

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



Efecto de la aplicación de diferentes dosis de progesterona exógena más eCG sobre la respuesta reproductiva de cabras anovulatorias

POR

CRISTY PAMELA LOMAS CONTRERAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017

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

Efecto de la aplicación de diferentes dosis de progesterona exógena más
eCG sobre la respuesta reproductiva de cabras anovulatorias

POR
Cristy Pamela Lomas Contreras

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

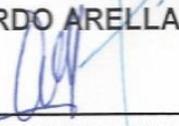
PRESIDENTE:


DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

VOCAL:

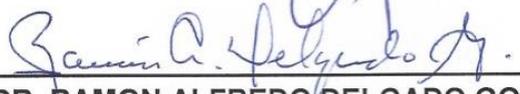

MC. GERARDO ARELLANO RODRÍGUEZ

VOCAL:


DR. OSCAR ANGEL GARCÍA

VOCAL SUPLENTE:


DRA. LETICIA ROMANA GAYTÁN ALEMÁN


DR. RAMON ALFREDO DELGADO GONZALEZ

Coordinador De La División Regional De Ciencia Animal


Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017

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

Efecto de la aplicación de diferentes dosis de progesterona exógena más
eCG sobre la respuesta reproductiva de cabras anovulatorias

POR
CRISTY PAMELA LOMAS CONTRERAS

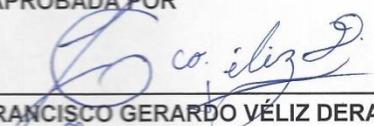
TESIS

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

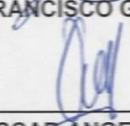
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

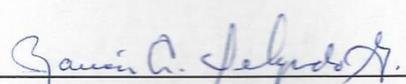
ASESOR PRINCIPAL:


DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

ASESOR:


DR. OSCAR ANGEL GARCÍA




DR. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

Coordinador De La División Regional De Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Oscar Ángel García, por todo su tiempo dedicado a la realización de esta tesis, por la paciencia que mantuvo y la motivación que me brindo para poder culminar este trabajo.

A mis asesor Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras, por la confianza que tuvo hacia a mí al momento de realizar este trabajo.

A mi familia en general que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado y agradezco a él por permitirme tener una familia que siempre creyó en mí y gracias a mi familia por ser la motivación para cada día llegar más lejos en mi vida y carrera profesional

A si mismo expreso mi agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna u otra forma colaboraron para cumplir mis objetivos.

DEDICATORIA

A Dios porque me ha dado la oportunidad de vivir y poder guiarme en el transcurso de mi vida y mi carrera, por haberme dado el espíritu de seguir siempre adelante a pesar de todos los tropiezos que he tenido y enfrentado.

A mis padres Ma. Cristina Conteras Puentes y Enrique Lomas Favela por darme siempre un apoyo incondicional y por creer siempre en mí a pesar de todo, estoy infinitamente Agradecida con ustedes.

A mi hijo Fernando Ozil Lomas siendo la mayor motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para poder lograr, alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, quien ha sido el mayor pilar de todos, quien me ha impulsado a salir adelante y a mantener la cara en alto a pesar de cada dificultad que hemos enfrentado, que todo lo que hago ha sido y será siempre pensando en él. Lo amo.

A mis hermanos Enrique Lomas Contreras Y Melisa Lomas Contreras quienes también han estado apoyándome siempre ante cualquier situación.

A Héctor Manuel Contreras Torres, que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mi porvenir. Gracias por estar conmigo en todo este tiempo que ha sido tan importante para mí, Te agradezco con el corazón por las ayudas y aportes en el desarrollo de mi tesis y en toda mi carrera profesional.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de dos diferentes dosis de progesterona exógena en cabras anovulatorias manejadas bajo un sistema intensivo. Se utilizaron 2 machos cabríos y 43 cabras adultas anovulatorias, multirraciales, homogéneas en cuanto a peso y condición corporal. A un primer grupo de hembras (G10; n=21) se le aplicó 10 mg de P4 vía IM, y mientras que a un segundo grupo (G20; n=22) se les aplicó 20 mg de P4 vía IM, y a las 24 horas después de la aplicación de la P4 a las hembras de ambos grupos se les aplicó 100 UI de eCG. Del día 0 al día 10 del empadre se registró la actividad estral, la latencia y duración del estro de las hembras. A los 15 días después del empadre se determinó la actividad ovárica, el número de cuerpos lúteos, y a los 45 días se realizó el diagnóstico de preñez. La actividad estral, porcentaje de ovulación y hembras gestantes se analizaron mediante una prueba de Chi-cuadrada. La latencia al estro y tasa ovulatoria y embrionaria se analizaron mediante un ANOVA considerando el tratamiento, si hubo diferencias entre grupos se compararon con una prueba de t-student. Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el paquete estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000). El 100% de las hembras de ambos grupos (G10 y G20) mostraron actividad estral ($P > 0.05$). La latencia al estro fue de 47.4 ± 2.7 h y 46.9 ± 1.8 h; ($P > 0.05$, respectivamente). El número de cuerpos lúteos fue de 1.5 ± 0.2 para el G10 y de 1.8 ± 0.1 para el G20. El porcentaje de preñez y tasa embrionaria fue del G10=57% y G20=50%; $G10 = 1.7 \pm 0.1$ y $G20 = 1.7 \pm 0.1$; ($P > 0.05$, respectivamente). En conclusión, una sola aplicación ya sea de 10 o 20 mg de progesterona exógena por vía IM más la adición de eCG resulta ser un protocolo eficiente para inducir y sincronizar la actividad estral en cabras anovulatorias multirraciales durante el anestro estacional.

