

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**La presencia de los machos fotoestimulados induce la ovulación después de la luteólisis inducida en las cabras en el anestro estacional**

**POR  
LEOECI ARELI ESPINOZA FLORES**

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

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**ABRIL DE 2016**

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

La presencia de los machos fotoestimulados induce la ovulación después de la luteólisis inducida en las cabras en el anestro estacional

POR  
LEOECI ARELI ESPINOZA FLORES

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:

  
M.C. ALFONSO LONGINOS MUÑOZ BENÍTEZ

VOCAL:

  
DR. GERARDO DUARTE MORENO

VOCAL SUPLENTE:

  
DR. 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

ABRIL DE 2016

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

La presencia de los machos fotoestimulados induce la ovulación después de la luteólisis inducida en las cabras en el anestro estacional

POR  
LEOECI ARELI ESPINOZA FLORES

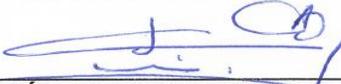
TESIS

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

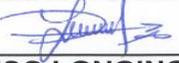
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

ASESOR:

  
M.C. ALFONSO LONGINOS MUÑOZ BENÍTEZ

ASESOR:

  
DR. GERARDO DUARTE MORENO

ASESOR:

  
DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

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



TORREÓN, COAHUILA

ABRIL DE 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por apoyarme hasta el final de mi carrera, por estar conmigo siempre, e impulsarme a seguir adelante. A mi mamá, por darme mis jalones de orejas y no dejarme de apoyar nunca, mil gracias, los amo mucho.

A Dios por todas las bendiciones que me da.

A mi Alma Terra Mater por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A mi Tío Mario Raúl por motivarme siempre, apoyarme y por ser un gran ejemplo a seguir.

A mis hermanos Oswaldo, Elioenai, Cecilia e Indira.

A mis abuelos Cornelio y Manuelita.

A mis amigas Alondra, Analuiza, Rosalba, Elizabeth, Eli, Angy, Ale, Abdé, Daniela, y Lisbet.

A Rocío por la ayuda que nos brindó a mí y a Poncho en el experimento.

A Josefo, Daniel, Omar, Raúl, y a mi amiguito Juve.

Al Doctor José Alberto Delgadillo, por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de tesis en CIRCA y ser mi asesor.

A los Doctores Gonzalo Fitz, Gerardo Duarte, y al M.C. Alfonso Muñoz, por la ayuda que me brindaron durante el desarrollo de mi tesis.

Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA).

A los M.V.Z. Guillermo Figueroa, Alfredo De Santiago, Armando Zubía y Luis Alonso Soto.

## DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicárselo principalmente a mi mamá, porque pese a todo, nunca ha dejado de creer en mí; por haber estado siempre conmigo en las buenas y en las malas, por darme toda la confianza del mundo, e impulsarme a seguir adelante, aunque a veces las condiciones no fueran muy favorables; por ser mi más grande amor, y escucharme siempre que lo he necesitado, aun cuando meto la pata.

A mi querido amigo Mario Hernández Villalba, por haber creído en mi y aunque ya no está, yo sé que desde donde se encuentra comparte mi alegría por haber logrado llegar a mi meta. A él, por haber sido una persona muy importante durante el recorrido de mi carrera; por esas palabras que me dejó y que día a día me ayudan a seguir adelante.

A mi papá y a mis hermanos, por estar conmigo y apoyarme; por todo lo bueno que me enseñan día a día, y por ayudarme a ser mejor persona.

A Ludivina por volverse una persona muy importante en mi vida, por todo el apoyo que me ha brindado. A Alondra, por ser mi mejor amiga desde la infancia y estar conmigo siempre.

A mi hermanito Elio, por enseñarme grandes cosas aun sin decirme una sola palabra, gracias por ser esa gran persona a la que admiro mucho.

A José por estar con nosotros y ayudarnos, por no dejarnos morir solos, nunca cambies, vales mil, te quiero demasiado.

A Angela.

A mi gran familia perruna, Kenny, Hela, Tomas, Wesker, Olaf, Supér Ken, Mini Kenny, Huesitos, Lita la más bonita, Tuntun y Coba... por enseñarme tanto y hacerme tan feliz con tan solo lamidos y ladridos.

