

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“EFECTO DE LA hCG CON Y SIN PROGESTERONA EXOGENA SOBRE LA  
SINCRONIZACION DE LA ACTIVIDAD ESTRAL EN CABRAS EN ANESTRO  
ESTACIONAL”**

**POR:**

**ELCO HUMBERTO GARCIA BOLIVAR**

**TESIS:**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MEDICO VETERINARIO ZOTECNISTA**

**TORREON COAHUILA MEXICO**

**Diciembre de 2017**

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

POR  
ELCO HUMBERTO GARCIA BOLIVAR

TESIS  
EFECTO DE LA hCG CON Y SIN PROGESTERONA EXOGENA SOBRE LA  
SINCRONIZACION DE LA ACTIVIDAD ESTRAL EN CABRAS EN ANESTRO  
ESTACIONAL

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. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

VOCAL:

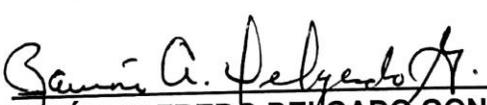
  
DR. OSCAR ANGEL GARCÍA

VOCAL:

  
DRA.- MA. DE LOS ANGELES DE SANTIAGO MIRAMONTES

VOCAL SUPLENTE:

  
ALAN SEBASTIAN ALVARADO EPIFANIO

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
DICIEMBRE DEL 2017

TORREÓN, COAHUILA

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

POR  
ELCO HUMBERTO GARCIA BOLIVAR

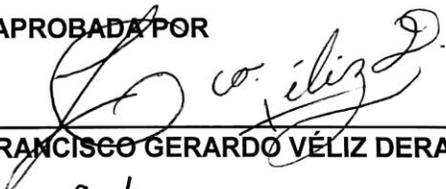
TESIS  
EFECTO DE LA hCG CON Y SIN PROGESTERONA EXOGENA SOBRE LA  
SINCRONIZACION DE LA ACTIVIDAD ESTRAL EN CABRAS EN ANESTRO  
ESTACIONAL

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. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

ASESOR:

  
DR. OSCAR ANGEL GARCÍA

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



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DEL 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la formación que me dio como estudiante, los apoyos que aporta como institución y facilidades que me otorgó para formarme como profesionalista

A la carrera de médico veterinario zootecnista que son muy amplias sus ramas de estudio las cuales siempre nos obligan a actualizarnos y especializarnos para estar al orden de la demanda que nos exige la sociedad actual y no se diga a la gran nobleza y generosidad que brinda esta profesión la cual es una de las mejores decisiones en mi vida

A mi asesor principal Dr. Francisco Veliz Deras por ver algo en mí y motivarme a ser mejor, por guiarme y aconsejarme muchas gracias.

A mi asesor, Oscar Ángel García que siempre me brindo una mano, me escucho, me dio apoyo, me tuvo paciencia, me dio consejos y sobre todo me tuvo toda la confianza en todo momento de proyecto y en otras circunstancias a lo largo de mi carrera.

Al MC.- Alan Sebastián Alvarado por invitarme a este proyecto por compartir su conocimiento, tiempo y experiencia, por hacerme ver mejor el panorama en lo profesional, en la vida y por brindarme su amistad, y hacer que esta tesis fuera posible.

## DEDICATORIA

Este trabajo de tesis va dedicado a mi familia que nunca desistieron de darme su apoyo incondicional a enseñarme, a levantarme de todas las adversidades que te pone la vida:

A mi madre, este logro es tuyo también te llevo dentro de mi corazón no tengo palabras para decirte la enormidad de lo mucho que te debo por siempre estar allí para mí.

A mi padre, por todas las enseñanzas que me dejaste y por qué gracias a ti soy el hombre que soy hoy, un abrazo y un beso hasta el cielo.

A mi hermano, que un día la vida me concederá volver a verte y contarle que cada día y cada momento en mi vida se lo dedico y sobretodo esta tesis que es la culminación de mi carrera.

## INTRODUCCIÓN

|   |            |
|---|------------|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....  | <b>i</b>   |
| <b>DEDICATORIA</b> .....  | <b>ii</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>iii</b> |
| <b>INDICE DE CUADROS</b> .....  | <b>iv</b>  |
| <b>INDICE DE FIGURAS</b> .....  | <b>v</b>   |
| <b>RESUMEN</b> .....  | <b>vi</b>  |
| <b>1.- IINTRODUCCIÓN.</b> .....   | <b>1</b>   |
| <b>2. Revisión de Literatura</b> .....  | <b>3</b>   |
| 2.1.- El ciclo estral. ....   | 3          |
| 2.2.-Estacionalidad. ....   | 2          |
| <b>2.5.- Inducción del estro y de la ovulación con progestágenos y<br/>gonadotropinas</b> ..... | <b>4</b>   |
| <b>4.-Hipótesis</b> .....   | <b>9</b>   |
| <b>5.-Materiales y métodos</b> .....  | <b>10</b>  |
| 5.1. Localización, animales y manejo. ....  | 10         |
| 5.2.-Diseño experimental.....   | 10         |
| 5.3.-Análisis estadístico.....  | 11         |
| <b>6.-RESULTADOS</b> .....  | <b>12</b>  |
| <b>7.-Discusión</b> .....   | <b>14</b>  |
| <b>8.-CONCLUSIÓN</b> .....  | <b>16</b>  |
| <b>9.-BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | <b>17</b>  |

## INDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| <u>Cuadro 1. Tratamiento de sincronización con progestágenos.....</u> | 7  |
| Cuadro 2. Respuesta reproductiva de las cabras multirraciales.....    | 13 |

## INDICE DE FIGURAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <u>Figura 1.</u> | Porcentaje acumulado de ocurrencia de celos en cabras multirraciales tratadas y solo con hCG sin P4 | 12 |
|------------------|---|----|

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de progesterona (P4) exógena más la aplicación de gonadotropina coriónica humana (hCG) para la sincronización de estro y ovulación en hembras anovulatorias. Se utilizaron 20 cabras adultas anovulatorias, multirraciales, homogéneas en cuanto a peso y condición corporal. A un grupo de hembras (G-P4-hCG; n=10) se le aplicó 20 mg de P4 exógena vía intramuscular (im) y 24 h después se les aplicaron 100 UI de hCG, mientras que a un segundo grupo (G-Control; n=10) se les administraron únicamente 100 UI de hCG. Del día 0 (Aplicación de hCG) al día 5 se registró la actividad estral, la latencia y la duración del estro de las hembras. El 90% de las hembras del G-P4-hCG mostraron actividad estral ( $P > 0.05$ ) mientras que en el grupo G-Control solo el 40% de las cabras mostraron actividad estral ( $P \leq 0.05$ ). La latencia al estro en el grupo G-P4-hCG fue de  $52.0 \pm 1.9$  h y para el G-Control de  $36.0 \pm 0.0$  h y ( $P > 0.05$ ). Los resultados del presente estudio demuestran que la aplicación de P4 es necesaria para sincronizar la actividad estral en cabras anovulatorias tratadas con hCG.

**Palabras clave:** hCG, progesterona, sincronización.

## 1.- IINTRODUCCIÓN.

En el norte de México, en la región de la Comarca Lagunera (26 °N), las cabras presentan una época reproductiva que va desde finales de julio a principios de febrero, y una época de anestro estacional que va desde finales de febrero y principios de junio (Carrillo *et al.*, 2017). Esto provoca, que haya amplias fluctuación estacionales en la producción de leche y carne, lo que promueve una enorme oscilación en los pagos recibidos por los productores de cabras (Chemneau *et al.*, 2008).

Una alternativa para contrarrestar el anestro estacional, es a través de métodos de sincronización de la actividad estral (Abecia *et al.*, 2012). Estos protocolos están basados en la aplicación de P4 natural o sintética más la combinación de eCG, resultando efectivo como un método de sincronización de la ovulación en la época de anestro estacional (Contreras-Villarreal *et al.*, 2016). Entre los progestágenos más empleados en pequeños rumiantes se encuentra el acetato de flurogestona (FGA; dosis de 40 mg), el acetato de medroxiprogesterona (MAP), y los dispositivos de liberación prolongada (CIDR) los cuales contienen progesterona natural (Leboeuf *et al.*, 2003) Todos ellos son aplicados intravaginalmente durante 5 a 14 días, y en el momento de la retirada, y con la finalidad de inducir el crecimiento folicular y la tasa ovulatoria se combinan con la administración de hCG ó eCG (Navanukraw *et al.*, 2014 Simões, 2015;). Sin embargo, estos progestágenos suelen ser costosos y sobre todo inaccesibles a una gran parte de los productores de diferentes regiones

del mundo, y además que ha ido en aumento el control y restricciones en cuanto al uso de hormonas exógenas como la P4 en la producción animal.

Con la finalidad de reducir las hormonas y el costo de estos protocolos, recientemente, se demostró que una inyección de 20 mg de P4 seguida 24 h después por la inyección de 100 UI de hCG era suficiente para provocar una adecuada respuesta estral y ovárica en cabras Alpinas anovulatorias (Alvarado-Espino et al., 2016). Con este tratamiento, la respuesta estral es del 100% y el intervalo al estro de  $53 \pm 2.2$  h luego de la inyección de la hCG. Sin embargo, Karaca et al. (2009) mencionan que múltiples inyecciones de eCG sin la administración de P4 inducen el estro y la ovulación en cabras anovulatorias.

