

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“Los machos fotoestimulados incrementan, durante el anestro, los niveles plasmáticos de LH, en cabras ovariectomizadas que portan un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contiene 17-β estradiol”**

**POR**

**ALEJANDRO JOAQUÍN CRUZ**

**TESIS**

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

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**JUNIO DE 2017**

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

“Los machos fotoestimulados incrementan, durante el anestro, los niveles plasmáticos de LH, en cabras ovariectomizadas que portan un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contiene 17-β estradiol”

POR  
ALEJANDRO JOAQUÍN CRUZ

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. JOSE ALFREDO FLORES CABRERA

VOCAL:

  
DR. GERARDO DUARTE MORENO

VOCAL SUPLENTE:

  
DR. ALFONSO LONGINOS MUÑOZ BENÍTEZ

  
DR. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
Regional de Ciencia Animal



TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2017

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

“Los machos fotoestimulados incrementan, durante el anestro, los niveles plasmáticos de LH, en cabras ovariectomizadas que portan un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contiene 17-β estradiol”

POR  
ALEJANDRO JOAQUÍN CRUZ

TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

ASESOR:

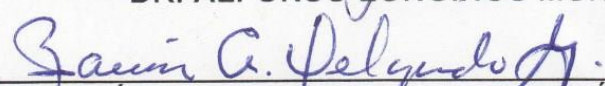
  
DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

ASESOR:

  
DR. GERARDO DUARTE MORENO

ASESOR:

  
DR. ALFONSO LONGINOS MUÑOZ BENÍTEZ

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



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2017

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a **DIOS** por darme la vida, su bendición y fuerza para permanecer en el camino correcto y no dejarme doblar ante ningún problema, gracias por ponerme gente buena en mi camino.

A mis **Padres**, las dos personas que amo y que nunca me abandonaron en este largo camino, y que a pesar de la distancia siempre conté ellos, **Pedro Joaquín Santiago y Apolonia Cruz**. Hoy en estos pequeños, pero significativos párrafos, quiero darles las gracias y decirles que estoy eternamente agradecido por todo lo que me han brindado sin pedir nada a cambio, ¡gracias por ser mis padres!

A mis **Hermanos**, por ser mis amigos, por estar siempre ahí para escucharme, brindarme su apoyo y darme aliento para seguir adelante.

A todas **aquellas personas** que participaron en forma directa en mi largo, difícil pero bendito camino, que me dieron aliento para seguir adelante.

A mi UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO que dentro y por medio de ella hice realidad un sueño.

A mis **Maestros** por contribuir con mi enseñanza, orientarme en este cortó pero significativo camino.

A mi comité de tesis conformado por los Doctores **Alfonso Longinos Muñoz Benítez, Gerardo Duarte Moreno, José Alberto Delgadillo Sánchez, y José Alfredo Flores Cabrera**, por su apoyo en la realización y revisión de la presente tesis.

**DEDICATORIA**

**CON CARÍÑO**

**A MIS PADRES:**

**APOLONIA CRUZ**

**PEDRO JOAQUÍN SANTIAGO**

**A MIS HERMANOS:**

**ROSA ISELA, REYNALDO, ARACELI, MAURILIO,**

**LUCINA, NOÉ, FRANCISCO Y LEOBARDO.**

**¡DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE!**

## RESUMEN

En hembras caprinas, las concentraciones plasmáticas de LH son bajas durante el anestro estacional debido a la retroacción negativa que el estradiol ejerce sobre la secreción de la LH. El objetivo del estudio fue determinar si los machos cabríos fotoestimulados son capaces de incrementar los niveles plasmáticos de LH en cabras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de estradiol de 6 mm de longitud (OVX+E2). En el mes de abril, un grupo de cabras OVX + E2 (n=6) se expuso a un macho fotoestimulado, sexualmente activo, mientras que otro grupo de cabras OVX + E2 (n=6) se expuso a un macho control, en reposo sexual. Las concentraciones plasmáticas de LH se determinaron cada 15 minutos durante 6 horas antes de introducir los machos en los grupos de hembras, y durante 6 horas después de su introducción. Las concentraciones plasmáticas de LH no difirieron entre ambos grupos en las 6 horas antes de la introducción de los machos ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, después de la introducción de los machos, los niveles plasmáticos de LH fueron superiores en las hembras expuestas al macho fotoestimulado, que en las hembras expuestas al macho control ( $P < 0.05$ ). Estos resultados permiten concluir que los machos cabríos fotoestimulados son capaces de incrementar los niveles plasmáticos de LH en cabras ovariectomizadas portadoras de un implante de estradiol de 6 mm de longitud. Este incremento de la LH se debe, muy probablemente, a que los machos cabríos fotoestimulados contrarrestan la retroacción negativa del estradiol sobre la LH.