## I. RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar si los machos fotoestimulados provocan la ovulación después de una luteólisis inducida con la aplicación de prostaglandinas en cabras que previamente recibieron un tratamiento hormonal a base de esponjas intravaginales, gonadotropina coriónica equina y prostaglandinas durante el anestro estacional. Inmediatamente después de haber aplicado las prostaglandinas, un grupo de cabras (n=10) se puso en contacto directo con un macho sexualmente activo. Otro grupo de cabras (n=9) se puso en contacto directo con un macho sexualmente inactivo; y un tercer grupo de cabras (n=8) se aisló completamente de los machos. En los tres grupos de hembras las ovulaciones fueron determinadas mediante la medición de los niveles plasmáticos de progesterona post-aplicación de las prostaglandinas y post-introducción de los machos. La proporción de hembras que ovuló después de la aplicación de las prostaglandinas fue diferente entre los grupos ( $P < 0.01$ ). En efecto, la proporción de hembras que ovuló fue superior en el grupo en contacto con el macho sexualmente activo (7/10), que en el grupo en contacto con el macho sexualmente inactivo (0/9), y en el grupo aislado de los machos (0/8;  $P < 0.05$ ). No existió diferencia entre los últimos dos grupos ( $P > 0.05$ ). Se concluye que la presencia del macho cabrió sexualmente activo estimula una nueva ovulación después de la luteólisis inducida después de un tratamiento hormonal de inducción de la ovulación durante el anestro estacional.

**Palabras clave:** Anestro estacional, tratamientos hormonales, ovulación, efecto macho, tratamiento fotoperiódico.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA .....	ii
I. RESUMEN .....	iii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
II. INTRODUCCIÓN .....	1
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
3.1. Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos.....	2
3.2. Fotoperiodo, responsable de la estacionalidad sexual.....	2
3.3. Retroacción negativa del estradiol sobre el eje hipotálamo –hipofisario .....	3
3.4. Inducción de la actividad sexual durante el reposo sexual y anestro estacional en caprinos.....	4
3.4.1. Machos.....	4
3.4.2. Hembras .....	4
3.5. Efecto macho y presencia permanente de machos sexualmente activos.....	5
IV. OBJETIVO.....	6
V. HIPÓTESIS.....	6
VI. MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
6.1 Localización del experimento.....	7
6.2 Descripción de los animales de estudio.....	7
6.2.1 Machos.....	7
6.2.2 Hembras.....	8
6.3 Inducción de la ovulación durante el anestro estacional.....	9
6.3.1 Grupos experimentales.....	9
6.4 Determinaciones de la ovulación y progesterona plasmática.....	10

6.5 Análisis estadísticos .....	11
VII. RESULTADOS.....	12
VIII. DISCUSIÓN .....	14
IX. CONCLUSIÓN .....	17
X. BIBLIOGRAFÍA .....	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

**FIGURA 1.** Perfiles individuales de los niveles plasmáticos de progesterona de dos cabras de cada grupo que recibieron una dosis de prostaglandinas después de haber sido inducidas a ovular en el anestro estacional. Inmediatamente después de la aplicación de las prostaglandinas, las hembras de un grupo se expusieron a 1 machos sexualmente activo (A), las de un segundo grupo se expusieron a un macho sexualmente inactivo (B), y las de un tercer grupo se aislaron de los machos (C). El macho cabrío sexualmente activo se expuso previamente a días largos del 1 de noviembre al 15 de enero. El macho inactivo se expuso a las variaciones naturales del fotoperíodo. .... 13

## II. INTRODUCCIÓN

En las hembras caprinas que presentan estacionalidad reproductiva, la anovulación estacional es consecuencia del incremento de la retroacción negativa del estradiol sobre las gonadotropinas (LH y FSH). Esta retroacción negativa del estradiol disminuye considerablemente la secreción de las gonadotropinas, dando inicio a la anovulación estacional (Mori *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1988; Duarte *et al.*, 2008). En las cabras, la presencia de los machos cabríos sexualmente activos evita la aparición de la anovulación estacional, cuando éstos se ponen en contacto con las hembras a partir de enero, durante la estación sexual (Delgadillo *et al.*, 2015). Sin embargo, no se sabe si durante la anovulación estacional, la presencia de los machos sexualmente activos induce una nueva ovulación después de provocar la luteólisis con la aplicación de prostaglandinas. Por ello, en este estudio se determinó la ovulación en 3 grupos de cabras: i) un grupo en contacto con un macho sexualmente activo; ii) un grupo en contacto con un macho sexualmente inactivo; iii) un grupo aislado de los machos.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos

Los machos y hembras de diferentes razas de caprinos de latitudes subtropicales manifiestan a lo largo del año un periodo de intensa actividad sexual, y otro periodo de reposo sexual (machos), o ausencia de actividad estral y ovulatoria (anestro estacional), es decir, estos animales manifiestan reproducción estacional (Restall *et al.*, 1992; Duarte *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2011). En las hembras caprinas de la Comarca Lagunera (26°N), en el subtrópico mexicano, por ejemplo, la estación sexual se manifiesta de agosto a febrero, y la época de anestro estacional inicia en marzo y culmina en julio (Duarte *et al.*, 2008). En el caso de los machos cabríos de esta misma región, el periodo de intensa actividad sexual se manifiesta de junio a diciembre, y el periodo de reposo sexual se presenta de enero a mayo (Delgadillo *et al.*, 1999).

#### 3.2. Fotoperiodo, responsable de la estacionalidad sexual

En caprinos de latitudes subtropicales y templadas, el fotoperiodo es el principal factor medioambiental que sincroniza la estacionalidad reproductiva (Chemineau *et al.*, 1992; Gómez-Brunet *et al.*, 2008; Duarte *et al.*, 2010; Delgadillo *et al.*, 2011). Esta sincronización se hace a través de la hormona secretada por la glándula pineal, la melatonina, que es fundamental para la interpretación de la duración del día. La melatonina se secreta únicamente durante la noche, por lo que la duración de su secreción equivale a la duración de la fase oscura en un periodo de 24 horas. Por ello, una mayor duración de secreción de melatonina es

percibida por el animal como un día corto, mientras que una menor duración de secreción es percibida como un día largo. En hembras y machos caprinos, los días cortos estimulan la actividad reproductiva, mientras que los días largos tienen un efecto inhibitorio sobre esta actividad (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). Por ello, la modificación del fotoperiodo permite manipular la actividad sexual de machos y hembras caprinos.

### **3.3. Retroacción negativa del estradiol sobre el eje hipotálamo-hipofisiario**

Los días largos inhiben la reproducción de las cabras y ovejas al incrementar la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisiario a la retroacción negativa del estradiol. Esta retroacción negativa disminuye dramáticamente la secreción de las gonadotropinas (hormonas luteinizante o LH; hormona folículo estimulante o FSH), necesarias para la actividad ovulatoria (Mori *et al.*, 1987; Chemineau *et al.*, 1988). La última ovulación de las hembras ocurre durante los días crecientes del invierno. Al terminar la fase lútea correspondiente, el estradiol disminuye la secreción de las gonadotropinas, ocasionando que las hembras ya no ovulen, originando el inicio y mantenimiento del anestro estacional (Karsch *et al.*, 1984).

### **3.4. Inducción de la actividad sexual durante el reposo sexual y anestro estacional en caprinos**

#### **3.4.1. Machos**

En los machos cabríos, la actividad sexual puede ser inducida durante el periodo de reposo sexual estacional mediante el sometimiento a un tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales seguidos de días cortos naturales durante otoño e invierno. Este tratamiento estimula el aumento del olor y la actividad sexual de los machos durante la estación de reposo sexual (Chemineau *et al.*, 1992; Delgadillo *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2014).

#### **3.4.2. Hembras**

En las hembras caprinas, los tratamientos hormonales permiten inducir y sincronizar la ovulación durante el anestro estacional. El protocolo más utilizado consiste en colocar esponjas intravaginales impregnadas con 20 mg de acetato de fluorogestona (FGA) durante  $10 \pm 1$  días; 48 horas antes del retiro de las esponjas, las hembras reciben una dosis de 300 a 600 UI de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG), y de 60 a 120 mcg de prostaglandinas. Este tratamiento induce la ovulación de 2 a 4 días de retiradas las esponjas. Si las cabras no quedan gestantes, no ovulan una segunda vez y caen nuevamente en anestro estacional (Baldassarre y Karatzas, 2004; Whitley y Jackson, 2004; Holtz, 2005).