## 2. Revisión de Literatura

### 2.1.- El ciclo estral.

La cabra es considerada un animal poliestrónico estacional, ya que presentan actividad estral cuando la duración del día va disminuyendo y conforme la duración de la luz del día aumenta, la actividad estral se detiene (Amoah *et al.*, 1996). Durante la época natural de reproducción las cabras presentan varios ciclos estrales que duran 17 a 24 días (Camp *et al.*, 1983).

Durante cada ciclo estral existen 4 fases denominadas proestro, estro, metaestro y diestro (Rahman *et al.*, 2008). El proestro dura 2 a 3 días e inicia la fase folicular con la liberación de FSH que da lugar al crecimiento y desarrollo folicular (Fatet *et al.*, 2011). El estro, también conocido como celo o calor, es la fase de receptividad sexual durante la cual la hembra es receptiva al macho y ocurre la copula. Algunos signos que presentan son inquietud, bala con frecuencia y mueve la cola de manera constante y rápida, vulva edematosa, montan a sus compañeras, secreción de moco fluido y transparente, orina con frecuencia si está el macho se llega a reducir el apetito y producción de leche (reproducción e inseminación artificial). Esta fase dura 24 a 48 h dependiendo de la raza, la edad, época y la presencia de macho (Rahman *et al.*, 2008). El estro está dominado por la hormona  $17\beta$ -estradiol, la cual es secretada por el folículo dominante, es la responsable de la aparición del celo y estimula la secreción de GnRH la cual estimula la secreción de LH provocando la ovulación, la cual ocurre al final del celo (Ben Säid *et al.*, 2007).

El metaestro es la fase en la cual comienza la formación del cuerpo lúteo (CL) y comienzan a elevarse los niveles de P4. Una vez establecido el CL, inicia la última fase del ciclo estral denominada diestro, esta fase tienen una duración de 11 a 14 días. Al final de esta fase, si no ocurre la fecundación, inicia la regresión del CL inducida por la PGF2 $\alpha$  provocando una rápida caída en los niveles de P4. La PGF2 $\alpha$  es secretada por el endometrio, el cual es estimulado por la oxitocina secretada por el mismo CL (Rahman *et al.*, 2008). Por el contrario, si ocurrió la fecundación el embrión, produce una sustancia llamada interferón Tau cerca del día 16 del ciclo bloqueando la acción de la PGF2 $\alpha$  evitando así la luteolisis y prolongando la vida del CL, fenómeno conocido como reconocimiento materno de la gestación (Spencer *et al.*, 2004).

## **2.2.-Estacionalidad.**

La estacionalidad es un proceso que algunos animales utilizan como estrategia para minimizar el impacto negativo del ambiente como son la temperatura, humedad y disponibilidad de alimento sobre la sobrevivencia de las crías (Arroyo, 2011). El momento en que inicia la actividad reproductiva depende de la duración de la gestación y los animales que se reproducen en primavera-verano son llamados reproductores de días largos mientras que los que se aparean durante el otoño invierno son llamados de días cortos (Arroyo, 2011). El principal regulador de este mecanismo es el fotoperiodo (Delgadillo et al., 2010). La información de la cantidad de horas luz es percibida por los foto-receptores de la retina los cuales son transmitidos a través del núcleo supraquiasmático, núcleo paraventricular y el ganglio cervical superior a la glándula pineal, la convierte esta señal nerviosa en una señal endocrina a través de la secreción nocturna de melatonina, la cual sincroniza el ritmo endógeno circanual con los cambios en el ambiente (Goodman et al., 2004). El aumento en la cantidad de melatonina secretada durante los días cortos estimula la secreción de GnRH y en turno de LH estimulando el desarrollo folicular, la ovulación y la formación del cuerpo lúteo (Błaszcyk et al., 2004). En la Comarca Lagunera, la época natural de reproducción se presenta de agosto a febrero (Delgadillo et al., 2012). Esta estacionalidad limita la productividad debido a que se dificulta la comercialización de los productos como la leche y el cabrito (Salinas-González et al., 2016).

### **2.3.-Anestro**

En la raza caprina de zonas templadas manifiestan un comportamiento sexual estacional, presentando un periodo de actividad sexual que se caracteriza por la presentación de ciclos estrales regulares, seguidos por un periodo de inactividad sexual o anestro caracterizado por la ausencia de ciclos estrales. (Delgadillo 2012).

En las cabras de la Comarca Lagunera se asumió la existencia de un periodo de anestro de Marzo a Mayo, debido a una reducción marcada de partos entre Agosto y Octubre, el anestro en general se presenta en la temporada de sequía, y consecuentemente, con una drástica reducción de la disponibilidad del alimento en el campo, la subnutrición era el factor responsable de los cambios en la actividad sexual anual de las cabras, el anestro estacional de las cabras coincide con el incremento de la duración del día y el amamantamiento de las crías(Delgadillo 2012).