Palabras claves: Progesterona exógena, anestro estacional, sincronización.

Índice

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN	iii
Índice de Figuras.	v
Índice de Cuadro	vi
INTRODUCCIÓN	1
2.-REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Estacionalidad reproductiva	4
2.2 Ciclo reproductivo de las cabras	6
2.3 Ciclo estral	6
2.4 Fisiología del ciclo reproductivo de la cabra.....	9
2.5 Técnicas de sincronización de la ovulación	10
2.6 Protocolos de sincronización e inducción de la ovulación	12
2.7 Progestágenos utilizados en sincronización de la ovulación.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Localización del área de estudio.	19
3.2 Animales experimentales	19
3.3 Tratamiento de las hembras.....	19
3.4 Variables evaluadas	20
3.5 Análisis estadísticos	20
4. RESULTADOS	21
5. DISCUSION.....	22
6.- CONCLUSIÓN.....	24
7. LITERATURA CITADA	25

Índice de Figuras

Figura 1.

Ciclo reproductivo de la cabra, modificado de Rahman et al.

(2008).....8

Figura 2.

Desarrollo folicular, ciclo ovárico y regulación endocrina. *Folículo(s) ovulatorio(s), modificado de Fatet *et al.*

(2011).....9

Índice de Cuadro

Cuadro 1.

Respuesta reproductiva de las hembras anovulatorias sometidas a dos
tratamientos de 10 mg (G10) y 20 mg (G20) de progesterona exógena más la
aplicación de 100 UI eCG en hembras anovulatorias del norte de México
(26°N).....21

INTRODUCCIÓN

En el norte de México, específicamente en 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). Lo anterior, trae como consecuencias que haya amplias fluctuaciones estacionales tanto en la oferta de producción de leche cómo la de carne, situación que promueve una enorme oscilación en los pagos recibidos por los productores de cabras (Chemineau *et al.*, 2008), lo anterior, afecta negativamente la economía de los caprinocultores. Se ha demostrado que en las razas de ovejas y cabras que manifiestan un período de anestro estacional, una alternativa para contrarrestar el anestro estacional, es a través de métodos de sincronización de la actividad estral, principalmente cuando se utilizan protocolos de inseminación artificial (Abecia *et al.*, 2012), los cuales están basados en la aplicación de progestágenos más la combinación de eCG ó hCG, resultando efectivos como un método de sincronización de la ovulación en la época de anestro estacional (Contreras-Villarreal *et al.*, 2016). Sin embargo, entre los progestágenos empleados en pequeños rumiantes se encuentra el acetato de flurogestona (FGA; dosis de 40 mg), el acetato de medroxiprogesterona (MAP; dosis de 65 mg), y los dispositivos de liberación prolongada (CIDR; progesterona natural; 0.3g) (Leboeuf *et al.*, 2003); Todos ellos son aplicados intravaginalmente de 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 (Alvarado-Espino *et al.*, 2016; Contreras-Villarreal *et al.*, 2016). Sin

embargo, estos progestágenos antes mencionados 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 en la producción animal. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la administración de dos diferentes dosis de progesterona exógena sobre la sincronización del estro en cabras en anestro estacional, manejadas bajo un sistema de explotación intensivo.

Hipótesis

La aplicación de dos diferentes dosis de progesterona exógena vía IM, inducirá la sincronización del estro en cabras en anestro estacional.

Objetivos

Evaluar el efecto de la aplicación de dos diferentes dosis (10 y 20 mg) de progesterona exógena más la aplicación de 100 UI de eCG sobre la sincronización del estro en cabras anovulatorias.

2.-REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estacionalidad reproductiva

Desde el punto de vista económico la reproducción animal es considerada una de las características más importantes en la producción animal, además, para que se pueda cumplir con los estándares de producción y reproducción se deben establecer metas que nos permitan diagnosticar las fallas en las tasas reproductivas (Sasaki *et al.*, 2016). Sin embargo, existen diversos factores que afectan la reproducción y a su vez la producción. Entre los factores más importante podemos mencionar a los animales de reproducción estacional e encuentran, la raza, la localización, el fotoperiodo, alimentación, entre otros (Álvarez *et al.*, 1999; Chemineau *et al.*, 2008). La estacionalidad forma parte de la selección natural de algunos mamíferos silvestres con la cual buscan reproducirse en épocas que favorezcan la supervivencia de sus crías, es decir, con pastos abundantes y temperaturas confortables (Duarte *et al.*, 2008; Chemineau *et al.*, 2010).