**Palabras clave:** Caprinos, hembras ovariectomizadas, anestro estacional, tratamiento fotoperiódico, efecto macho, LH.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ÍNDICE</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
<b>2.1 Estacionalidad sexual en caprinos y ovinos</b> .....	3
<b>2.2 El fotoperiodo regula la estacionalidad reproductiva en caprinos y ovinos</b> .....	3
<b>2.3 La retroalimentación negativa del estradiol sobre el eje reproductivo</b> .....	4
<b>2.4 Estimulación de la actividad sexual durante el periodo de reposo sexual</b> .....	5
<b>2.4.1 Estimulación de la actividad sexual de las hembras caprinas</b> .....	5
<b>2.4.2 Estimulación de la actividad sexual de los machos cabríos</b> .....	5
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	7
<b>4. OBJETIVO</b> .....	8
<b>5. HIPÓTESIS</b> .....	8
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	9
<b>6.1 Condiciones generales del experimento</b> .....	9
<b>6.2 Descripción de los animales experimentales</b> .....	10
<b>6.2.1 Hembras</b> .....	10
<b>6.2.2 Machos</b> .....	10
<b>6.3 Efecto macho</b> .....	11
<b>6.4 Variables medidas</b> .....	11
<b>6.4.1 Hembras</b> .....	11
<b>6.4.2 Machos</b> .....	12
<b>6.5 Análisis estadísticos</b> .....	12
<b>7. RESULTADOS</b> .....	13
<b>7.1 Concentraciones plasmáticas de LH</b> .....	13
<b>7.2 Comportamiento sexual de los machos</b> .....	13
<b>Figura 1</b> .....	14

<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	15
<b>9. CONCLUSIÓN</b> .....	18
<b>10. LITERATURA CITADA</b> .....	19



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Concentraciones plasmáticas promedio de LH de cabras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contenía estradiol 17- $\beta$ , expuestas a un macho fotoestimulado (●) o a un macho control (○).....	14
--	----

## 1. INTRODUCCIÓN

La reproducción de las hembras caprinas locales de la Comarca Lagunera (26° N) es estacional. Así, la estación sexual caracterizada por la ciclicidad estral y ovulatoria se desarrolla en cabras sin presencia de macho, entre septiembre y febrero, mientras que el anestro estacional que se caracteriza por ausencia de estros y ovulaciones se desarrolla de marzo a agosto (Duarte *et al.*, 2008). La transición entre la estación sexual y el anestro estacional está regulada principalmente por la variación del fotoperiodo (Duarte *et al.*, 2010). Los días crecientes del año incrementan la retroacción negativa del estradiol sobre el eje hipotálamo-hipófisis, disminuyendo la secreción de las gonadotropinas (LH y FSH), provocando en consecuencia el cese de la actividad estral y ovulatoria (Mori *et al.*, 1987; Duarte *et al.*, 2008).