### **2.4.-Ovulación**

La ovulación puede definirse como la ruptura del folículo ovárico maduro sobre la superficie del ovario y el lanzamiento su contenido, incluyendo el ovocito maduro, con células corona radiada adherentes, células cumulus y fluido folicular. La ovulación es el evento más importante del estro. El punto de ovulación se puede ver en el cuerpo lúteo resultante en los días ováricos después de la ovulación. La ovulación está controlada por las gonadotrofinas: la FSH es predominante durante la fase de crecimiento folicular y la LH se considera generalmente como inductor de la ovulación y también responsable de la formación del cuerpo lúteo. En la hembra,

la LH es secretada por la pituitaria en una oleada, que induce la preparación final del folículo 24 h antes de la ovulación (Rahman, 2008).

En la ovulación, el nivel de LH en la circulación sanguínea periférica de la hembra disminuye rápidamente y el nivel de FSH comienza a aumentar. Después de la rotura, la parte externa del folículo tiene una regrecion y la cavidad folicular se llena de sangre coagulada y fluido, el folículo roto se reduce en tamaño, las células granulosas y teca interna comienzan a proliferar rápidamente bajo la influencia de LH y del cuerpo lúteo, la mayoría de la raza de cabras ovula entre 24-36 horas después del inicio del estro, la tasa de ovulación promedio en la cabra es de 1-3 ovocitos, pero puede variar de 1 a 5 dependiendo de la alimentación y la condición de manejo (Rahman, 2008).

#### 2.5.- Inducción del estro y de la ovulación con progestágenos y gonadotropinas

La sincronización del estro en cabras se consigue mediante el control de la fase lútea del ciclo estral, ya sea proporcionando P4 exógena o mediante la inducción de luteolisis prematura del cuerpo lúteo (CL), este último punto no aplica durante el anestro estacional (Wildeus, 2000).

Las hormonas más utilizadas para la sincronización del estro en cabras anovulatorias son la P4 o los progestágenos sintéticos acompañados por la acción de gonadotropinas como eCG o hCG (Whitley y Jackson, 2004). Estas son administradas a través de dispositivos de poliuretano (esponjas) o de silicón (CIDR) por 5 a 11 días y al retirar estos se administran de 250 a 500 UI de eCG (Simões,

2015). Además de los dispositivos intravaginales, otras formas de administrar la P4 es a través de implantes o en el alimento (Whitley y Jackson, 2004).

A pesar de la diversidad de las formulaciones de la P4 y sus vías de administración, todas ellas han demostrado su eficacia para sincronizar el estro en las cabras dentro y fuera de la época reproductiva (Cuadro 1). Motlomelo *et al.* (2002) compararon el MAP, FGA y el CIDR en cabras Boer e Indígenas administrados por 16 días más 300 UI de eCG al retirar los dispositivos, encontrando una respuesta estral mayor al 97% para los tres tratamientos. No obstante, las cabras tratadas con CIDR presentaron estro más temprano que aquellas sincronizadas con MAP o FGA ( $27.2 \pm 0.4$  h,  $32.2 \pm 0.5$  h y  $30.9 \pm 0.4$  h, respectivamente). En este sentido, Martínez-Alvarez *et al.* (2007), encontraron una mayor variabilidad individual entre el estro y la ovulación en las cabras sincronizadas con MGA que en aquellas tratadas con FGA. Esta diferencia en cuanto al intervalo al estro y a la ovulación se atribuye a diferencias en la tasa de absorción y eliminación de los diferentes progestágenos, así como a su vía de administración (Schindler *et al.*, 2003). A pesar de su eficacia para inducir y sincronizar el estro en las cabras, el uso de esponjas está restringido en algunos países (Lopez-Sebastian *et al.*, 2007). Otra desventaja, es que el uso de estos dispositivos predispone a la aparición de vaginitis, disminuyendo la fertilidad (Manes y Ungerfeld, 2015).

Con el fin de reducir la cantidad de hormonas y la duración de los tratamientos, actualmente existen protocolos de sincronización que consisten en la inyección de una dosis de P4 seguida 24 h después por la aplicación de eCG con resultados similares a los encontrados con el uso de esponjas (Contreras-Villarreal *et al.*,

2016). Se ha demostrado, que una inyección de 25 mg de P4 induce la aparición de una nueva oleada folicular en cabras (Gonzalez-Bulnes *et al.*, 2006). Por lo cual, una vez que se ha iniciado la oleada, el estímulo de la eCG o hCG promueven el desarrollo final del folículo provocando la ovulación (Alvarado-Espino *et al.*, 2016).