### **3.5. Efecto macho y presencia permanente de machos sexualmente activos**

En hembras caprinas que presentan reproducción estacional, la actividad sexual puede ser inducida durante el anestro estacional al introducir un macho en el hato. Este fenómeno de bioestimulación sexual se denomina “efecto macho” (Chemineau *et al.*, 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2006). La respuesta ovulatoria a la presencia de los machos depende de la intensidad del comportamiento sexual que despliegan los machos. Así, los machos cabríos fotoestimulados que despliegan intenso comportamiento sexual, son más eficaces que los machos no tratados que despliegan débil comportamiento sexual, para inducir la actividad ovulatoria de las cabras en el anestro estacional (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007).

Además, y aún más importante, la presencia permanente de los machos cabríos fotoestimulados, evita la aparición del anestro estacional, permitiendo que las cabras ovulen durante todo el año (Delgadillo *et al.*, 2015). La presencia de los machos fotoestimulados modifica, muy probablemente, la retroacción negativa del estradiol, permitiendo que las cabras ovulen durante el anestro estacional. Para verificar esta hipótesis, sería necesario inducir la ovulación de las hembras en el anestro utilizando un tratamiento hormonal. Posteriormente, verificar si después de inducir la luteólisis, la presencia de los machos fotoestimulados induce una nueva ovulación.

#### **IV. OBJETIVO**

Determinar si la presencia de los machos fotoestimulados estimula la ovulación después de la luteólisis inducida en las cabras en el anestro estacional.

#### **V. HIPÓTESIS**

La presencia de los machos fotoestimulados estimula la ovulación después de la luteólisis inducida en las cabras en el anestro estacional.

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Localización del experimento**

El presente estudio se realizó del 27 de marzo al 1 de mayo de 2014 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Unidad Laguna) ubicada en el municipio de Torreón, Coahuila (Latitud 26° 23 Norte', Longitud 104° 47' Oeste). Este municipio se encuentra ubicado dentro de la Comarca Lagunera de Coahuila. El fotoperiodo en esta comarca varía de 13 h 41 min de luz durante el solsticio de verano a 10 h 19 min durante el solsticio de invierno. Además, la Comarca Lagunera se caracteriza por tener un clima seco, semicálido, y con una precipitación promedio anual de 200 mm que generalmente se presenta de junio y septiembre, con una amplia variabilidad interanual (CONAGUA, 2012).

### **6.2 Descripción de los animales de estudio**

#### **6.2.1 Machos**

Se utilizaron machos cabríos adultos locales de la Comarca Lagunera cuya edad variaba entre 3 a 5 años. Estos machos se alojaron en un corral de 5 X 6 m. Un macho cabrío se eligió completamente al azar de un grupo de 4 machos cabríos que permanecieron bajo las variaciones naturales del fotoperiodo, el cual se encontraba en reposo sexual natural al momento de ponerlo en contacto con las hembras. A este macho se le denominó "macho sexualmente inactivo". Otro macho cabrío se eligió completamente al azar de un grupo de 4 machos cabríos que se sometieron a un tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos (16 h de luz/día) a partir del 1 de noviembre, seguidos del fotoperiodo natural. Este

tratamiento fotoperiódico estimula la secreción de testosterona y el comportamiento sexual de los machos durante los meses de marzo y abril (Delgadillo *et al.*, 2002). A este macho se le denominó “macho sexualmente activo”. Los machos permanecieron en corrales sombreados y abiertos, y su alimentación consistió en 2 kg/día/animal de heno de alfalfa (18% de PC), y 200 g/día/animal de concentrado comercial (14% de PC). Además, se les proporcionó sales minerales en block y agua a libre acceso.

### **6.2.2 Hembras**

Se utilizaron 30 cabras multíparas, anovulatorias, locales de la Comarca Lagunera, cuya edad variaba entre 2 y 4 años. La anovulación de las hembras se determinó por la ausencia de cuerpos lúteos a través de dos ultrasonidos transrectal realizados a -10 y -1 días antes de iniciar el estudio. Para ello, se utilizó un Scanner Mode-B (Aloka SSD, Tokio, Japón), equipado con un transductor transrectal lineal de 7.5 Mhz. Durante el estudio, todas las hembras se alojaron en corrales abiertos y sombreados. Su alimentación consistió en 2 kg/día/animal de heno de alfalfa de buena calidad (18% de PC), y 200 g/día/animal de concentrado comercial (14% de PC). Además, se les proporcionó sales minerales en block y agua a libre acceso.