Los pequeños rumiantes, como las ovejas y cabras son poliéstricas estacionales, lo que significa que estos animales van a presentar varios ciclos estrales en determinadas estaciones del año (Arroyo *et al.*, 2011; Bedos *et al.*, 216)), para lo cual las hembras muestran variaciones sobre su frecuencia de ovulación, pudiendo haber incluso la ausencia de la misma, la calidad del gameto también varía y además, en el macho la actividad la calidad de los espermatozoides se ve afectada, que va desde una moderada disminución a ausencia completa de

producción espermática (Chemineau *et al.*, 2008). La mayoría de las razas caprinas son fotosensibles con respecto a su función reproductora (Delgadillo *et al.*, 2012).

Existen diversos métodos para contrarrestar la reproducción estacional de los pequeños rumiantes como son los métodos de bioestimulación (Martín y Hawken, 2012), tratamientos hormonales, como la testosterona (Luna- Orozco *et al.*, 2012; Angel-García *et al.*, 2015). En efecto se conoce que las cabras de raza mixtas en anestro a una latitud de 26 °N muestran comportamiento de celo en respuesta a la actividad sexual, pero solo si los machos se hicieron sexualmente activos mediante tratamiento foto periódico (Rivas- Muñoz *et al.*, 2010) o de testosterona (Luna-Orozco *et al.*, 2012).

Los machos cabríos criollos en 25 N son levemente fotosensibles en respecto a la reproducción (Mellado *et al.* 2014). En esta latitud, las cabras presentan actividad sexual la mayor parte del año, pero durante abril y mayo, las cabras entran en anestro.

Los productores de cabras bajo condiciones extensivas en las zonas áridas del norte de México buscan el empadrear a sus cabras para obtener una producción constante de leche y de cabra, para lo cual se usa el “efecto macho”. Para que esta práctica pueda ser efectiva en la primavera, los machos cabríos deben estar sexualmente activos, y esto puede ser logrado a través del uso de luz artificial o de la aplicación de testosterona a machos que no hayan estado

sexualmente activos en el periodo de empadre anterior (Bedos *et al.*, 2016; Ángel-García *et al.*, 2016).

2.2 Ciclo reproductivo de las cabras

Las ovejas y las cabras muestran un patrón estacional de su actividad reproductiva (Bedos *et al.*, 2016). Lo anterior, trae como consecuencias que las cabras ovulen espontáneamente, son animales poliestricas estacionales, lo que significa que estos animales van a presentar varios ciclos estrales en determinadas estaciones del año, para lo cual las hembras muestran variaciones sobre su frecuencia de ovulación (Chemineau *et al.*, 2008; Fatet *et al.*, 2011), La reproducción en las cabras es estacional; el inicio y la duración de la época de reproducción depende de diversos factores como la latitud, el clima la raza, a etapa fisiológica, la presencia del macho, el sistema de reproducción y específicamente el fotoperiodo.

2.3 Ciclo estral

El ciclo estral es una secuencia de cambios hormonales que se producen en el ovario (Figura 2). El conocimiento del ciclo estral es importante, pues nos puede ayudar a inducir y/o sincronizar el estro en un grupo de animales, incluso fuera de la época natural de apareamiento (Holtz, 2005). El ciclo estral consiste en una serie de cambios morfofisiológicos, histológicos y bioquímicos del aparato genital. Durante el ciclo estral se producen cambios conductuales, que permiten la aceptación del macho (fase de receptividad), la ovulación y la preparación del

tracto genital para la cópula, la fertilización y la implantación embrionaria (Díaz *et al.*, 2009; Fatet *et al.*, 2011). El ciclo estral constituye un complejo proceso que se desarrolla a repetición apartir de la pubertad y durante la vida reproductiva de las hembras domésticas, regulado por el eje hipotálamo-hipófisis-ovario. (Díaz *et al.*, 2009).

Durante el período reproductivo, las hembras pueden someterse a varios ciclos de celo sucesivamente y el número de ciclos sucesivos depende de la duración de la época de reproducción y de la raza de cabra (Fatet *et al.*, 2011).

La duración promedio del ciclo estral en la cabra es de 21 días, y su duración es muy variable (Figura 1 y 2). Un estudio realizado en cabras Alpinas durante la época reproductiva registro que un 77% de los ciclos fueron de duración normal (17-25 d.), mientras que un 14% de las cabras presento ciclos cortos (8 d en promedio), y solo el 9% de la cabras presentaron ciclos largos (39 días en promedio) (Fatet *et al.*, 2011).

