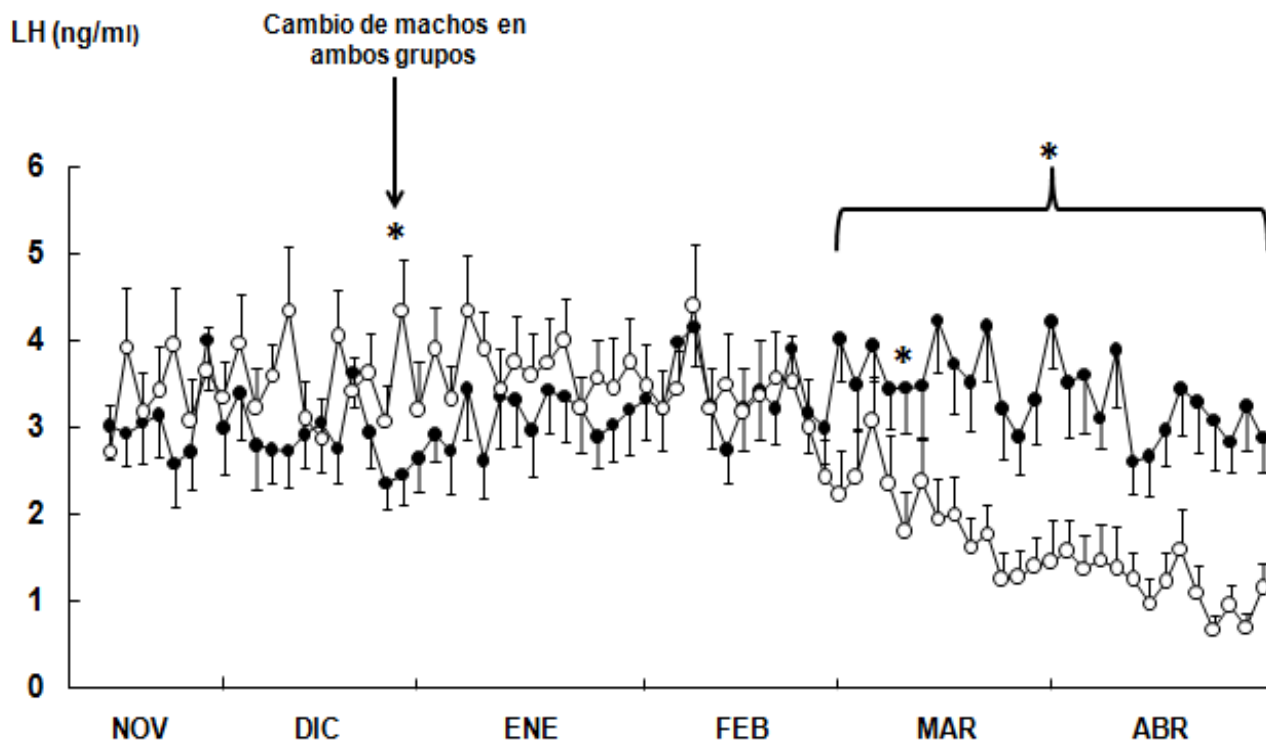


Figura 2. Niveles plasmáticos de LH (promedio \pm EEM) de cabras OVX+E expuestas a machos control durante todo el estudio (○), o en aquellas hembras expuestas a machos control de noviembre a enero, y a machos foto-estimulados de la primera semana de enero a la última semana de abril (●). Los machos control permanecieron bajo el fotoperiodo natural durante el estudio. Los machos foto-estimulados recibieron del 15 de julio al 15 de septiembre, dos implantes subcutáneos que contenían 18 mg de melatonina cada uno. Al remover los implantes de melatonina, los machos se expusieron a días largos artificiales (16 horas de luz/8 horas de oscuridad) del 16 de septiembre al 30 de noviembre. Posteriormente se sometieron a las variaciones naturales del fotoperiodo (* $P < 0.05$).

7 Discusión

Los resultados del presente estudio muestran que en las cabras en contacto con los machos foto-estimulados, las concentraciones de LH no disminuyeron durante el anestro estacional. En cambio, en las cabras expuestas a los machos control, las concentraciones plasmáticas de LH disminuyeron durante el anestro estacional. El perfil de secreción de la LH en las cabras en contacto con los machos control durante la estación sexual y el anestro, coincide con lo reportado previamente en cabras OVX+E en contacto con machos cabríos expuestos a las variaciones naturales del fotoperiodo. En efecto, en estas hembras, las concentraciones plasmáticas de LH son elevadas durante la estación sexual, y bajas durante el anestro (Duarte *et al.*, 2008). En conjunto, los resultados del presente estudio confirman la hipótesis inicial, y demuestran que la presencia de los machos foto-estimulados evita la disminución de las concentraciones plasmáticas de LH en las cabras OVX+E durante el anestro estacional.

En el presente estudio, las concentraciones plasmáticas de LH en las hembras en contacto con machos control durante todo el estudio, y en las cabras en contacto con machos cabríos control (noviembre-diciembre), y con machos foto-estimulados (enero-abril), no fueron diferentes de noviembre a febrero, meses que corresponden a la estación sexual natural. Durante la estación sexual, la retroacción negativa del estradiol sobre la LH es débil, por lo que las concentraciones plasmáticas de LH fueron elevadas y similares entre las hembras de los dos grupos, independientemente de la presencia de machos control o foto-estimulados (Mori *et*