### **6.3 Inducción de la ovulación durante el anestro estacional**

Las cabras se dividieron en 3 grupos antes de ser sometidas al tratamiento hormonal (n=10 por grupo). Posteriormente, todas las hembras se trataron para inducir la ovulación en el anestro esatacional. Para ello, esponjas impregnadas con 20 mg de acetato de fluorogestona se colocaron en la vagina durante 10 días (CHRONO GEST®, MSD, México). Cuarenta y ocho horas antes de retirar las esponjas, a cada hembra se le aplicó 300 UI de eCG por vía IM (Folligon ®, Intervet, México), y 125 mcg de prostaglandinas sintéticas, por vía IM (Celosil, Intervet, México). Solamente las cabras que respondieron al tratamiento hormonal con al menos una ovulación, se consideraron para el estudio. Las ovulaciones se determinación a través de la observación de cuerpos lúteos, mediante ultrasonografía transrectal como fue descrito previamente.

#### **6.3.1 Grupos experimentales**

Un día después de haber observado los cuerpos lúteos, cada cabra recibió por vía IM 125 mcg de prostaglandinas (Celosil, Intervet, México) para inducir la luteólisis. Inmediatamente después de haber aplicado las prostaglandinas, un grupo de cabras se puso en contacto directo con el macho sexualmente activo (n=10); otro grupo de cabras se puso en contacto directo con el macho sexualmente inactivo (n=9); y un tercer grupo de cabras se aisló completamente de los machos durante todo el estudio (n=8). La distancia entre los tres grupos fue de al menos 200 m para evitar cualquier contacto entre ellos.

