

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



**SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN CABRAS ALPINAS Y LOCALES  
ANOVULATORIAS DE LA COMARCA LAGUNERA CON  
PROGESTERONA MÁS GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA**

**POR  
RAFAEL RODRÍGUEZ VENEGAS**

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**MARZO DE 2018**

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

SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN CABRAS ALPINAS Y LOCALES  
ANOVIATORIAS DE LA COMARCA LAGUNERA CON PROGESTERONA  
MÁS GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA

POR  
RAFAEL RODRÍGUEZ VENEGAS

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. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

VOCAL:

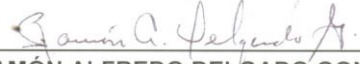
  
DRA. LETICIA ROMANA GAYTÁN ALEMÁN

VOCAL:

  
DR. OSCAR ÁNGEL GARCÍA

VOCAL SUPLENTE:

  
DR. JUAN MANUEL GUILLÉN MUNOZ

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



TORREÓN, COAHUILA

MARZO DE 2018

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

SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN CABRAS ALPINAS Y  
LOCALES ANOVULATORIAS DE LA COMARCA LAGUNERA CON  
PROGESTERONA MÁS GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA

POR  
RAFAEL RODRÍGUEZ VENEGAS

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

ASESOR:

  
DR. OSCAR ÁNGEL GARCÍA

ASESOR:

  
DRA. LETICIA ROMANA GAYTÁN ALEMÁN

ASESOR EXTERNO:

  
DR. JUAN MANUEL GUILLÉN MUÑOZ

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



TORREÓN, COAHUILA

MARZO DE 2018

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

SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN CABRAS ALPINAS Y LOCALES  
ANOVIATORIAS DE LA COMARCA LAGUNERA CON PROGESTERONA  
MÁS GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA

POR  
RAFAEL RODRÍGUEZ VENEGAS

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

DIRECTOR:

  
DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

CO-DIRECTOR:

  
DR. JUAN MANUEL GUILLÉN MUÑOZ

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



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

MARZO DE 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por la oportunidad que me brindó para el crecimiento tanto en lo personal como en lo académico y las habilidades que gracias a mi educación pude desarrollar.

Agradezco a mi asesor principal, el Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras por haberme dado la oportunidad de participar en este proyecto y aconsejarme a cada momento.

Igualmente agradezco a mi asesor, el Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz por el apoyo, la paciencia y consejos que me brindó durante el desarrollo y término de éste trabajo.

A lo profesores que a lo largo de mi carrera me brindaron su apoyo y sus consejos, que me ayudaron a crecer tanto en lo profesional como en lo académico. Gracias también por las oportunidades que me otorgaron para lograr terminar mi educación universitaria.

Agradezco sinceramente al Fondo Sectorial en Investigación en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos (SAGARPA-CONACYT) por su generoso apoyo a la propuesta “Aumento de la productividad, competitividad y sustentabilidad de la cadena de carne y leche de cabras en sistemas extensivos del norte de México” (2017-4-291691), el cual generó la mayor parte de la información presentada en este documento.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo de tesis primeramente a mis abuelos, pero especilmente a mi abuelo Juan Venegas que desde el momento en que partió, le prometi que le dedicaría mi carrera y titulación.

A mis padres Juanita y Rafael que sin ellos nada de esto hubiera sido posible; han sido un elemento indispensable durante mi educación, mi desarrollo personal y profesional. Gracias por sus enseñanzas, su paciencia y por su apoyo que siempre me brindaron y que lo siguen haciendo.

A mis hermanas que nunca dejaron de motivarme y estar conmigo en todo momento y que gracias a su presencia, logré terminar una nueva etapa en mi vida.

A mi novia Ariadna González Luna por siempre creer en mí y darme su apoyo incondicional en cada momento.

## INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	I
DEDICATORIA .....	II
RESUMEN.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2.1. La caprinocultura en México.....	2
2.2. Estacionalidad Reproductiva .....	3
2.3. Tratamientos hormonales como alternativa para contrarrestar la estacionalidad .	5
2.3.1. Control hormonal del ciclo reproductivo .....	5
2.3.1.1. Progestágenos.....	6
2.3.1.2. eCG.....	7
JUSTIFICACIÓN .....	9
OBJETIVO.....	10
HIPÓTESIS .....	11
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
2.1. Designación de grupos y tratamientos .....	12
4.3. Variables evaluadas .....	13
4.3.1. Actividad estral.....	13
4.3.2. Porcentaje de ovulación y tasa de preñez .....	13
4.4. Análisis estadísticos.....	13
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
5.1. Respuesta estral y ovulatoria.....	14
4. CONCLUSIÓN .....	17
5. LITERATURA CITADA .....	18