al., 1987; Chemineau *et al.*, 1988). Durante el anestro estacional (marzo-abril), las concentraciones plasmáticas de LH disminuyeron en las hembras en contacto con los machos control. Esta disminución de la LH se debió, muy probablemente, al incremento de la retroacción negativa del estradiol sobre la LH, tal y como se describió previamente (Mori *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1988; Duarte *et al.*, 2008). Es importante señalar que la LH disminuyó aun en presencia de los machos control reintroducidos en enero, lo que sugiere que éstos no modificaron la retroacción negativa del estradiol sobre la LH. En cambio, las concentraciones plasmáticas de LH no disminuyeron durante el anestro en las hembras en contacto con los machos foto-estimulados. Este último resultado sugiere que la presencia de los machos foto-estimulados disminuyó, muy probablemente, la retroacción negativa del estradiol sobre la LH, evitando su disminución durante el anestro estacional (Mori *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1988; Duarte *et al.*, 2008). Esta hipótesis se confirma porque la presencia de machos sexualmente activos permite que las hembras intactas ovulen durante el anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2015), y la introducción de machos foto-estimulados incrementa la secreción de LH en hembras OVX+E en el anestro estacional (Muñoz. *et al.*, resultados no publicados). En conjunto, los resultados del presente trabajo demuestran que los machos foto-estimulados disminuyen la retroacción negativa del estradiol, evitando la disminución de la LH durante el anestro estacional.

En el presente estudio, los machos foto-estimulados desplegaron un mayor número de conductas sexuales durante el periodo de reposo sexual, que los machos control, lo que coincide con lo reportado previamente por otros autores (Flores *et al.*,

2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Es probable que el intenso comportamiento sexual de los machos foto-estimulados modificara la retroacción negativa del estradiol sobre la LH. En efecto, los machos foto-estimulados despiertos, que despliegan un intenso comportamiento sexual, estimulan la secreción de la LH y la ovulación. En cambio, los machos foto-estimulados sedados, que no despliegan comportamiento sexual, no estimulan la secreción de la LH ni la ovulación (Vielma *et al.*, 2009; Martínez-Alfaro *et al.*, 2014). Estos resultados sugieren que el intenso comportamiento sexual de los machos cabríos foto-estimulados permite mantener elevados los niveles plasmáticos de LH en hembras OVX+E durante el anestro estacional.

8 Conclusión

Los resultados del presente estudio permiten concluir que los machos fotoestimulados evitan la disminución de las concentraciones plasmáticas de LH en cabras OVX+E durante el anestro estacional.

9 Literatura citada

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

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

Chemineau, P. (1987). Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and estrous cycles in anovulatory goats a review. *Livestock Production Science*, 17, 135-147.

Chemineau, P., Pelletier, J., Guérin, Y., Colas, G., Ravault, J., 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.

Comisión Nacional del Agua (2012). *Atlas del agua en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/SGP-36-12.pdf>

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.E., 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 Development*, 44, 183-193.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H., Fernández I.G. (2006). Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reproduction Nutrition and Development*, 44, 391-400.

Delgadillo, J.A., Ungerfeld, R., Flores, J.A., Hernández, H., Fitz-Rodríguez, G. (2011). The ovulatory response of anestrus goats exposed to the male effect in the subtropics is unrelated to their follicular diameter at male exposure. *Reproduction of Domestic Animals*, 46, 687-691.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Hernández, H., Poindron, P., Keller, M., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, I.G., Chemineau, P. (2015). Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. *Hormones and Behavior*, 69, 8-15

Duarte, G., Flores, J.A., Malpoux, 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.

Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. (2010). Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*, 120, 65-70.

Faure, M., Nicol, L., Fabre, S., Fontaine, J., Mohoric, N., McNeilly, A., Taragnat, C. (2005). BMP-4 inhibits follicle-stimulating hormone secretion in ewe pituitary. *Journal of Endocrinology*, 186, 109-121.

Flores, J.A., Véliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, 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, 1409-1414.

Gómez-Brunet, A., Santiago-Moreno, J., Del Campo, A., Malpoux, B., Chemineau, P., Tortonese, D.J., Gonzalez-Bulnes, A., López-Sebastian, A. (2008). Endogenous circannual cycles of ovarian activity and changes in prolactin and melatonin secretion in wild and domestic female sheep maintained under a long-day photoperiod. *Biology of Reproduction*, 78, 552-562

Henniawat, Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J. (1995). Effect of season on LH secretion in ovariectomized Australian cashmere does. *Journal of Reproduction and Fertility*, 103, 349-356.

Karsch, F.J., Bittman, E.L., Foster, D.L., Goodman, R.L., Legan, S.J., Robinson, J.E. (1984). Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Progress in Hormone Research*, 40, 185-232.

Malpoux, B., Robinson, J.E., Brown, M., Karsch, F. (1988) Importance of changing photoperiod and melatonin secretory pattern in determining the length of the breeding season in the Suffolk ewe. *Journal of Reproduction and Fertility*, 83, 461-170.

Malpaux, B., (2006). Seasonal regulation of reproduction in mammals. In: Neill, J.D., editor, Knobil and Neill's physiology of reproduction. 3rd ed. Elsevier, New York. 2231–2281.

Martin, G., Scaramuzzi, R., Henstridge, J. (1983). Effects of estradiol, progesterone and androstenedione on the pulsatile secretion of luteinizing hormone in ovariectomized ewes during spring and autumn. *Journal of Endocrinology*, 181-193.

Martínez-Alfaro, J., 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.

Mori, Y., Tanaka, M., Maeda, K., Hoshino, K., Kano, Y. (1987). Photoperiodic modification of negative and positive feedback effects of estradiol on LH secretion in ovariectomized goats. *Journal of Reproduction and Fertility*, 80, 523-529.

Restall, B.J. (1992). Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Animal Reproduction Science*, 27, 305-318.

Rivas-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. (2007). Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *Journal of Animal Science*, 85, 1257-1263.

Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. (2009). Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats. *Hormones and Behavior*, 56, 444-449.

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