En las hembras caprinas que manifiestan estacionalidad reproductiva, la introducción de machos en un grupo de hembras durante el periodo de anestro estimula la secreción de LH, desencadenando a su vez el estro y la ovulación dentro de los primeros 5 días de iniciado el contacto entre los dos sexos (Delgadillo *et al.*, 2009; Vielma *et al.*, 2009). En ovejas ovariectomizadas que portan un implante subcutáneo que libera constantemente estradiol (OVX+E2), la introducción de un macho durante el periodo de anestro estacional provoca un incremento de los niveles plasmáticos de LH (Martin *et al.*, 1983). La respuesta endocrina y sexual de cabras y ovejas a la introducción del macho durante el periodo de anestro estacional, depende de la intensidad del comportamiento sexual desplegado por los machos (Bedos *et al.*, 2014; Abecia *et al.*, 2015;

Delgadillo et al., 2015). En efecto, los machos cabríos fotoestimulados son más eficaces que los machos control para estimular la actividad ovulatoria y la secreción de LH durante el anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2011; Bedos *et al.*, 2014). Probablemente la respuesta diferente de las hembras se debe a que los machos fotoestimulados son capaces de contrarrestar o reducir el efecto de la retroacción negativa que ejerce el estradiol sobre la secreción de LH durante el anestro estacional. En este estudio se determinó si los machos cabríos fotoestimulados son capaces de incrementar las concentraciones plasmáticas de LH durante el anestro estacional, en cabras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contiene estradiol.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Estacionalidad sexual en caprinos y ovinos

Los machos y hembras de diferentes razas ovinas y caprinas originarias o adaptadas a regiones subtropicales manifiestan su actividad sexual o reproductiva de manera estacional (Restall., 1992; Duarte *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2011). En el caso particular de las hembras caprinas de la Comarca Lagunera (26° latitud norte), la estación sexual, caracterizada por la presentación de estros y ovulaciones cada  $21 \pm 4$  (promedio  $\pm$  EEP) días, se presenta de septiembre a febrero. A su vez, el periodo de anestro estacional, caracterizado por ausencia de estros y anovulación, se presenta de marzo a agosto (Duarte *et al.*, 2008). En los machos cabríos locales de esta misma Comarca, la estación de reposo sexual, caracterizada por una dramática disminución del comportamiento sexual del macho, olor y las vocalizaciones, debido al descenso de los niveles plasmáticos de testosterona, se presenta de enero a mayo (Delgadillo *et al.*, 1999).

### 2.2 El fotoperiodo regula la estacionalidad reproductiva en caprinos y ovinos

El fotoperiodo es el principal factor medioambiental que regula la estacionalidad reproductiva en caprinos y ovinos originarios de zonas templadas y subtropicales, el cual sincroniza el inicio y final de la estación sexual (Chemineau *et al.*, 1992a; Malpoux *et al.*, 1996; Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). La información fotoperiódica es percibida por la retina. El estímulo nervioso que provoca el fotoperiodo, llega a la glándula pineal, la cual secreta la hormona denominada melatonina. Esta hormona se secreta únicamente durante la noche o

bien durante periodos de oscuridad, y es la duración de su secreción la que permite al animal diferenciar entre un día largo y un día corto (Chemineau *et al.*, 1992b; Delgadillo *et al.*, 2001). Tanto en los machos como en las hembras, los días cortos estimulan la actividad sexual, mientras que los días largos la inhiben (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010).

### **2.3 La retroalimentación negativa del estradiol sobre el eje reproductivo**

En cabras y ovejas intactas, el efecto inhibitorio que tienen los días largos sobre la actividad sexual se realiza a través del incremento de la retroacción negativa que ejerce el estradiol sobre la secreción de la LH, la cual es fundamental para que ocurra la ovulación (Karsch *et al.*, 1984; Mori *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1988; Duarte *et al.*, 2010). En contraste, durante los días cortos, la retroacción negativa del estradiol sobre la LH disminuye, permitiendo la ovulación.

El efecto del estradiol sobre la secreción de la LH se demostró en hembras ovinas y caprinas ovariectomizadas portadoras de implantes subcutáneos que liberan constantemente estradiol (OVX+E2; Karsch *et al.*, 1984; Duarte *et al.*, 2008). Así, en las cabras OVX+E2, las concentraciones plasmáticas de LH se incrementan durante la estación sexual, debido a que se reduce la retroacción negativa del estradiol sobre la LH. En cambio, las concentraciones plasmáticas de LH disminuyen durante el anestro estacional, debido a que se incrementa la sensibilidad del eje hipotálamo-hipófisis a la retroacción negativa del estradiol sobre la LH (Henniawati *et al.*, 1995; Duarte *et al.*, 2008).