#### **6.4 Determinaciones de la ovulación y progesterona plasmática**

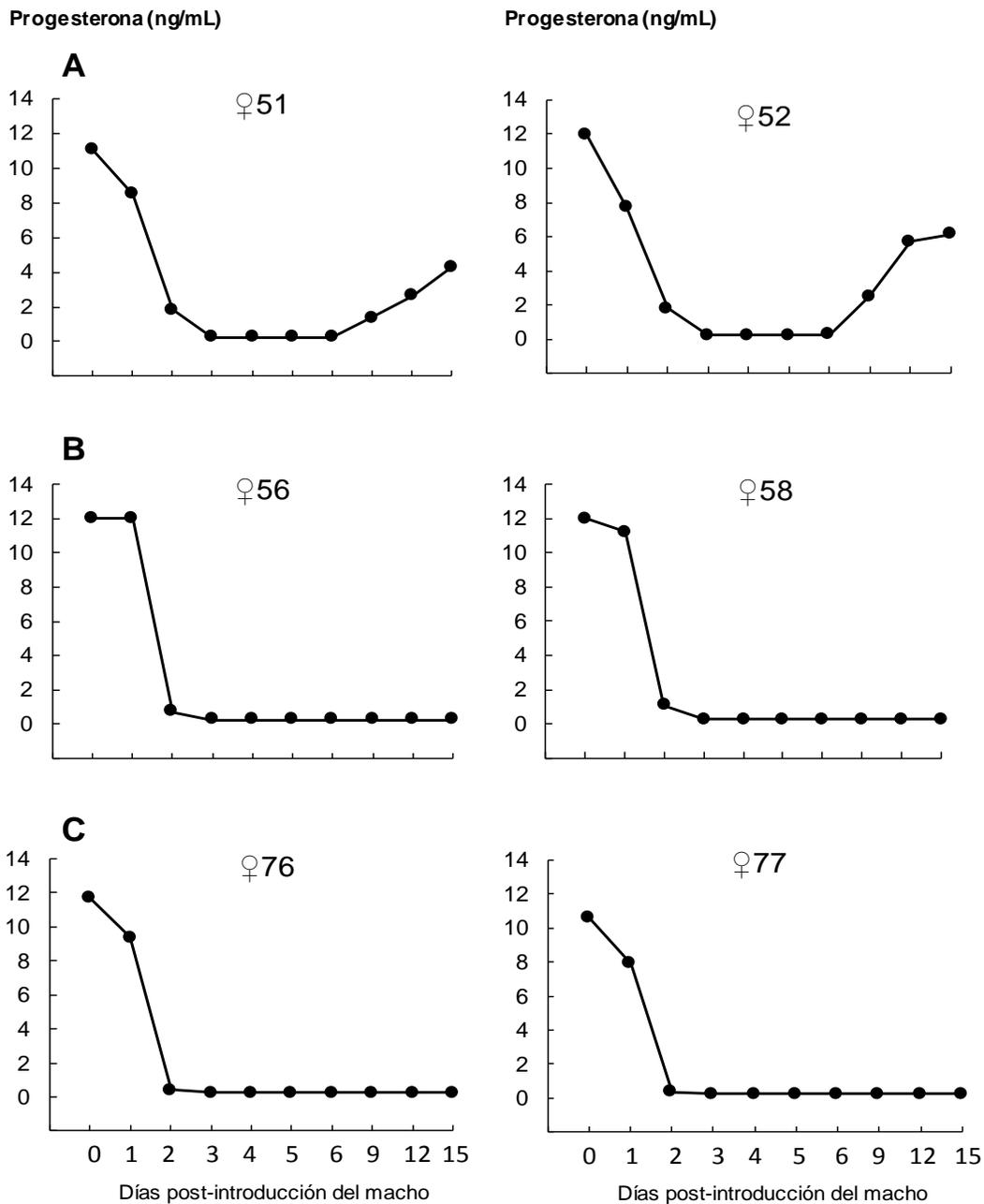
En los tres grupos de hembras, las ovulaciones se determinaron a través de los niveles plasmáticos de progesterona. Para ello se obtuvo una muestra sanguínea de 5 ml diariamente de cada hembra desde la aplicación de las prostaglandinas e introducción de los machos en los grupos de hembras hasta el día 6. Posteriormente, las muestras sanguíneas se tomaron los días 9, 12 y 15 de haber aplicado las prostaglandinas. Todas las muestras sanguíneas se obtuvieron en tubos que contenían 30  $\mu$ L de heparina para evitar la coagulación. Las muestras se centrifugaron a 3500 rpm durante 30 min. Posteriormente, el plasma obtenido se congeló hasta la determinación de la progesterona plasmática, según la técnica de inmunoenzimática descrita por Canépa *et al.* (2008). La sensibilidad del ensayo fue de 0.25 ng/mL, y el coeficiente de variación intraensayo fue de 8%. Se determinó que una hembra había ovulado cuando las concentraciones plasmáticas de progesterona eran  $>1.0$  ng/mL. Aunque hay registros en ovejas que se consideran cíclicas con valores de progesterona de 0.5 ng/mL (Gómez-Brunet *et al.*, 1995).

### **6.5 Análisis estadísticos**

Las proporciones de hembras que ovularon después de la aplicación de las prostaglandinas e introducción del macho se compararon mediante la prueba de Chi-cuadrada. El análisis estadístico fue llevado a cabo utilizando el paquete estadístico SYSTAT 13 (2009).

## VII. RESULTADOS

El número de cabras que ovuló después de la aplicación de las prostaglandinas fue diferente entre los 3 grupos ( $P < 0.01$ ). En efecto, el número total de hembras que ovuló después de la aplicación de las prostaglandinas fue diferente en el grupo en contacto con el macho sexualmente activo (7/10), que en el grupo en contacto con el macho sexualmente inactivo (0/9), y que el grupo aislado de los machos (0/8;  $P < 0.05$  en ambos casos). Ninguna diferencia existió entre los últimos dos grupos ( $P > 0.05$ ). Los perfiles representativos individuales de progesterona de cabras de cada grupo se muestran en la Figura 1.



**FIGURA 1.** Perfiles individuales de los niveles plasmáticos de progesterona de dos cabras de cada grupo que recibieron una dosis de prostaglandinas después de haber sido inducidas a ovular en el anestro estacional. Inmediatamente después de la aplicación de las prostaglandinas, las hembras de un grupo se expusieron a un macho sexualmente activo (A); las de un segundo grupo se expusieron a un macho sexualmente inactivo (B); y las de un tercer grupo se aislaron de los machos (C). La actividad sexual del macho cabrío se estimuló al exponerlo a días largos del 1 de noviembre al 15 de enero. El macho inactivo se expuso a las variaciones naturales del fotoperíodo.