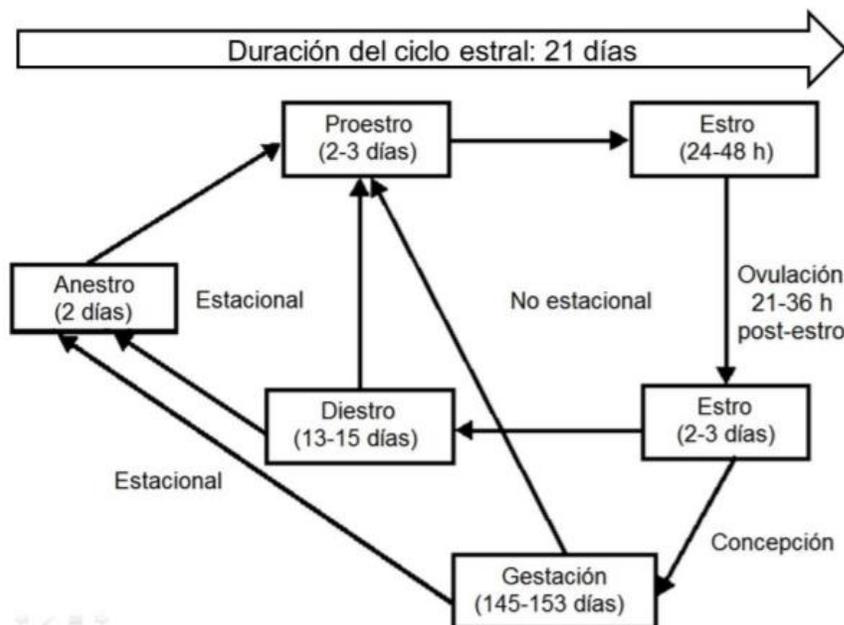


Figura 1. Ciclo reproductivo de la cabra, modificado de Rahman *et al.* (2008).

Los signos de estro más confiables y mejor aceptados como indicadores de estro, mediante la observación de la conducta sexual de la hembra ante la presencia de un macho son: búsqueda del macho, bandereo, balido, enrojecimiento de la vulva, descarga de moco claro, inquietud, micción frecuente y vocalizaciones constantes. Aunque se pueden detectar los signos de estro antes mencionados, es posible que una hembra en celo no exhiba todos los signos antes mencionados. Los signos pueden aparecer y desaparecer progresivamente durante el inicio y la finalización del ciclo (Rahman *et al.*, 2008).

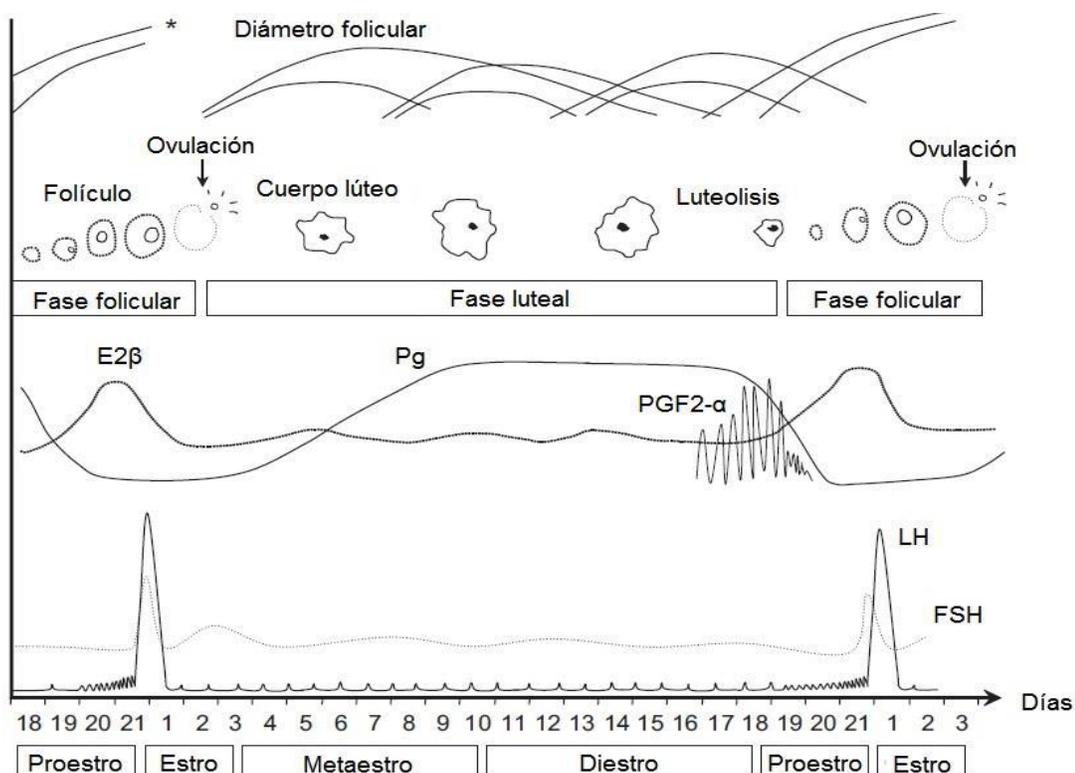


Figura 2. Desarrollo folicular, ciclo ovárico y regulación endocrina. *Folículo(s) ovulatorio(s), modificado de Fatet *et al.* (2011).