## **2.4 Estimulación de la actividad sexual durante el periodo de reposo sexual**

### **2.4.1 Estimulación de la actividad sexual de las hembras caprinas**

La introducción de un macho cabrío en un grupo de cabras en anestro estacional, estimula la actividad estral y ovulatoria en los primeros 5 días de contacto entre los dos sexos. Este fenómeno de bioestimulación sexual se conoce como “efecto macho” (Chemineau, 1987; Delgadillo *et al.*, 2006). Inmediatamente después de exponer las hembras al macho, se incrementan las concentraciones plasmáticas de LH y estradiol, permitiendo la presentación de estros y ovulaciones en la mayoría de las hembras (Chemineau, 1987; Bedos *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2016). La respuesta endocrina (secreción de LH) y/o sexual (estro y ovulación) de las hembras a la presencia de los machos depende de la intensidad del comportamiento sexual desplegado por los machos. En efecto, los machos cabríos que manifiestan un intenso comportamiento sexual en el periodo de reposo sexual al ser expuestos a días largos en otoño-invierno, son más eficientes para estimular la actividad endocrina y sexual de las cabras que aquellos machos no tratados que se encuentran en reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Bedos *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2016).

### **2.4.2 Estimulación de la actividad sexual de los machos cabríos**

Durante el periodo de reposo sexual, la actividad sexual de los machos cabríos puede ser estimulada al someterlos a días largos artificiales (16 horas luz/día) del 1 de noviembre al 15 de enero, seguidos de la percepción de días naturales, los cuales tienen una duración menor a 16 horas de luz/día. Este

tratamiento fotoperiódico, induce el incremento de las concentraciones plasmáticas de testosterona, y en consecuencia, el incremento del olor del macho y del comportamiento sexual, de marzo a mayo, es decir, durante aproximadamente 2 meses (Delgadillo *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2015).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los resultados descritos previamente indican que los machos cabríos fotoestimulados inducen la actividad endocrina y sexual de las cabras intactas durante el anestro estacional. Es probable que la presencia de los machos cabríos fotoestimulados disminuya o modifique de manera importante la retroacción negativa que el estradiol ejerce sobre la secreción de la LH. Esta posibilidad puede corroborarse en cabras OVX+E2 expuestas a machos fotoestimulados o control.



#### **4. OBJETIVO**

Determinar durante el anestro estacional, si los machos cabríos fotoestimulados incrementan las concentraciones plasmáticas de LH en hembras caprinas ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contiene estradiol 17- $\beta$ .

#### **5. HIPÓTESIS**

Los machos cabríos fotoestimulados incrementan, durante el anestro estacional, las concentraciones plasmáticas de LH en hembras caprinas ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contiene estradiol 17- $\beta$ .

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Condiciones generales del experimento

El experimento se realizó en la Comarca Lagunera (latitud 26° 23'N, longitud 104° 47'O), en el estado de Coahuila, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 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 y las hembras se alojaron en corrales abiertos acondicionados con sombra, y a cada animal se ofreció diariamente de 2 kg de heno de alfalfa (18% PC), y 200 g de concentrado comercial (14% PC, 1.7 Mcal/kg), con libre acceso a sales minerales y al agua.

Las hembras utilizadas en el estudio se ovariectomizaron en febrero de acuerdo al método descrito previamente por Goodman *et al.* (1982), y Montgomery *et al.* (1985). Después de la ovariectomía, a cada cabra se le colocó un implante subcutáneo de Silastic de 12 mm de longitud que contenía 17- $\beta$  estradiol (Sigma Chemical Co., Strasbourg; diámetro interno 3.35 mm y diámetro externo 4.65 mm), con la finalidad de evitar un incremento de la secreción de LH debido a la ausencia de estradiol endógeno (Duarte *et al.*, 2008; Malpaux *et al.*, 1988).

## **6.2 Descripción de los animales experimentales**

### **6.2.1 Hembras**

Se utilizaron 12 hembras caprinas multíparas. La edad variaba entre 2 y 4 años al inicio del experimento. El 1 de abril, a cada hembra se le retiró el implante de 12 mm, y se le colocó un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contenía 17- $\beta$  estradiol. Dichos implantes se mantuvieron en solución salina fisiológica durante 24 horas previas a su colocación, con la finalidad de evitar una liberación masiva de estradiol al ser colocados en las cabras.