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Respuesta reproductiva obtenida de las cabras Alpina y Criollas tratadas con 20 mg de progesterona más 100 UI de hCG al día siguiente durante el anestro estacional (26°N).....	14
--	----



**LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1.** Esquema del diseño experimental.....12

**Figura 2.** Porcentaje de cabras Alpinas y Criollas en celo luego de la inyección de hCG.....15

## **Resumen**

### **Efecto de la raza sobre la respuesta reproductiva en hembras anovulatorias durante el anestro estacional, utilizando p4 y hCG**

POR:

Rafael Rodríguez Venegas

Medicina Veterinaria y Zootecnia

Asesor:

Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la raza (Alpina vs Criolla) sobre la respuesta sexual en cabras sincronizadas con una dosis de P4 im más hCG, durante el anestro estacional. Se emplearon 17 cabras Criollas y 19 Alpinas, de entre 2 a 5 años de edad, anovulatorias. Las cabras fueron sincronizadas con una dosis de 20 mg-1 de progesterona im, y 24 h después se les inyectaron 100 UI de hCG im. No se observaron diferencias en la respuesta estral ni ovulatoria entre razas (Alpinas 100% vs. Criollas 83%). El intervalo al estro y la ovulación en las cabras Alpinas y Criollas fue de  $54 \pm 7.3$  y de  $58 \pm 13.1$  h y de  $93.5 \pm 7.6$  h y  $96 \pm 12.8$  h, respectivamente ( $P > 0.05$ ). El porcentaje de gestación entre razas fue similar, observándose un 79% en las cabras Alpinas y un 56% en las Criollas. En conclusión, la inducción y sincronización de la actividad sexual con progesterona más hCG en cabras Alpinas y Criollas durante el anestro y bajo las condiciones del área del estudio, no son afectadas por la raza y tienen valores altos, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de folículos jóvenes, lo que convierte a este protocolo en una opción para disminuir el anestro estacional.

Palabras clave: Gonadotropinas, Sincronización, Anestro, Ovulación.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las cabras originarias o adaptadas a latitudes subtropicales son consideradas poliestricas estacionales (Delgadillo et al., 2012). La sincronización de la actividad sexual a través de tratamientos hormonales es una alternativa para reducir el impacto de la estacionalidad reproductiva en los sistemas de producción (Holtz, 2005).

Los protocolos más empleados en los caprinos son aquellos que utilizan esponjas impregnadas con progestágenos o dispositivos, los cuales se introducen en la vagina durante 6 a 11 días, seguido de la inyección de de >250 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG), al momento del retiro de la esponja o del dispositivo, o 24 h después de esto (Abecia et al., 2012). Sin embargo, recientemente se ha utilizado un protocolo de inducción y sincronización de la actividad sexual “ultracorto”, el cual consiste en la aplicación de progesterona por vía intramuscular (im) en un solo día, y al día siguiente, la aplicación de una dosis baja de hCG de solo 100 UI (Alvarado-Espino et al., 2016; Rodríguez-Martínez et al., 2017).

Con el protocolo de inducción y sincronización de la actividad sexual “ultracorto” se ha observado una respuesta estral de más del 80% y una tasa de preñez del 60%. Sin embargo, algunos investigadores han mencionado que la respuesta sexual a los tratamientos hormonales puede variar por diversos factores entre ellos la raza (Amarantidis et al., 2004). Ramukhithi et al. (2012) mencionan que, luego de la sincronización con CIDR más eCG, la respuesta estral y la duración del celo varía más en cabras Boer que en indígenas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la raza sobre la inducción de la actividad sexual en cabras en anestro con un protocolo ultracorto, utilizando 20 mg de progesterona vía im y 100 UI de hCG.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. La caprinocultura en México**

Los caprinos fueron introducidos a México por los españoles, probablemente la mayoría de los animales fueron embarcados en las Islas Canarias. Los estudios genotípicos y fenotípicos indican una mayor influencia Navarra y Andaluza de las cabras originarias que llegaron a nuestro país, habiéndose adaptado desde entonces en gran parte al territorio nacional, demostrando ser aptos para una producción pecuaria rentable (Arechiga-Flores et al., 2008).

El inventario nacional de caprinos en México asciende a cerca de 8,7 millones de cabezas, que producen 167.000 toneladas de leche (1,1% producción mundial) y 48.000 toneladas de carne (0,89% producción mundial). Este sector se concentra principalmente en las zonas áridas y semiáridas que corresponden al 60% del país, extendiéndose de sur a norte, siendo los principales estados según sus censos: Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Guerrero, Coahuila, Zacatecas, Guanajuato y Michoacán (Andrade-Montemayor (2017).