Generalmente, al retirar el progestageno, se administra eCG para provocar el desarrollo final del folículo ovulatorio y la ovulación de una forma más sincronizada (Romano, 2004). Este efecto se explica debido a que esta hormona es similar a la LH asistiendo en el desarrollo final del folículo dominante (Murphy, 2012). La otra hormona que también es utilizada en los protocolos de sincronización en cabras aunque en menor medida es la hCG (Navanukraw *et al.*, 2014), ejerciendo un efecto similar al de la eCG sobre el folículo dominante (Navanukraw *et al.*, 2014).

**Cuadro 1.** Tratamiento de sincronización con progestagenos

| Hormona       | Forma comercial | Vía de administración       | Dosis  | Duración                         | Epoca               | Tiempo de monta o IA                      |
|---------------|-----------------|-----------------------------|--|----------------------------------|---------------------|---|
| P4            | CIDR            | Intravaginal                | 300 mg   | 12-14 d                          | Anual               | 36-48 h después de remover el dispositivo |
| Progestag eno | Esponja         | Intravaginal                | 20-40 mg FGA, 60 mg MAP                        | 12-14 d                          | Anual               | 36-48 h despues de remover el dispositivo |
| eCG           | Inyectable      | Intramuscular               | 250-500 UI                                     |                                  |                     |   |
| PGF2 $\alpha$ | Inyectable      | Intramuscuar/<br>subcutánea | 125 $\mu$ g cloprostenol,<br>7.5 mg luprostiol | Dos aplicaciones<br>cada 10 días | Época de<br>empadre |   |

P4= Progesterona, eCG= Gonadotropina corionica equina, PGF2 $\alpha$ = Prostaglandina, CIDR= Dispositivo interno de liberacion controlada, MGA= Acetato de Medroxiprogesterona, FGA= Acetato de Fluorogestona, UI= Unidades Internacionales. Tomado de Abecia *et al.*, 2011.

**3.-Objetivo**

Determinar si es necesaria la progesterona exógena (20 mg) con la combinación de hCG, para inducir el estro y la ovulación en cabras multirraciales durante el periodo de anestro estacional.

#### **4.-Hipótesis**

La aplicación de progesterona exógena (20 mg) es necesaria para inducir el estro y la ovulación cabras multirraciales tratadas con 100 UI de hCG durante el anestro estacional.

## **5.-Materiales y métodos**

### **5.1. Localización, animales y manejo.**

El presente estudio fue realizado en el ejido Santa Fe, municipio de Torreón Coahuila (25°35´ N y 103°20´ O). La región se caracteriza por presentar un clima semidesértico con temperaturas máximas de 40° C y mínimas cercanas a los 6° C. Se utilizaron 20 cabras multirraciales, múltiparas, anovulatorias de entre 2 a 5 años de edad y 2 machos celadores (cruza de diversas razas lecheras). La alimentación de las cabras consistió en heno de alfalfa a libre acceso y 300 g de alimento concentrado a cada cabra por día (17% PC) durante todo el experimento. El agua y los minerales se ofrecieron a libre acceso.

### **5.2.-Diseño experimental**

Las cabras se dividieron en dos grupos homogéneos según su peso y condición corporal. Un grupo de cabras (G-P4-hCG, n= 10) recibió 20 mg de P4 vía IM (Progesterona®, Zoetis, México) y 24 h después se aplicaron 100 UI de hCG (Chorulon®, Intervet, México), mientras que al otro grupo solo se les aplicaron 100 UI de hCG (G-Control, n=10). El día de la aplicación de la hCG fue definido como el Día 0.

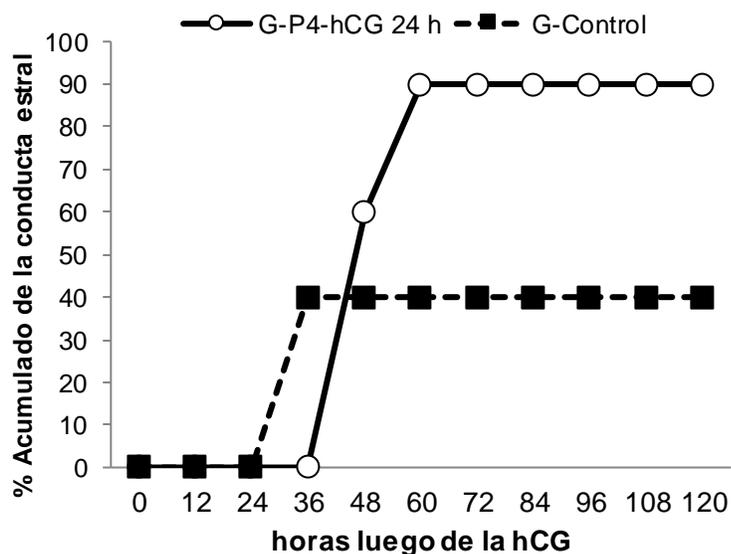
A partir del día 0 y durante los 5 días posteriores, se detectó la actividad estral dos veces al día (8:00 y 17:00h) durante 15 minutos con la ayuda de dos machos cabríos. Una cabra se consideró en celo cuando permanecía inmóvil a la monta del macho. En ambos grupos se registró el número de cabras en celo, así como el inicio y duración de este.