### **6.2.2 Machos**

Se utilizaron 4 machos cabríos adultos de 3 años de edad. Dos machos se mantuvieron en condiciones naturales de fotoperiodo, mientras que los otros dos machos se sometieron a un tratamiento fotoperiódico con la finalidad de estimular su actividad sexual durante el periodo de reposo. Para esto, los machos se alojaron en un corral abierto provisto con sombra, y se sometieron a días largos artificiales del 1 de noviembre al 15 de enero (16 horas de luz / 8 horas de oscuridad). La luz artificial se proporcionó de 6:00 a 8:00 y de 17:00 a 22:00, con una intensidad promedio de 300 lux a nivel de los ojos de los animales. A partir del 16 de enero, los machos percibieron las variaciones fotoperiódicas naturales de días crecientes hasta finalizar el experimento. Aproximadamente entre 45 y 60 días después de haber finalizado el tratamiento fotoperiódico, se incrementa la secreción de testosterona y en consecuencia, se observa un incremento en la

intensidad del comportamiento sexual, así como del olor de los machos en marzo y abril, meses que corresponden al reposo sexual natural (Ponce *et al.*, 2014).

### **6.3 Efecto macho**

El 11 de abril, las hembras se separaron en dos grupos y se pusieron en contacto directo con los machos a las 13:00. Un grupo de cabras (condición corporal  $3.1 \pm 0.4$ ; promedio  $\pm$  Error Estándar de la Media: EEM;  $n=6$ ) se expuso a un macho fotoestimulado, mientras que otro grupo de cabras (condición corporal  $3.0 \pm 0.2$ ;  $n=6$ ) se expuso a un macho control. La distancia entre los dos grupos de cabras fue por lo menos de 200 m, con la finalidad de evitar cualquier influencia entre grupos.

### **6.4 Variables medidas**

#### **6.4.1 Hembras**

Las concentraciones plasmáticas de LH se determinaron cada 15 minutos, 6 horas previo a la introducción de los machos en cada grupo de hembras (7:00 a 13:00), y 6 horas después de la introducción de los machos en cada grupo de hembras (13:15 a 19:00). Todas las muestras sanguíneas se obtuvieron por venopunción yugular, y se colocaron en tubos que contenían 30  $\mu$ L de heparina como anticoagulante. Inmediatamente después de la obtención, las muestras se centrifugaron a 3500 rpm durante 30 minutos. Las muestras de plasma obtenidas se almacenaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta la determinación de los niveles plasmáticos de LH

por RIA, de acuerdo a la técnica descrita previamente por Faure *et al.* (2005). La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/mL y el coeficiente de variación intra-ensayo fue de 5.5%. Todas las muestras se analizaron en un solo ensayo.

#### **6.4.2 Machos**

El comportamiento sexual (aproximaciones laterales a las hembras) desplegado por los machos al introducirlos en los grupos de hembras, se registró de manera individual durante 15 minutos (13:00 a 13:15) inmediatamente después de la introducción de los machos en los grupos de hembras.

#### **6.5 Análisis estadísticos**

Los resultados obtenidos no mostraron distribución normal, por lo que se transformaron logarítmicamente antes de realizar los análisis estadísticos. Las concentraciones plasmáticas de LH se compararon mediante un ANOVA con medidas repetidas a dos factores: tiempo y grupo. Después, se calculó el promedio de las concentraciones plasmáticas de LH por periodos de 6 horas (6 horas previas, y 6 horas después de la introducción de los machos). Estos periodos se analizaron mediante un ANOVA a un factor (grupo). El número total de aproximaciones desplegadas por los machos fotoestimulado y control, se compararon usando la prueba de Chi-cuadrada. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico SYSTAT 13 (systat software, San José, California).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Concentraciones plasmáticas de LH