La caprinocultura en México es importante por la cantidad de familias rurales que dependen de ésta, estimada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía en 250 mil. Sin embargo, por tradición, para apoyar la actividad, el gobierno mexicano a través de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, considera que todos los productores dedicados a las cabras tienen condiciones tecnológicas iguales, y que todos se dedican a producir lo

mismo. La realidad es que los productores son diferentes entre sí, por regiones, entidades y al interior mismo de una localidad, por lo que el tipo de apoyos que se canalice debe ser acorde a sus necesidades y características (Orona et al., 2013). México está considerado como el principal productor de cabras en el continente americano y ubicado en el lugar 18 en producción de leche a nivel mundial (FAOSTAT, 2014), existen 494,000 unidades de producción caprina y aproximadamente 1.5 millones de mexicanos tienen como actividad productiva primaria o complementaria a la caprinocultura. El 64% de las cabras se concentra en los sistemas de producción característicos de las zonas áridas y semiáridas y el 36% restante en la región templada del país (Cantú et al., 1989). El inventario nacional de cabras es de 8, 724,948 millones hasta el 2015 según el (SIAP,2016), por lo que su importancia se refleja en la producción anual de leche y carne y subproductos como la piel. Siendo estas actividades el principal sustento para las familias que se dedican a la producción de cabras.

## **2.2. Estacionalidad Reproductiva**

La estacionalidad reproductiva es una característica de algunas razas caprinas originarias o adaptadas a las regiones subtropicales. Debido a las débiles variaciones foto periódicas que se registran en las regiones subtropicales, y a las importantes variaciones estacionales de la disponibilidad de alimento para los animales mantenidos en condiciones extensivas (Delgadillo et al., 2002). Las cabras y ovejas son reproductoras estacionales y dicha característica genera a su vez un comportamiento irregular de la producción anual, lo que provoca una baja disponibilidad de leche y derivados, al tiempo que el mercado

demanda mayores cantidades y podría pagar mejor (Pellicer-Rubio et al., 2009)

La actividad reproductiva de la cabra doméstica se ve afectada por gran cantidad de factores, entre los que predominan la raza, presencia del macho, nutrición y, principalmente, el fotoperiodo. La actividad sexual se inicia cuando el periodo diario de horas-luz disminuye, lo cual ocurre en otoño e invierno (Álvarez et al., 2001.). 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). Se considera que este ciclo de actividad reproductiva está determinado en principio por un “reloj biológico” propio de las cabras, que se sincroniza con la época del año a partir del registro de cambios en la duración del fotoperiodo que se presentan a través de éste; específicamente del registro de la secuencia de cambio entre los días largos del verano (fotoperiodo largo) hacia los días cortos del otoño-invierno (fotoperiodo corto). Este “registro fotoperiódico” permite así que la etapa de actividad estral del ciclo anual reproductivo en las hembras de un rebaño se sincronice con el otoño-invierno dejando a la etapa de anestro para la primavera-verano (Chemineau et al., 2008). 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 (Delgadillo et al., 2012). La temporada de cría en cabras alpinas comienza en otoño (septiembre / octubre) y finaliza en invierno (febrero), lo que resulta una

marcada estacionalidad en las fechas de nacimiento. En condiciones experimentales, días largos inhiben y días cortos estimulan la actividad sexual (chemineau et al., 1992). En los machos el periodo de reposo sexual ocurre de enero a abril, mientras que en las hembras, el periodo de anestro sucede de marzo a agosto. En ambos sexos, esta estacionalidad es provocada por las variaciones de la duración del día. Los días cortos estimulan la actividad sexual y los días largos la inhiben (Delgadillo et al., 2002).

### **2.3. Tratamientos hormonales como alternativa para contrarrestar la estacionalidad**

#### **2.3.1. Control hormonal del ciclo reproductivo**

La reproducción asistida mediante técnicas que promuevan la ovulación en momentos predeterminados, otorga una serie de ventajas. Permite elegir con anticipación el periodo de partos y ajustarlo a la disponibilidad de alimento o a las facilidades para la crianza y permite también, la adaptación a una posible estacionalidad en el mercado. La sincronización de celos es una herramienta ampliamente utilizada en programas de mejoramiento genético de los sistemas de producción animal. Al mismo tiempo, el control del ciclo estral permite aumentar la eficiencia reproductiva mediante el control de la época de parición. Las técnicas farmacológicas permiten agrupar los celos de tal manera que es posible inseminar un gran número de animales en un solo día de trabajo, e incluso sin necesidad de detectar el estro. Estos tratamientos pueden ser utilizados tanto durante la estación reproductiva como durante el anestro estacional. (Manes et al., 2015)

Los tratamientos tradicionales para sincronizar celos en caprinos consisten en la inserción de un dispositivo con progestágenos durante 12 a 14 días, lo que puede estar o no asociado a una dosis de prostaglandina y eCG. A partir de la incorporación de nuevos conocimientos en el área de la fisiología reproductiva, se ha acortado la duración de estos tratamientos. En el caso de animales en anestro, los tratamientos aplicados durante 5-6 días son al menos tan efectivos como los tradicionales (Ungerfeld y Rubianes, 1999; Ungerfeld et al., 2003) y el uso del efecto macho (Delgadillo et al., 2012).