### **5.3.-Análisis estadístico.**

La proporción de cabras en estro y que ovularon se analizaron con una prueba de Fisher. El intervalo al celo y la duración del celo se analizó mediante una prueba de t-Student. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico MYSTAT 13. Se aceptó un nivel de significancia  $P \leq 0.05$

## 6.-RESULTADOS.

La respuesta estral de los grupos sometidos a los dos tratamientos se muestra en la Figura 1. El 90 % (9/10) de las hembras del G-P4-hCG mostraron actividad estral y ovularon mientras que en el G-Control solo el 40 % (4/10) de las hembras respondieron ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, la latencia al estro fue menor en las cabras de grupo G-Control que en G-P4-hCG ( $34.0 \pm 0.0$  vs.  $52.0 \pm 1.9$ , respectivamente) (Cuadro 2). En el grupo tratado con P4 más hCG el las hembras que presentaron celo lo hicieron durante las primeras 48 h a 60 h posteriores a la inyección de la hCG. Además, en estas cabras la duración del celo fue menor que en las que unicamente recibieron hCG ( $31.0 \pm 3.3$  h vs.  $45.0 \pm 4.8$ h,  $P < 0.05$ , respectivamente).



**Figura 1.** Porcentaje acumulado de ocurrencia de celos en cabras multirraciales tratadas 100 UI de hCG con 20 mg de P4 (G-P4-hCG, n= 10) y

solo con hCG sin P4 (G-Control, n=10) durante el anestro estacional en la Comarca Lagunera en el mes de abril (25 ° N).

Cuadro 2 .Respuesta reproductiva de las cabras multirraciales sometidas a dos tratamientos (del GT,n= 10; P4 -24h+ hCG Y GC,n=10; SSF-24+ hCG) durante el anestro estacional en la Comarca Lagunera (abril, 26°N).

| Variables              | Control                | Tratado                |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| Estro (%)              | 40 (4/10) <sup>a</sup> | 90 (9/10) <sup>b</sup> |
| Intervalo al estro (h) | 36.0±0.0 <sup>a</sup>  | 52.0±1.9 <sup>b</sup>  |
| Duración del celo (h)  | 45±4.8 <sup>a</sup>    | 31.0±3.3 <sup>b</sup>  |
| Tasa ovulatoria (%)    | 50 (5/10) <sup>a</sup> | 90 (9/10) <sup>b</sup> |

<sup>a,b</sup> Literales con superíndices diferentes difieren a (P<0.05)

## 7.-Discusión

Los resultados del presente estudio demuestran que la inyección de P4 previa a la inyección de hCG es esencial para que las cabras presenten celo y ovulen.

El rol facilitador de la P4 sobre la conducta estral ha sido demostrado en ratas, vacas, ovejas y cabras (Fabre-Nys y Gelez, 2007). En cabras ovariectomizadas, la administración de 15 mg de P4 48 h antes de la aplicación de estradiol, aumenta las conductas de receptividad tales como montas e intentos de monta. Es por ello que en nuestro grupo control, solo una pequeña proporción de hembras presentó celo (Billings y Katz, 1997).

Con respecto a la ovulación, aunque la dosis empleada de hCG fue similar en ambos grupos y se ha comprobado que es suficiente para inducir el estro y la ovulación en cabras (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2017), no fue suficiente para inducir la ovulación en la mayoría de las cabras sin P4. En un estudio realizado por Karaca *et al.* (2009) se observó que múltiples dosis de eCG inducen el estro y la ovulación en cabras durante el anestro estacional sin la necesidad de aplicar un tratamiento previo con P4. Es posible que estos resultados se deban a la dosis de eCG empleada. Además, la P4 mejora el crecimiento y maduración de los folículos preovulatorios, los cuales son capaces de ovular (Adib *et al.*, 2014). Es por ello, que la sinergia de la P4 más la dosis baja de hCG usada en nuestro estudio son necesarias para inducir el estro y la ovulación en cabras anovulatorias.

Los resultados observados en el grupo tratado con P4 más hCG son similares a los reportados previamente por nuestro laboratorio (Alvarado-Espino *et al.*, 2016;

Rodriguez-Martinez *et al.*, 2017) y a los obtenidos con otros protocolos a base de esponjas más eCG en cabras (Martemucci y D'Alessandro, 2011). Además, el hecho que la mayoría de las cabras presentaran estro en las primeras 48 h a 60 h, abren la oportunidad de la utilización de la inseminación artificial sin la necesidad de detectar el celo.