## VIII. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que la presencia del macho cabrío sexualmente activo estimula una nueva ovulación después de la lutéolisis correspondiente a la ovulación inducida con hormonas exógenas durante el anestro estacional. En cambio, la presencia del macho sexualmente inactivo, o la ausencia de machos, no estimula la ovulación, y las hembras caen nuevamente en anestro estacional. Los resultados del presente estudio confirman la hipótesis inicial, y sugieren que los machos sexualmente activos mantienen elevada la secreción de las gonadotropinas, induciendo la ovulación.

Los resultados del presente estudio muestran que las hembras en contacto con el macho sexualmente activo ovularon, y que ninguna de ellas lo hizo al estar en contacto con el macho sexualmente inactivo o al estar aisladas de los machos. Los resultados del presente estudio concuerdan con el hecho de que las hembras en contacto permanente con machos cabríos sexualmente activos ovulan durante el anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2015). A diferencia del presente estudio, en el de Delgadillo *et al.* (2015), los machos sexualmente activos se pusieron en contacto con las hembras en enero, es decir, antes de iniciar el anestro estacional (Duarte *et al.*, 2008). En estas condiciones, es probable que la presencia de los machos durante la estación sexual de las hembras, haya facilitado prolongar la actividad ovulatoria durante el anestro. El protocolo del presente estudio fue diferente del utilizado por Delgadillo *et al.* (2015). En efecto, las hembras del presente estudio se encontraban en anovulación estacional, debido a la retroacción negativa del estradiol sobre la secreción de las gonadotropinas (Mori *et al.* 1987;

Chemineau *et al* 1988; Duarte *et al.*, 2008). Por ello, la ovulación se indujo con la combinación de la FGA y eCG en ese momento. Provocándose la luteólisis con prostaglandinas, las hembras se pusieron en contacto con el macho sexualmente activo, con el sexualmente inactivo, o aisladas de los machos. En estas condiciones experimentales, solo las hembras en contacto con el macho sexualmente activo, ovularon nuevamente después de la luteólisis.

Los resultados de este estudio pueden explicarse de la siguiente manera: i) es probable que la presencia del macho sexualmente activo haya estimulado la secreción de las gonadotropinas después de la luteólisis, permitiendo la ovulación. En este sentido, varios estudios han demostrado que la presencia de los machos sexualmente activos estimula la secreción de la LH, permitiendo la ovulación de las cabras anéstricas (Vielma *et al.*, 2009; Bedos *et al.*, 2014; Martínez-Alfaro *et al.*, 2014). Este fenómeno no ocurrió en las hembras en contacto con el macho sexualmente inactivo, ni con las cabras aisladas, por lo que entraron nuevamente en anovulación. ii) Las ovulaciones registradas en las hembras en contacto con el macho sexualmente activo se debieron, muy probablemente, a que la presencia de este macho haya modificado la retroacción negativa del estradiol, permitiendo la secreción de gonadotropinas, y la ovulación. En efecto, la presencia de los machos sexualmente activos incrementa la secreción de la LH en cabras ovariectomizadas portadoras de un implante subcutáneo que libera constantemente estradiol. En cambio, la presencia de los machos sexualmente inactivos, no incrementa las concentraciones plasmáticas de LH, probablemente por la acción del estradiol sobre las gonadotropinas (Muñoz *et al.*, 2016). En

conjunto, los resultados de este estudio, y los reportados previamente por otros autores indican que los machos sexualmente activos inducen la ovulación durante el anestro, probablemente por la disminución de la retroacción negativa del estradiol sobre el eje hipotálamo-hipofisiario.

Los resultados de este estudio constituyen un avance importante en el conocimiento de los mecanismos endocrinos que regulan la estacionalidad reproductiva de los pequeños rumiantes como cabras y ovejas. En estas dos especies al menos, las relaciones sociosexuales, como el efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2011; Fernández *et al.* 2011; Flores *et al.*, 2000), o la presencia permanente de machos sexualmente activos (Delgadillo *et al.*, 2015; Abecia *et al.*, 2015), permiten inducir la actividad sexual en el anestro estacional. Además, otros estudios han demostrado que la presencia de los carneros sexualmente activos prolonga la actividad ovulatoria de las ovejas en el anestro estacional (Abecia *et al.*, 2015), tal y como se demostró en las cabras (Delgadillo *et al.*, 2015).