2.4 Fisiología del ciclo reproductivo de la cabra

La GnRH es un decapeptido se considera el factor neuroendocrino clásico de la reproducción. Dicha molécula es sintetizada en el citoplasma del diencéfalo, se almacena dentro de los gránulos del aparato de Golgi y es transportada por los axones hacia la neurona terminal, donde es liberada de manera pulsátil hacia los capilares de la circulación del sistema porta de la pituitaria. Se ha encontrado ARNm en la pituitaria, ovarios, miometrio, endometrio, placenta, próstata y células

mononucleares, lo que indica un papel autocrino/paracrino de la GnRH (Huirne y Lambalk, 2001).

La GnRH es una hormona de origen hipotalámico que estimula en la adenohipófisis la secreción de FSH y de LH. Esta hormona se origina en dos centros hipotalámicos diferencia dos: el centro tónico mantiene unos niveles constantes de GnRH, mientras que el centro cíclico solamente se activa como respuesta a la elevación de los niveles de estrógenos, provocando la descarga preovulatoria de LH (Quintela *et al.*, 2006).

Durante el ciclo estral, la secreción de GnRH está regulada principalmente por los efectos de retroalimentación de los esteroides gonadales, donde además ejercen su influencia otros factores tales como el estrés, estado nutricional y la época del año. Por lo tanto, la GnRH es el factor que conduce el eje reproductivo y sin GnRH los gonadotropos y las gónadas no funcionan. La figura 2 muestra el patrón de secreción de esteroides a través del ciclo estral de la oveja e indica que las células de la GnRH son regulados por los esteroides gonadales través de las neuronas intermedias que poseen los receptores de esteroides relevantes (Clarke y Pompolo, 2005).

2.5 Técnicas de sincronización de la ovulación en cabras

La reproducción de los pequeños rumiantes pueden ser controlada varios métodos desarrollados en las últimas décadas, que modifica los cambios fisiológicos que

envuelven el ciclo sexual, otros métodos incluyen los tratamientos fotoperiódicos. La administración de hormonas como la progesterona o sus análogos (progestágenos) y prostaglandinas pueden modificar la fase lútea del ciclo, mientras que la melatonina actúa a través de cambios en la percepción del fotoperiodo y el patrón anual de reproducción (Abecia *et al.*, 2012).

Entre las dos clases de hormonas exógenas que son viables para la sincronización del estro, entre estas se encuentra la progesterona o sus análogos sintéticos y las prostaglandinas (Lopez-Sebastian *et al.*, 2014) La progesterona se conoce que extiende la fase lútea del ciclo estral. Más comúnmente se utilizan en esponjas intravaginales, las cuales contienen progestágenos (acetato de medroxiprogesterona, acetato de flurogestona). También se utilizan los dispositivos intravaginales de liberación controlada, los cuales están revestidos con silicona y tienen forma de “Y” conocidos como CIDR, por sus siglas en inglés, el cual está impregnado con progesterona.

Además también existen implantes como una alternativa al uso de las esponjas intravaginales, el cual se pueden insertar, estos implantes están impregnados con un progestágeno sintético altamente potente (Norgestomate), el cual se coloca debajo de la piel de la oreja del lado superior de la oreja y se absorbe a través de la piel (Zarazaga *et al.*, 1999).

Estudios recientes basados en la aplicación de progestágenos vía IM más la combinación de eCG ó hCG, han resultado ser efectivos como un método de sincronización de la ovulación las cabras cuando esto son utilizados durante la

época de anestro estacional (Contreras-Villarreal *et al.*, 2016). Sin embargo, entre los progestágenos empleados en pequeños rumiantes se encuentra el acetato de flurogestona (FGA; dosis de 40 mg), el acetato de medroxiprogesterona (MAP; dosis de 65 mg), y los dispositivos de liberación prolongada (CIDR; progesterona natural; 0.3g) (Leboeuf *et al.*, 2003); Todos ellos son aplicados intravaginalmente de 5 a 14 días. El periodo de aplicación del progestágeno exógeno es aproximadamente igual a la vida del cuerpo lúteo. Al momento de retirar el suplemento exógeno de progesterona permitirá la liberación pulsátil de GnRH, estimulando la liberación de FSH y LH conduciendo al estro y la ovulación. Sin embargo, también se ha demostrado que los tratamientos con progesterona por menos de 5 días han resultado eficaces, ya se ha demostrado que forma folículos de buena calidad pre ovulatorios de buena calidad y las hembras muestran una buena respuesta de actividad estral. Además se conoce que una sola dosis de 20 mg de progesterona vía IM al momento de la introducción de los machos da lugar a celos sincronizados aproximadamente a los tres días posteriores a la introducción de estos (Lopez-Sebastian *et al.*, 2014).