#### **2.3.1.1. Progestágenos**

La progesterona y sus análogos sintéticos (progestágenos), son hormonas empleadas para controlar el ciclo sexual de las ovejas, simulando la presencia de un cuerpo lúteo (CL) funcional, e induciendo la ovulación tras su retirada (Robinson, 1965). En general, los progestágenos inducen un incremento del crecimiento folicular y la secreción de E2-17  $\beta$  a las 24 horas de haberse retirado el progestágeno; produciéndose la aparición de celos sincronizados entre las 32 y 36 horas (López Sebastián, 1991). Otra de las funciones importantes de la progesterona es la de preparar a los centros cerebrales de la conducta para responder ante la presencia del estradiol, de modo que el estro solo se manifiesta en aquellas hembras expuestas al estradiol que han sido previamente expuestas a la progesterona por un periodo de 10-12 días (Karsch et al., 1980).

La efectividad de los tratamientos progestativos, depende tanto de factores intrínsecos como extrínsecos. Entre los factores intrínsecos que modulan la respuesta inducida por los tratamientos progestativos se mencionan el genético o racial (Kareta *et al.*, 2006), la edad de la hembra (Ainsworth y Wolynetz,



1982), y el estado nutricional (Scaramuzzi *et al.*, 2006). Todos ellos, ya sea de forma aislada o en conjunto, establecen o definen el estatus ovárico en el momento de aplicar los protocolos de sincronización y, en consecuencia, la respuesta a estos (González-Bulnes *et al.*, 2006; Contreras-Solís *et al.*, 2007). Entre los factores extrínsecos que afectan la efectividad de los tratamientos progestativos destacan el tipo de principio activo (Rhodes y Nathanielsz, 1988; Lopez-Sebastian *et al.*, 1991), la época de aplicación del tratamiento (Rhodes y Nathanielsz, 1988; Walker *et al.*, 1989), la dosis empleada (Simonetti *et al.*, 2000) y la duración o tipo de protocolo empleado (Ungerfeld y Rubianes, 2002).

Actualmente se han estudiado nuevos métodos de inducción del celo en cabras en el norte de México, utilizando una sola aplicación de progesterona natural (20 mg) vía intramuscular, más 250 UI de eCG (Contreras-Villareal *et al.*, 2015), ó 100 UI de hCG (Alvarado-Espino *et al.*, 2016) durante la época de anestro estacional, obteniendo hasta un 100% en la respuesta estral y 100% de ovulación.

#### **2.3.1.2. eCG**

La gonadotropina tiene un efecto primordial de FSH y secundariamente un efecto de LH, y actúa directamente a nivel de los ovarios, para dar paso a un folículo capaz de ser fecundado (Oliveira *et al.*, 2001). Algunos reportes indican que el uso repetido de la eCG provoca bajas en la fertilidad en ambas especies. Tal efecto se ha atribuido a la presencia de anticuerpos anti-eCG que se producen como respuesta inmune desde el primer tratamiento (Baril *et al.*, 1996; Bodin *et al.*, 1997; Chemineau *et al.*, 1999; Maurel *et al.*, 2003), este parámetro se correlaciona muy significativamente con el retraso del celo y del pico preovulatorio de LH.

### **2.3.1.2 hCG (Gonadotropina coriónica humana)**

La hCG es producida por las células del trofoblasto del embrión humano a las tres o cuatro semanas de gestación y su principal función es estimular la producción de progesterona por el CL, inhibe las contracciones uterinas, bloquea la respuesta inmune uterina y promueve el crecimiento fetal (Cole, 2010). Pertenece a un grupo de hormonas glucoproteicas que incluye a la LH, 28 FSH y la hormona estimulante de la tiroides (TSH) (De Rensis et al., 2010). Todas ellas tienen dos subunidades  $\alpha$  y  $\beta$ , la subunidad  $\alpha$  es común a todas las hormonas, mientras que la subunidad  $\beta$  es única en cada una de ellas y es la responsable de su actividad biológica (De Rensis et al., 2010). La subunidad  $\beta$  de la hCG es similar a la LH y comparten el mismo receptor, por lo cual es utilizada en los animales además de su prolongada vida media que permite un mayor estímulo de LH más prolongado (De Rensis et al., 2010). En cabras, la tasa de absorción, después de administrarla por vía IM, es de 11.6 h con una vida media de 39.4 h (Saleh et al., 2012). Debido a su efecto LH en las células del ovario, la gonadotropina coriónica humana ha sido utilizada en cabras para diversas funciones como: Inducir el estro durante el anestro estacional y postparto (Fonseca et al., 2005; Kawate et al., 2002), sincronizar la ovulación después de un protocolo de estimulación con eCG (Saleh et al., 2012) y mantener los niveles de P4 elevados después de la ovulación (Saharrea et al., 1998; Lashari y Tasawar, 2010). Los rangos de dosis para estas funciones varían de 250 a 1000 UI de hCG

## **JUSTIFICACIÓN**

La realización de este estudio resulta necesaria, debido a que en los últimos años se están buscando alternativas en los protocolos de reproducción en cabras, y para determinar el efecto que existe entre las cabras de raza pura y las de origen criollo o mestizo.