## **8.-CONCLUSIÓN**

Estos resultados demuestran que para inducir una respuesta ovarica en las cabras anovulatorias tratadas con hCG es necesario aplicar P4 (20 mg de progesterona exógena) previamente y confirman que el el protocolo de P4 más hCG induce el estro y la ovulación en las cabras durante el anestro estacional.

## 9.-BIBLIOGRAFÍA

Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal reproduction science*, 130(3), 173-179.

Adib, A., Freret, S., Touze, J. L., Lomet, D., Lardic, L., Chesneau, D., ... & Pellicer-Rubio, M. T. (2014). Progesterone improves the maturation of male-induced preovulatory follicles in anoestrous ewes. *Reproduction*, 148(4), 403-416.

Alvarado. A.S., Meza. C.A., Carrillo E., González V.H., Guillen J.M., Ángel. O., Mellado M., Veliz. F.G. 2016. Reproductive outcomes of alpine goats primed with progesterone and treated with human chorionic gonadotropin during the anestrus - to- estrus transition season. *Animal reproduction science*. 167, 133-138.

Amoah, E. A., Gelaye, S., Guthrie, P., & Rexroad, C. E. (1996). Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *Journal of Animal Science*, 74(4), 723-728.

Arroyo, J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14, 829-845.

Ben Said, S., Lomet, D., Chesneau, D., Lardic, L., Canepa, S., Guillaume, D., ... & Caraty, A. (2007). Differential estradiol requirement for the induction of estrus behavior and the luteinizing hormone surge in two breeds of sheep. *Biology of reproduction*, 76(4), 673-680.

Billings, H. J., & Katz, L. S. (1997). Progesterone Facilitation and Inhibition of Estradiol-Induced Sexual Behavior in the Female Goats. *Hormones and Behavior*, 31, 47-53.

Błaszczyk, B., Udała, J., & Gaczarzewicz, D. (2004). Changes in estradiol, progesterone, melatonin, prolactin and thyroxine concentrations in blood plasma of goats following induced estrus in and outside the natural breeding season. *Small Ruminant Research*, 51(3), 209-219.

Bono, F., Cairoli, F., Tamanini, C., Abrate, L. 1983. Progesterone, estrogen, LH, FSH and PRL concentrations in plasma during the estrous cycle in goat. *Reprod. Nutr. Develop.* 23, 217-222.

Camp, J. C., Wildt, D. E., Howard, P. K., Stuart, L. D., & Chakraborty, P. K. (1983). Ovarian activity during normal and abnormal length estrous cycles in the goat. *Biology of Reproduction*, 28(3), 673-681.

Carrillo E., Meza-Herrera, Luna-Orozco, J.R., Delgado-Gonzales, R.A., Gaytan-Aleman L.R., Angel-Garcia O., Veliz, F.G., Contreras, V. 2017 Evaluation of out season estrus induction protocols in progesterone primed mix-breed dairy goats using eCG, GnRH and E2. *Indian journal of animal research*. 0976-0555.

Chemineau, P., Guillaume, D., Migaud, M., Thiéry, J. C., Pellicer-Rubio, M. T., & Malpoux, B. (2008). Seasonality of Reproduction in Mammals: Intimate Regulatory Mechanisms and practical implications. *Reprod Dom Anim*, 2(43), 40-47.

Chemineau, P., Gauthier, D., Poirer, J.C., Saumande, J., 1981. Plasma levels of LH, FSH, Prolactin, Estradiol-17 $\beta$  and Progesterone during natural and induced oestrus in the dairy goat. *Theriogenology*. 17, 313-323

Contreras, V., Meza, C.A., Rivas, R., Ángel, O., Luna, J.R., Carrillo, E., Mellado, M., Veliz, F.G. 2016. Reproductive performance of seasonally anovular mixed bred

dairy goats induced to ovulate with a combination of progesterone an eCG or esadiol. *Animal science journal*. 87, 750-755.

Delgadillo, J. A., Vielma, J., Hernandez, H., Flores, J. A., Duarte, G., Fernández, I. G., & Gelez, H. 2012. Male goat vocalizations stimulate the estrous behavior and LH secretion in anestrous goats that have been previously exposed to bucks. *Hormones and behavior*, 62(4), 525-530.

Fabre-Nys,C., & Gelez, H. (2007). Sexual behavior in ewes and other domestic ruminants. *Hormones and Behavior*, 52, 18-25.

Fatet. A., Pellicer M.t., Leboeuf B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal reproduction science*. 124, 211-219.

Gaafar.k., Gabr M. Teleb D., 2005. The hormonal profile during the estrous cycle and gestation in damascus goats. *Small ruminant research*. 57, 85-93.