2.6 Protocolos de sincronización e inducción de la ovulación

Actualmente se han desarrollado múltiples protocolos hormonales para inducir la ovulación durante el periodo de anestro, los cuales han tenido resultados comparables con aquellos en el pico del ciclo reproductivo natural (Contreras-Villareal *et al.*, 2016, Alvarado-Espino *et al.*, 2016).

Lo anterior, a través del desarrollo de biotécnicas reproductivas o métodos de sincronización del estro y la ovulación, permitirán al productor organizar su sistema de producción y emplear otras técnicas, tales como la inseminación artificial. Así pues, la manipulación de la reproducción de cabras con el uso de técnicas de reproducción asistida genera múltiples posibilidades para la optimización de la explotación (Barbosa *et al.*, 2013)

Por lo tanto, la inducción de estro y la sincronización son herramientas importantes de manejo para ser utilizadas como apoyo en protocolos de inseminación artificial, así como para eliminar la reproductividad estacional en cabras (Abecia *et al.*, 2012).

El uso alternativo de otras hormonas como la gonadotropina coriónica humana (hCG), pueden minimizar esta reacción inmune y mantener promedios adecuados de inducción de estro en cabras. La hCG ha sido usada eficazmente como gonadotropina para la inducción de estro en cabras en la época no reproductiva después de un protocolo corto con progesterona (Alvarado-Espino *et al.*, 2016). El principal efecto de progesterona es preparar para incrementar el número de folículos estimulados por análogos de gonadotropina y consecuentemente el ritmo de ovulación en hembras anestrícas.

Se sabe que los tratamientos de progestágenos a largo plazo han resultado en disminución en fertilidad, mientras que periodos de exposición menores a los progestágenos reducen infecciones y descarga vaginal, al mismo tiempo que promueve incremento en la fertilidad (Ungerfeld, 2011).

Actualmente los protocolos a base de progestágenos están diseñados para promover la ovulación fuera de la época reproductiva está comúnmente basados en dispositivos de liberación controlada (CIDR) o en esponjas intravaginales de poliuretano impregnadas con progesterona o un análogo sintético (progestágenos) más gonadotropina coriónica equina (eCG) y sustancias farmacológicamente activas estrogénicas (Contreras-Villarreal *et al.*, 2016).

Sin embargo algunos de los protocolos se han desarrollados para inducir la ovulación durante la época no reproductiva y estos hacen uso de la eCG. Esta hormona generalmente es administrada 24 h antes de retirar progestágeno durante la época no reproductiva para estimular y sincronizar crecimiento folicular en cabras. Otras opciones consideran el uso de diferentes protocolos hormonales basándose en la administración, por si sola o en conjunto con, agentes luteolíticos, progestágenos y gonadotropinas (Abecia *et al.*, 2012).

Además del uso de progestágenos se ha demostrado que la melatonina administrada de forma exógena a partir de implantes continuos de liberación lenta adelanta el inicio de la estación reproductiva en ovejas y cabras simulando el efecto estimulador de días cortos (Zarazaga *et al.*, 2009) sin suprimir la secreción endógena (Malpaux *et al.*, 1997). Sin embargo, aunque los días cortos (inducidos por tratamientos fotoperiódicos o por la melatonina exógena) estimulan la actividad reproductiva.

2.7 Progestágenos utilizados en sincronización de la ovulación

La sincronización del estro en cabras se consigue mediante el control de la fase lútea del ciclo estral, ya sea proporcionando progesterona exógena o mediante la inducción de luteólisis prematura, este último punto no aplica durante el anestro estacional. La P4 exógena en combinación con gonadotropina se puede utilizar para inducir y sincronizar el estro en cabras. Existen opciones alternativas de progesterona/progestágenos, entre ellos, los dispositivos de liberación interna (CIDR, por sus siglas en inglés), la administración de progesterona natural, los implantes y el suministro por vía oral (Wildeus, 2000; Leitman *et al.*, 2009).

Básicamente, la P4 exógena aplicada durante el anestro prepara al útero para el embarazo y sensibiliza el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, directa o indirectamente, para responder a los estímulos gonadotróficos, además de desbloquear la liberación de las gonadotropinas (Maffili *et al.*, 2006). La hCG ha sido usada eficazmente como gonadotropina para la inducción de estro en cabras fuera de la temporada reproductiva después de un protocolo corto con progestágeno. El principal efecto de progesterona es preparar para incrementar el número de folículos estimulados por análogos de gonadotropina y consecuentemente el ritmo de ovulación en hembras anestrícas.