Las concentraciones plasmáticas de LH variaron durante el estudio en los dos grupos de cabras, indicando un efecto del tiempo ( $P < 0.05$ ). En cambio, no hubo efecto del grupo ( $P > 0.05$ ). Además, la evolución de los niveles plasmáticos de LH difirió entre los dos grupos de cabras, indicando una interacción entre el tiempo del estudio y el grupo ( $P < 0.05$ ). En efecto, antes de la introducción de los machos en cada grupo de hembras, las concentraciones plasmáticas de LH no fueron diferentes entre los grupos de hembras ( $1.03 \pm 0.46$  ng/mL vs.  $1.02 \pm 0.34$  ng/mL;  $P > 0.05$ ; Figura 1). Sin embargo, después de la introducción de los machos en cada grupo de hembras, las concentraciones plasmáticas de LH fueron superiores en las cabras expuestas al macho fotoestimulado ( $3.18 \pm 0.84$  ng/mL), que en las cabras expuestas al macho control ( $1.35 \pm 0.46$ ;  $P < 0.05$ ; Figura 1).

### 7.2 Comportamiento sexual de los machos

El número total de aproximaciones laterales desplegadas por los machos al ser introducidos en cada grupo de hembras, fue mayor en el macho fotoestimulado que en el macho control (49 vs. 0;  $P < 0.05$ ).

LH (ng/mL)

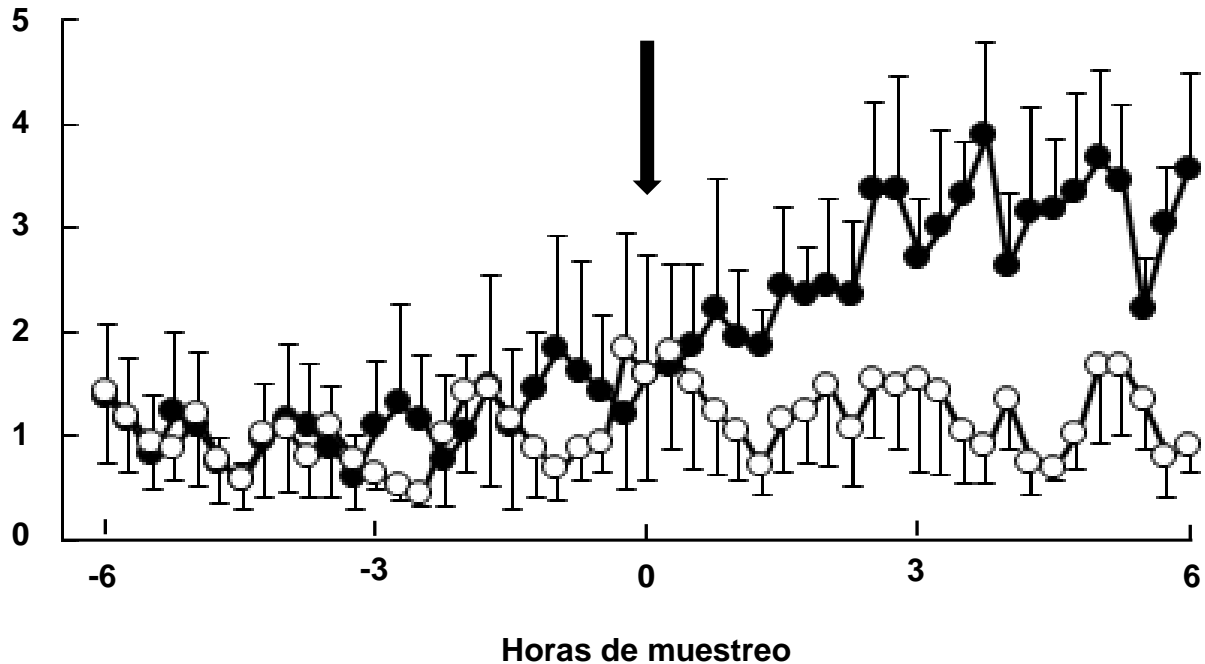


Figura 1. Concentraciones plasmáticas de LH (promedio  $\pm$  EEP) de cabras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contenía estradiol 17- $\beta$ . Un grupo de cabras se expuso a un macho fotoestimulado, sexualmente activo (●), mientras que otro grupo de cabras se expuso a un macho control, en reposo sexual (○). El macho fotoestimulado se sometió a días largos artificiales del 1 de noviembre al 15 de enero, seguidos de la exposición al fotoperiodo natural. El macho control se expuso a las condiciones fotoperiódicas naturales. ↓ Indica el momento de la introducción del macho en cada grupo de hembras.