## **OBJETIVO**

Evaluar el efecto de la raza (Alpina vs Criolla) sobre la respuesta sexual en cabras sincronizadas con una dosis de P4 im más hCG durante el anestro estacional.

## **HIPÓTESIS**

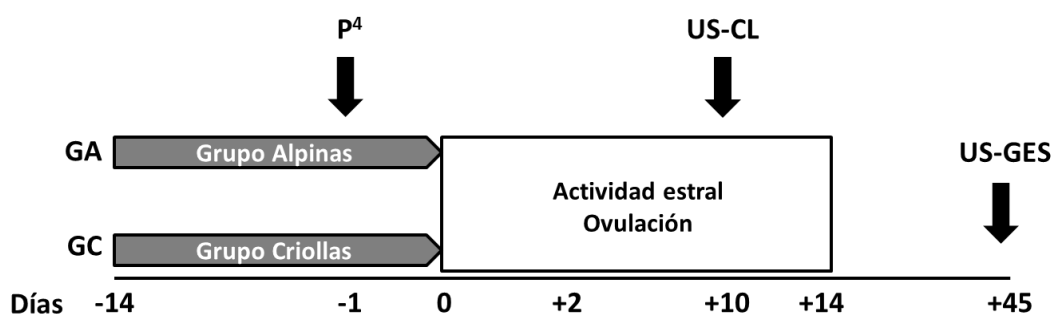
La raza (Alpina ó Criolla) tiene un efecto sobre la respuesta sexual en cabras sincronizadas con una dosis de P4 im más hCG durante el anestro estacional.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el norte de México (26°23 N; 104°47 O), en una granja caprina lechera comercial, durante el anestro estacional (marzo). Todos los animales del estudio tuvieron acceso libre de agua y fueron alimentados con alfalfa (17% de proteína cruda; PC, y 1.95 Mcal de energía metabolizable; ME) a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14% de PC y 1.7 Mcal ME) por animal. Los métodos y el manejo de los animales experimentales utilizados en este estudio fueron en conformidad con las directrices aprobadas para uso ético, atención y bienestar de los animales en la investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nacional (UNAM, 2002).

### 2.1. Designación de grupos y tratamientos

Se utilizaron 37 cabras anovulatorias de fenotipo multirracial (2 a 5 años de edad), 17 Criollas ( $39.5 \pm 6.3$ ) y 19 Alpinas ( $37.0 \pm 7.7$  kg), con una condición corporal de 2.5 en escala de 0-5 (0 = muy delgadas y 5 = muy gordas, con incrementos de 0.25; Gallego-Calvo et al., 2014). El estado anovulatorio de las cabras se determinó en base en la ausencia de cuerpo lúteo (CL) mediante ecografía transrectal (Aloka SSD 500, transductor 7.5 MHz). Durante el experimento, las cabras se alojaron en corrales diferentes provistos de sombra. El 1 de marzo, se formaron 2 grupos de hembras (n=20, c/u), homogéneos en cuanto a peso y condición corporal. El tratamiento y diseño del experimento se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Esquema del diseño experimental

## **2.2. Diseño experimental**

Todas las hembras fueron sincronizadas con una dosis única de 20 mg-1 de Progesterona im (0.4 mL-1/cabra, Progesvit ADE, Brovel, México): donde, P4= una sola inyección intramuscular de progesterona. GA = Cabras Alpinas y GC = Cabras Criollas. Todas las hembras fueron tratadas con 100 UI de hCG (0.1 mL-1/cabra, Chorulon, Intervet, México), 24 h después de la aplicación de la progesterona natural (día 0). US-CL= se realizó ultrasonido para determinar la presencia de cuerpos lúteos al día 7 después del pico de estros. US-GES= se evaluó la gestación a los 45 días después de la introducción de los machos.

## **4.3. Variables evaluadas**

### **4.3.1. Actividad estral**

La detección del celo se realizó dos veces al día durante 15 min con dos machos de cada raza desde día 0 hasta el día 5. Durante la detección del celo, los machos tenían un mandil para evitar que copularan con las hembras. Las hembras en estro fueron montadas en las primeras 12 h después del inicio del celo.