Las esponjas con MAP y FGA están disponibles comercialmente, sirven para la sincronización y control del estro y la ovulación en pequeños rumiantes, aunque existe una pequeña diferencia en la efectividad entre las dos esponjas (Motlomelo *et al.*, 2002). Los tratamientos con progestágenos pueden ser variables en cuanto

a dosis y duración de tratamiento, algunos tratamientos con esponjas intravaginales impregnados con 40 mg de FGA son insertados por 13 días y una inyección de 600 UI de eCG al momento del retiro de la esponja (Talafha *et al.*, 2008).

Romano (1996) reporta la efectividad para iniciar el estro, su duración y evaluar la fertilidad entre el FGA (30 mg) y la MAP (60 mg), observando que el estro comenzó 12 h antes en el grupo FGA que en el grupo MAP, concluyendo que ambos progestágenos mostraron una buena sincronización de celos, aunque con diferente aparición post-retiro (Lebout *et al.*, 2003). Tratamientos de progestágenos a largo plazo han resultado en disminución en fertilidad, mientras que periodos de corta exposición a los progestágenos reduce infecciones y descarga vaginal, al mismo tiempo que promueve incremento en la fertilidad (Ungerfeld, 2011).

Se ha demostrado que un protocolo simple a corto plazo utilizando la combinación de 20 mg de P4 mas hCG logra inducir la respuesta reproductiva de manera exitosa mejorando la fertilidad durante el anestro estacional, sin ser influenciado por concentración de hCG; este protocolo a corto plazo simple demostró ser exitoso para mejorar fertilidad durante la temporada de anestro. Lo anterior demuestra que el uso de hCG en cabras también ha sido utilizado exitosamente para sincronizar estro en hembras acíclicas en conjunto con administración de progesterona a corto o largo plazo (Alvarado-Espino *et al.*, 2016).

Los CIDR son un método alternativo de administración de P4 exógena para la sincronización del estro. A diferencia de las esponjas intravaginales, los CIDR no absorben ni impiden el drenaje de las secreciones vaginales, como resultado se tiene una secreción menos fétida al retirarlos. Los dispositivos también pueden inducir la sincronización en un tiempo menor que las esponjas, además de tener una menor tasa de retención. Por estas razones los CIDR pueden ser mejores para los programas de sincronización (Motlomelo *et al.*, 2002).

Se han utilizado diferentes tipos de progestágenos y diversos métodos de administración en cabras durante el periodo de anestro estacional para inducir la actividad estral. La llave de dichos métodos es el extender artificialmente la duración de la fase lútea a través del uso de progestágenos. Sin embargo, periodos cortos de tratamiento con esponjas de progestágenos (6 días), han sido reportados como exitosas para inducir o sincronizar el estro en cabra, ya que se conoce que una sola inyección de P4 más e CG son suficiente para inducir el estro junto con ovulación en cabras durante el periodo de anestro estacional (Contreras-Villarreal *et al.*, 2016).

Lo anterior, puede ser debido a que eCGC es una hormona glicoproteica que muestra actividades análogas similares a LH y FSH, mientras que tiene afinidad alta por tanto receptores FSH como LH en la teca ovárica y células granulosas del folículo, estimulando secreción de estradiol y progesterona.

Resultados observados en diversos estudios confirman que la progesterona o progestágenos en combinación con eCG son inductores eficientes y agentes de

sincronización para provocar el estro en cabras en anestro estacional. A pesar del hecho de que el estro fue sincronizado en todos los grupos de tratamiento, la ovulación sólo fue detectada en 50% de los animales sin eCG (Contreras-Villarreal *et al.*, 2016).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio.

El estudio se llevó a cabo en la Comarca Lagunera (norte de México, 25° N, 103° O) del 02 al 10 de junio. La región se localiza a 1 124 msnm, la precipitación media anual es de 230 mm y la temperatura máxima es de 41 °C en mayo-junio y la mínima de -3 °C en diciembre-enero. La humedad relativa varía entre 26.1% y 60.6%, y la duración del día es de 13 h 41 min durante el solsticio de verano (junio) y de 10 h 19 min durante el invierno (diciembre).

3.2 Animales experimentales

Se utilizaron 2 machos cabríos y 43 cabras adultas, multirraciales, las cuales, fueron homogéneas en cuanto a peso y condición corporal. Los animales son manejados bajo un sistema de explotación intensivo, los cuales reciben una alimentación a base de heno de alfalfa a libre acceso (14% PC; 171 g/Kg MS y EM; 8.1 MJ de EM/kg MS), más 200 g de concentrado comercial, block de sales minerales y agua limpia a libre acceso.