## 8. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que la exposición a un macho fotoestimulado incrementa las concentraciones plasmáticas de LH durante el anestro estacional en las cabras OVX portadoras de un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contiene estradiol 17- $\beta$ . En cambio, la exposición al macho control, en reposo sexual, no incrementa los niveles plasmáticos de LH. Estos resultados confirman la hipótesis del estudio, de que los machos fotoestimulados estimulan la secreción de la LH, probablemente al disminuir la retroacción negativa que el estradiol ejerce sobre la secreción de la LH durante el anestro estacional.

En el presente estudio, las concentraciones plasmáticas de LH antes de la introducción de los machos fueron bajas, y no difirieron entre ambos grupos. Esto sugiere que en los dos grupos de cabras, el estradiol liberado por los implantes subcutáneos fue suficiente para disminuir la secreción de la LH, tal y como se describió anteriormente en cabras (Mori *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1988; Duarte *et al.*, 2008). En cambio, inmediatamente después de la introducción del macho fotoestimulado, los niveles plasmáticos de LH se incrementaron, pero este incremento de LH no se observó en el grupo de cabras expuesto al macho control. En las cabras expuestas al macho control, la LH no se incrementó, porque muy probablemente, la presencia del macho control no disminuyó la retroacción negativa del estradiol sobre la LH, la cual es fuerte durante el anestro estacional (Mori *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1988; Duarte *et al.*, 2008). Contrariamente a lo observado en las cabras expuestas al macho control, en las cabras expuestas al macho fotoestimulado, la LH se incrementó, porque muy probablemente, la



presencia de este macho disminuyó la retroacción negativa que el estradiol ejerce sobre la LH. Esta hipótesis se basa en los resultados reportados recientemente en las cabras: i) en cabras intactas, las concentraciones plasmáticas de LH son mayores en las cabras expuestas a los machos fotoestimulados que en aquellas en contacto con machos control (Vielma *et al.*, 2009; Bedos *et al.*, 2014); ii) en cabras OVX+E, la presencia permanente de los machos fotoestimulados evita la disminución estacional de las concentraciones plasmáticas de LH. Los resultados del presente estudio, y los descritos previamente por Vielma *et al.* (2009) y Bedos *et al.* (2014) muestran que la repentina introducción o la presencia permanente de los machos cabríos fotoestimulados incrementan las concentraciones plasmáticas de LH. Este incremento se debe, muy probablemente, a la disminución de la retroacción negativa del estradiol sobre la LH durante el anestro estacional.

En el presente estudio, el macho fotoestimulado desplegó un mayor número de aproximaciones laterales hacia las hembras que el macho control, lo que coincide con lo reportado previamente en estudios anteriores (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Muñoz *et al.*, 2016). En efecto, el comportamiento sexual que despliegan los machos fotoestimulados es más intenso que el comportamiento desplegado por los machos control (Vielma *et al.*, 2009; Bedos *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2016). Estos resultados sugieren que la intensidad en el comportamiento sexual de los machos cabríos fotoestimulados permite disminuir la retroacción negativa del estradiol sobre la LH. Esta hipótesis se basa en el hecho de que los machos fotoestimulados que son sedados para evitar el despliegue del comportamiento sexual, no estimulan la secreción de LH, a pesar de despedir un fuerte olor sexual (Vielma *et al.*, 2009; Martínez-Alfaro *et al.*, 2014). En conjunto,

estos datos sugieren que el comportamiento sexual de los machos cabríos es un elemento importante para disminuir la retroacción negativa que el estradiol ejerce sobre la secreción de la LH durante el anestro estacional.