González-Bulnes, A., Carrizosa, J. A., Urrutia, B., & López-Sebastian, A. (2006). Oestrous behaviour and development of preovulatory follicles in goats induced to ovulate using the male effect with and without progesterone priming. *Reproduction, Fertility and Development*, 18, 745-750.

Goodman, R. I., Coolen, L. M., Anderson, G. M., Hardy, M. V. Connors, J.M. 2004. Evidence that dynorphin plays a major role in mediating progesterone negative feedback on gonadotropine-releasing hormone neurons in sheep. *Endocrinology* 145(6), 2959-2967.

Karaca, F., Tasal, I., & Alan, M. (2009). Preliminary report on induction of estrus with multiple eCG injections in Colored Mohair goats during the anestrus season. *Animal Reproduction Science*, 114(1), 306-310.

Leboeuf, B., Forgerit, Y., Bernelas, D., Pougard, J. L., Senty, E., & Driancourt, M. A. (2003). Efficacy of two types of vaginal sponges to control onset of oestrus, time of preovulatory LH peak and kidding rate in goats inseminated with variable numbers of spermatozoa. *Theriogenology*, *60*(7), 1371-1378

López-Sebastian, A., González-Bulnes, A., Carrizosa, J. A., Urrutia, B., Díaz-Delfa, C., Santiago-Moreno, J., & Gómez-Brunet, A. (2007). New estrus synchronization and artificial insemination protocol for goats based on male exposure, progesterone and cloprostenol during the non-breeding season. *Theriogenology*, *68*(8), 1081-1087.

Manes, J., & Ungerfeld, R. (2015). Sincronización de celos en ovejas y cabras con dispositivos intravaginales liberadores de progestágenos: alteraciones en ambiente vaginal y su relación con la fertilidad. *Rev. Bras. Reprod. Anim*, *39*(1), 104-108.

Martemucci, G., & D'Alessandro, A. G. (2011). Induction/synchronization of oestrus and ovulation in dairy goats with different short term treatments and fixed time intrauterine or exocervical insemination system. *Animal Reproduction Science*, (*126*), 187-194.

Martínez-Álvarez, L. E., Hernández-Cerón, J., González-Padilla, E., Perera-Marín, G., & Valencia, J. (2007). Serum LH peak and ovulation following synchronized estrus in goats. *Small Ruminant Research*, *69* (1), 124-128.

Murphy, B. D. (2012). Equine chorionic gonadotropin: an enigmatic but essential tool. *Anim. Reprod*, *9* (3), 223-230.

Navanukraw, C., Khanthusaeng, V., Kraison, A., & Uriyapongson S. (2014). Estrous and ovulatory responses following cervical artificial insemination in Thai-native goats given a new or once-used controlled internal drug release with human chorionic gonadotropin. *Tropical Animal Health Production*, 46, 1441-1446.

Rahman A.N.M.A., Abdullah R.B., Wan-Khadijah W.E.2008. Estrus synchronization and superovulation in goats: a review. *Journal of biological sciences* 8, 1129-1137.

Rodríguez-Martínez, R., Meza-Herrera, C. A., Tapia-Robles, K. I., Alvarado-Espino, A. S., Luna-Orozco, J. R., Leyva, C., ... & Véliz-Deras, F. G. (2017). Effect of two routes of administration of human chorionic gonadotropin upon oestrus induction and reproductive outcomes in adult acyclic mix-breed goats. *Journal of Applied Animal Research*, 1-5.

Romano, J. E. (2004). Synchronization of estrus using CIDR, FGA or MAP intravaginal pessaries during the breeding season in Nubian goats. *Small Ruminant Research*, 55, 15-19.

Salinas-González. H., Valle, M., De los Angeles de Santiago Miramontes, Veliz F.G., Maldonado. J.J.A., Vélez M.L.I., Torres. H.D., Maconetzin I.L., Figueroa V.U. 2016. Analisis descriptivo de unidades caprinas en el suroeste de la region lagunera. *Interciencia* 41(11) 763-768.

Schindler, A. E., Campagnoli, C., Druckmann, R., Huber, J., Pasqualini, J. R., Schweppe, K. W., & Thijssen, J. H. (2003). Classification and pharmacology of progestins. *Maturitas*, 46, 7-16.

Simões, J. (2015). Recent advances on synchronization of ovulation in goats, out of season, for a more sustainable production. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 4(2), 157-165.

Spencer, T. E., & Bazer, F. B. (2004). Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 2(49), 1-15.

Whitley, N. C., & Jackson, D. J. (2004). An update on estrus synchronization in goats: A minor species. *J. Anim. Sci.* (82), 270-276

Wildeus, S. (2000). Current concepts in synchronization of estrus: Sheep and goats. *American Society of Animal Science*, 1-14.