### **4.3.2. Porcentaje de ovulación y tasa de preñez**

La realización de la ultrasonografía fue por el mismo operador. El porcentaje de ovulación fue determinado a través de la presencia de cuerpos luteos según lo descrito por Simões et al. (2005), los cuales fueron evaluados 10 días después de la aplicación de eCG, utilizando un ultrasonido (Aloka SSD 500, Tokio, Japón) por vía transrectal, conectada a una sonda lineal 7.5-MHz. El diagnóstico de gestación se realizó el día 45 después de la monta, mediante ultrasonido transrectal (HS-2000, Honda Electronics CO, LTD).

## **4.4. Análisis estadísticos**

El diseño fue completamente al azar, con parcelas divididas. Las tasas de cabras en celo, ovulatoria y de preñez se analizaron mediante una prueba de Chi-cuadrada. Para determinar si había un efecto de la raza, día y su interacción para cada categoría de folículos, se realizó un ANOVA multivariado. Las diferencias se consideraron significativas en un  $\alpha = 0.05$ .

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Respuesta estral y ovulatoria

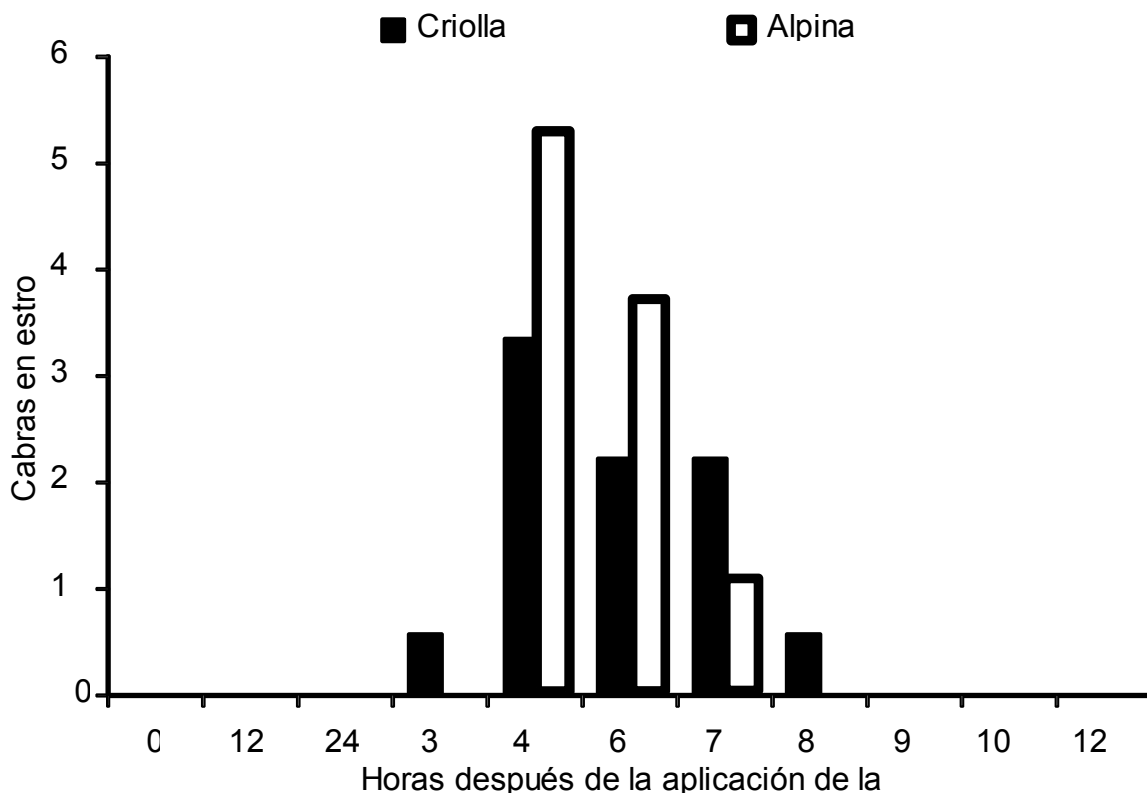
La respuesta estral y ovulatoria se muestra en el cuadro 1. No se observaron diferencias en la respuesta estral ni ovulatoria entre razas, ni entre el intervalo entre la aplicación de la hCG y el inicio del celo o la ovulación. La mayoría de las cabras (77%) presentaron celo en las primeras 48 a 60 h después de la inyección de hCG (Figura 2).

**Cuadro 1.** Respuesta reproductiva obtenida de las cabras Alpina y Criollas tratadas con 20 mg de progesterona más 100 UI de hCG al día siguiente, durante el anestro estacional (26°N).