## **IX. CONCLUSIÓN**

Se concluye que la presencia del macho cabrío sexualmente activo estimula una nueva ovulación después de la lutéolisis correspondiente a la ovulación inducida con hormonas exógenas durante el anestro estacional.

## X. BIBLIOGRAFÍA

Abecia, J. A., Forcada, F., Palacín, I., Sanchez-Prieto, L., Sosa, C., Fernández-Foren, A., and Meikle, A. 2015. Undernutrition affects embryo quality of superovulated ewes. *Zygote*, 23(01), 116-124.

Baldassarre, H. and Karatzas, C. N. 2004. Advanced assisted reproduction technologies in goats. *Animal Reproduction Science*, 82, 255-266.

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

Canépa, S., Lainé, A. L., Bluteau, A., Fagu, C., Flon, C., et Monniaux, D. 2008. Validation d'une méthode immunoenzymatique pour le dosage de la progestérone dans le plasma des ovins et des bovins. *Cahier Techniques de l'INRA*, 64, 219-30.

Chemineau, P., Martin, G. B., Saumande, J. and Normant, E. 1988. Seasonal and hormonal control of pulsatile LH secretion in the dairy goat (*Capra hircus*). *Journal of Reproduction and Fertility*, 83(1), 91-98.

Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J. A., Guerin, Y., Ravault, J. P., Thimonier, J. and Pelletier, J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*, 30(1), 157-184.

Delgadillo, J. A., Canedo, G. A., Chemineau, P., Guillaume, D. and Malpoux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 52(4), 727-737.

Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Véliz, F. G., Hernández, H. F., Duarte, G., Vielma, J. and 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., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F. G., Carrillo, E., Flores, J. A., and Malpoux, B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(4), 471-478.

Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Véliz, F. G., Duarte, G., Vielma, J., Hernandez, H. and Fernandez, I. G. 2006. Importance of the signals provided by the buck for the

success of the male effect in goats. *Reproduction Nutrition Development*, 46(4), 391-400.

Delgadillo, J. A. 2011. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropics. *Animal*, 5(1), 74-81.

Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Hernández, H., Poindron, P., Keller, M., Fitz-Rodríguez, G. and 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., Malpaux, B. and 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., Malpaux, B. and Delgadillo, J. A. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*, 120(1), 65-70.

Fernández, I. G., Luna-Orozco, J. R., Vielma, J., Duarte, G., Hernández, H., Flores, J. A. and Delgadillo, J. A. 2011. Lack of sexual experience does not reduce the responses of LH, estrus or fertility in anestrus goats exposed to sexually active males. *Hormones and Behavior*, 60(5), 484-488.

Flores, J. A., Véliz, F. G., Pérez-Villanueva, J. A., De La Escalera, G. M., Chemineau, P., Poindron, P. and 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.

Gómez-Brunet, A., López-Sebastian, A., Picazo, R. A., Cabellos, B., and Goddard, S. (1995). Reproductive response and LH secretion in ewes treated with melatonin implants and induced to ovulate with the ram effect. *Animal Reproduction Science*, 39(1), 23-34.

Gómez-Brunet, A., Santiago-Moreno, J., del Campo, A., Malpaux, B., Chemineau, P., Tortonese, D. J. and López-Sebastián, 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(3), 552-562.

Holtz, W. 2005. Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research*, 60, 95-110.

Karsch, F. J., Bittman, E. L., Foster, D. L., Goodman, R. L., Legan, S. J. and Robinson, J. E. 1984. Neuroendocrine Basis of Seasonal Reproduction. *Recent Program Hormonal Research*, 40, 185-232.

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.

Mori, Y., Tanaka, M., Maeda, K., Hoshino, K. and 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. and 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. and Keller M. 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, 119-25.

Restall, B. J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Animal Reproduction Science*, 27(4), 305-318.

Rivas-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpoux, B. y Delgadillo, J. A. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *Journal of Animal Science*, 85(5), 1257-1263.

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

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

Walkden-Brown, S. W., Martin, G. B. y Restall, B. J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *Journal of Reproduction and Fertility, Supplement*, 243-257.

Whitley, N. C. and Jackson, D. J. 2004. An update on estrus synchronization in goats: A minor species. *Journal of Animal Science*, 82: 270-276.