## 9. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio permiten concluir que los machos fotoestimulados son capaces de incrementar durante el anestro estacional las concentraciones plasmáticas de LH en cabras ovariectomizadas que portan un implante subcutáneo de 6 mm de longitud que contiene estradiol 17- $\beta$ . Es probable que la introducción de los machos cabríos fotoestimulados modifique la retroacción negativa del estradiol sobre la LH.

## 10. LITERATURA CITADA

- Abecia, J.A., Chemineau, P., Flores, J.A., Keller, M., Duarte, G., Forcada, F., Delgadillo, J.A. 2015. Continuous exposure to sexually active rams extends estrous activity in ewes in spring. *Theriogenology*. 84(9): 1549-1555.
- 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 anestrous goats. *Domestic Animal Endocrinology*. 48: 93-99.
- 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 Development*. 28: 409-422.
- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, J.A. 1992a. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*. 28: 299-312.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., Guérin, Y., Ravault, J.P., Thimonier, J., Pelletier, J. 1992b. Control of sheep and goat reproduction: Use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*. 30: 157-184.

- 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 México. *Theriogenology*. 52: 727-737.
- Delgadillo, J.A., Carrillo, E., Morán, J., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *Journal of Animal Science*. 79:2245-2252.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H., 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 (11): 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 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 Development*. 44:391-400.
- Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., Martin, G.B. 2009. The “male effect” in sheep and goats-Revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*. 200: 304-314.

- Delgadillo, J.A., Ungerfeld, R., Flores, J.A., Hernández, H., Fitz-Rodríguez, G. 2011. The ovulatory response of anoestrous goats exposed to the male effect in the subtropics is unrelated to their follicular diameter at male exposure. *Reproduction in Domestic Animals*. 46 (4): 687-691.
- Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Hernández, H., Poindron, P., Keller, M., Fitz-Rodríguez, 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 (4): 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.O., 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 (1): 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(5): 1409-1414.

- Goodman R.L., Bittman E.L., Foster D.L., Karsch F.J. 1982. Alterations in the control of luteinizing hormone pulse frequency underlie the seasonal variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biology of Reproduction*. 27(3): 580-589.
- Henniawati, Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J. 1995. Effect of season on LH secretion in ovariectomized Australian cashmere does. *Journal of Reproduction and Fertility*. 103 (2): 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: 461-470.
- Malpoux, B., Viguié, C., Skinner, D. C., Thiéry, J. C., Pelletier, J., Chemineau, P. 1996. Seasonal breeding in sheep: Mechanism of action of melatonin. *Animal Reproduction Science*. 42: 109-117.
- 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*. 96(2): 181-193.
- Martínez-Alfaro, J. C., Hernández, H., Flores, J. A., Duarte, G., Fitz-Rodríguez, G., Fernández, I. G. and Vielma, J. 2014. Importance of intense male sexual

behavior for inducing the preovulatory LH surge and ovulation in seasonally anovulatory female goats. *Theriogenology*. 82(7): 1028-1035.

Montgomery, G.W., Martin G.B., Pelletier, J.1985. Changes in pulsatile LH secretion after ovariectomy in Ile-de-France ewes in two seasons. *Journal of Reproduction and Fertility*. 73: 173-183.

Mori, Y., Tanaka, M., Maeda, K., Hoshino, K., Kano, Y. 1987. Photoperiodic modification of negative and positive feedback effects of oestradiol on LH secretion in ovariectomized goats. *Journal of Reproduction and Fertility*. 80 (2): 523-529.

Muñoz, A.L., Bedos, M., Aroña, R.M., Flores, J.A., Hernández, H., Moussu, C., Briefer, E.F., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A. 2016. Efficiency of the male effect with photostimulated bucks does not depend on their familiarity with goats. *Physiology and Behavior*. 158: 137-142.

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

Ponce, J. L., Hernández, H., Flores, J. A., Keller, M., Chemineau, P., Delgadillo, J. A. 2015. One day of contact with photostimulated bucks is sufficient to induce ovulation in seasonally anestrous goats. *Theriogenology*. 84:880-886.

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



SYSTAT 13, 2009. Cranes Software International Ltd, San José, CA. USA.

Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrous female goats. *Hormones and Behavior*. 56(4): 444-449.