Variables	Alpinas	Criollas	Valor de P
N	19	18	
Cabras en celo y que ovularon	100.0 (19/19)	83.3 (15/18)	NS
Intervalo hCG-estro (h)	54 ± 7.3	58 ± 13.1	NS
Intervalo hCG-ovulación (h)	93.5 ± 7.6	96 ± 12.8	NS
Tasa ovulatoria	1.3 ± 0.5	1.6 ± 0.7	NS
Gestación	78.9 (15/19)	55.5 (10/18)	NS

NS= No significativo





<sup>1</sup>A partir del día de la inyección de hCG

**Figura 2.** Porcentaje de cabras Alpinas y Criollas en celo luego de la inyección de hCG.

Estos resultados indican que tanto las cabras de raza Alpina como las Criollas responden de igual forma al tratamiento “ultracorto” de sincronización, basado en progesterona más hCG. Lo anterior pudiera deberse a que las cabras Criollas han sido cruzadas con cabras originarias de zonas templadas, marcadamente estacionales como la Alpina, Saanen y Toggenburg, y por esta razón la respuesta estral fue similar (Rivera-Lozano et al., 2011). El intervalo al estro no difirió entre razas, mientras que, con respecto a la dinámica folicular, nuestros resultados son similares a los reportados en estudios previos (Carrillo et al., 2017).

La tasa de preñez observada en el estudio es similar a la reportada en la misma región en Alpinas (Rivas-Muñoz et al., 2010) y Locales (Luna-Orozco et al., 2012). En ovejas, la raza influye en la tasa de preñez después de la inseminación artificial (Donovan et al., 2004). Asimismo, Mellado et al. (2006) mencionan que las cabras lecheras fueron menos fértiles que las de raza Nubia o Granadina.

#### **4. CONCLUSIÓN**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que la raza no afecta la sincronización del estro, y que tanto las cabras Alpinas como las Locales en anestro pueden ser sincronizadas con progesterona más hCG con buenos resultados. Este protocolo favorece el crecimiento y desarrollo de folículos jóvenes.

## 5. LITERATURA CITADA

- Abecia JA, Forcada F, González-Bulnes A (2012) Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science* 130: 173-179.
- Ainsworth, L., & Wolynetz, M. S. (1982). Synchronization of estrus and reproductive performance of ewes treated with synthetic progestogens administered by subcutaneous ear implant or by intravaginal sponge pessary. *Journal of animal science*, 54(6), 1120-1127.
- Alvarado-Espino AS, Meza-Herrera CA, Carrillo E, González-Álvarez VH, Guillen-Muñoz JM, Ángel-García, O et al. (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.
- Álvarez, L. & Zarco, L.A. (2001). Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet. Méx.*, 32(2), 117.
- Andrade-Montemayor HM. (2017) Producción de Caprino en México. *Tierras. Caprino*, 18: 2017 8-31.
- Cantú RE, Colín NM, Contreras M. García, J. 1989. Estudios sobre la estacionalidad reproductiva de los machos caprinos de las razas Saanen y Alpina. En: *Memorias de la V Reunión Nacional sobre Caprinocultura*. Zacatecas, México. p.67.
- Carrillo E, Meza-Herrera CA, Véliz F (2010) Estacionalidad reproductiva de los machos cabrios de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico Mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1: 169-178.
- Chemineau, P., Guillaume, D., Migaud, M., Thiery, J. C., Pellicer-Rubio, M. T., & Malpoux, B. (2008). Seasonality of reproduction in mammals: intimate regulatory mechanisms and practical implications. *Reproduction in Domestic Animals*, 43(s2), 40-47.

- Contreras-Solis I, Gomez-Brunet A, Encinas T, Gonzalez-Bulnes A, Santiago-Moreno J, Lopez-Sebastian A (2007) Influence of vehicle on kinetics of exogenous progesterone administered either by subcutaneous and intramuscular routes to sheep. *Research in Veterinary Science* 85: 162-165.
- Contreras-Villarreal V, Meza-Herrera CA, Rivas-Muñoz R, Ángel-García O, Luna-Orozco JR, Carrillo E, Mellado M, Véliz-Deras FG (2015) Reproductive performance of seasonally anovular mixed-bred dairy goats induced to ovulate with a combination of progesterone and eCG or estradiol. *Animal Science Journal* 87: 750-755.
- Delgadillo JA, Duarte G, Flores JA, Vielma J, Hernández H, Fitz-Rodríguez G, Bedos M, Fernández I, Muñoz-Gutiérrez M, Retana-Márquez MS, Keller M (2012). Control de la actividad sexual de los caprinos sin hormonas exógenas: uso del fotoperiodo, efecto macho y nutrición. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: 15-27.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P. & Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci* 80(11), 2780-2786.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P. & Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J. Anim. Sci* 80(11), 2780-2786.
- Donovan A, Hanrahan JP, Kummen E, Duffy P, Boland MP (2004) Fertility in the ewe following cervical insemination with fresh or frozen-thawed semen at a natural or synchronised oestrus. *Animal Reproduction Science* 84 (3-4): 359-368.
- FAOSTAT. 2014. Food and Agriculture Organisation Statistics Database. Disponible en: <http://fao-stat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>. Accesado el 8 de febrero de 2014.
- Gallego-Calvo, L., Gatica, M. C., Guzmán, J. L., & Zarazaga, L. A. (2014). Role of body condition score and body weight in the control of seasonal reproduction in Blanca Andaluza goats. *Animal reproduction science*, 151(3), 157-163.
- Holtz W (2005) Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research* 60: 95-110.

- Kareta, W., Korman, K., & Cegla, M. (2006). Ovulation level and prolificacy in ewes depending on their age, birth type and percentage of prolific genotype. *Reprod. Biol*, 6, 73-78.
- Karsch, F. J., Dahl, G. E., Evans, N. P., Manning, J. M., Mayfield, K. P., Moenter, S. M., & Foster, D. L. (1993). Seasonal changes in gonadotropin-releasing hormone secretion in the ewe: alteration in response to the negative feedback action of estradiol. *Biology of Reproduction*, 49(6), 1377-1383.
- López Sebastián, A. (1991). Descarga preovulatoria de LH y momento de la ovulación en ovejas con celo inducido mediante progestágeno y PMSG. *Inv. Agr. Prod. Sanid. Anim*, 6, 123-131.
- Luna-Orozco JR, Guillen-Muñoz JM, De Santiago-Miramontes MA, García JE, Rodríguez-Martínez R, Meza-Herrera CA, et al. (2012) Influence of sexually inactive bucks subjected to long photoperiod or testosterone on the induction of estrus in anovulatory goats. *Tropical Animal Health Production* 44: 71-75.
- Mellado M, Váldez R, García JE, López R, Rodríguez A (2006) Factors affecting the reproductive performance of goats under intensive conditions in a hot arid environment. *Small Ruminants Research* 63: 110-118.
- Montaldo HH, Torres-Hernández G, Valencia-Posadas M (2010) Goat breeding research in Mexico. *Small Ruminant Research* 89: 155-163.
- Orona Castillo I, Sangerman-Jarquín, DM, González JA, 3, Salazar Sosa E, García Hernández JL, Navarro-Bravo A, Schwentesius de Rindermann R (2013) Proyección económica de unidades representativas de producción en caprinos en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4: 626-636.
- Pellicer-Rubio, M. T., Ferchaud, S., Freret, S., Tournadre, H., Fatet, A., Boulot, S., ... & Bocquier, F. (2009). Les methodes de maitrise de la reproduction disponibles chez les mammiferes d'elevage et leur interet en agriculture biologique. *Productions animales*, 22(3), 255.
- Rhodes, L., & Nathanielsz, P. W. (1988). Comparison of a controlled internal drug release device containing progesterone with intravaginal medroxyprogesterone sponges for estrus synchronization in ewes. *Theriogenology*, 30(4), 831-836.

- Rivas-Muñoz R, Carrillo E, Rodríguez-Martínez R, Leyva C, Mellado M, Véliz FG (2010) Effect of body condition score of does and use of bucks subjected to added artificial light on estrus response of Alpine goats. *Tropical Animal Health Production* 42: 1285-1289.
- Rivera-Lozano MT, Díaz-Gómez MO, Urrutia-Morales J, Vera-Ávila H, Gamez-Vázquez H, Villagomez-Amezcuca E, Aréchiga CF, Escobar-Medina FJ (2011) Seasonal variation in ovulatory activity of nubian, alpine and nubian X criollo does under tropical photoperiod (22° N). *Tropical and subtropical agroecosystems* 14(3), 973-980.
- Robinson, T. J. (1965). Use of progestagen-impregnated sponges inserted intravaginally or subcutaneously for the control of the oestrous cycle in the sheep. *Nature*, 206, 39-41.
- Scaramuzzi, R. J., Campbell, B. K., Downing, J. A., Kendall, N. R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., & Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition Development*, 46(4), 339-354.
- SIAP 2016. Caprino Población ganadera 2006 – 2015. Cabezas. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165999/caprino.pdf>
- Simões J (2005) 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.
- Ungerfeld, R., & Rubianes, E. (2002). Short term primings with different progestogen intravaginal devices (MAP, FGA and CIDR) for eCG-estrous induction in anestrus ewes. *Small Ruminant Research*, 46(1), 63-66.
- Walker, S. K., Smith, D. H., Godfrey, B., & Seamark, R. F. (1989). Time of ovulation in the South Australian Merino ewe following synchronization of estrus. 1. Variation within and between flocks. *Theriogenology*, 31(3), 545-553.