3.3 Tratamiento de las hembras

A un total de 30 hembras se les realizó ultrasonido transrectal (Aloka SSD 500, Tokio, Japón) con un transductor de 7.5 MHz a los -14 y -7 días para determinar el estatus ovulatorio. A un primer grupo de hembras (G10; n=21) se le aplicó 10 mg de progesterona vía im y mientras que a un segundo grupo (G22; n=22) se les aplicó 20 mg de progesterona (Progesterona; Zoetis, México, D.F) con la finalidad de evitar ciclos estrales de corta duración y ovulaciones sin manifestación de estro

y a las 24 horas después de la aplicación de la progesterona a todas las hembras de ambos grupos se le aplicó 100 UI de eCG.

3.4 Variables evaluadas

Del día 0 al día 10 del empadre se registró la actividad estral de las hembras dos veces al día (09:00 y 17:00 h). Las hembras que permanecieron inmóviles a la monta del macho se consideraron en estro. También se registró la latencia al estro después del tratamiento y la duración del estro. A los 15 días se determinó la actividad ovárica mediante ultrasonografía transrectal para registrar el número de hembras cuerpos lúteos (ALOKA, SSD 500, Tokio, Japón) utilizando un transductor de 7.5 MHz. De la misma manera a los 45 días se realizó el diagnóstico de preñez.

3.5 Análisis estadísticos

La actividad estral, porcentaje de cabras que ovularon y que quedaron gestantes en ambos tratamientos, se analizaron mediante una prueba de una Chi-cuadrada. La latencia al estro y tasa ovulatoria y embrionaria se analizó mediante un ANOVA considerando el tratamiento, si hubo diferencias entre grupos se compararon con una prueba de t-student. Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante el paquete estadístico SYSTAT 10 (Evenston, ILL, USA, 2000). Se consideró una diferencia estadística de $P < 0.05$.

4. RESULTADOS

Los resultados de los efectos de las diferentes dosis de progesterona exógena en la sincronización del estro en cabras multirraciales en anestro estacional se muestran en el Cuadro 1. Los resultados demuestran que el G10 de mostro una sincronización de la actividad estral ($P>0.05$) no encontrándose diferencias significativas en cuanto a las hembras del G20. En cuanto a la respuesta reproductiva en general (latencia al estro y duración del estro, ovulación, tasa de preñez y embrionaria) de las cabras sometidas a los dos diferentes tratamientos (G10 y G20) no mostro diferencias estadísticas ($P>0.05$).

Cuadro 1. Respuesta reproductiva de las hembras anovulatorias sometidas a dos tratamientos de 10 mg (G10) y 20 mg (G20) de progesterona exógena más la aplicación de 100 UI eCG en hembras anovulatorias del norte de México (26°N).

Variables	Tratamientos	
	G10 (n=21)	G20 (n=22)
Hembras en estro (%)	100 (21/21) ^a	100 (22/22) ^a
Latencia al estro (h)	47.4.0±2.7 ^a	46.9±1.8 ^a
Cuerpos lúteo (n)	1.5±0.2 ^a	1.8±0.1 ^a
Tasa de preñez (%)	57 (12/21) ^a	50 (11/22) ^a
Tasa embrionaria	1.7±0.1 ^a	1.7±0.1 ^a

^{a,b} Valores con diferente literal entre filas son estadísticamente diferentes ($P<0.05$).

5. DISCUSION

En el presente estudio la respuesta estral de las hembras fue similar entre tratamientos, es probable que las hembras del G10 respondieran debido a que los 10 mg de P4 fueron suficientes para estimular los folículos preovulatorios y además estos folículos fueron de buena calidad y es probable que los niveles de progesterona se hayan incrementado los niveles de LH y FSH a nivel hipotalámico. En efecto se han comparado el efecto de la administración de 12.5 y 25 mg de progesterona encontrándose niveles $(31.63 \pm 0.3 \text{ (ng/L)})$ y $(33.6 \pm 1.3 \text{ (ng/L)})$ de progesterona en suero sanguíneo respectivamente, no encontrándose diferencias significativas entre tratamientos.

Estos resultados son similares a lo reportado por (Lopez-Sebastian *et al.* 2014) quienes administraron 20 mg de progesterona vía IM al momento de la introducción de los machos da lugar a celos sincronizados aproximadamente a los tres días posteriores a la introducción de estos. Además estos resultados coinciden a los reportado por Carrillo *et al.* 2017, quienes obtuvieron una respuesta estral del 100% en cuanto a la actividad estral de las hembras cuando se han utilizado 20 mg de progesterona más 100 UI de eCG. Otros resultados similares a los encontrados en nuestro estudio han sido reportada por otros investigadores quienes reportan una respuesta similar a la encontrada en nuestro estudio en cuanto a respuesta reproductiva cuando se utiliza dosis de progesterona de 20 y 25 mg de progesterona exógena en combinación ya sea con 100 UI de hCG o eCG (Alvarado-Espino *et al.*, 2016; Contreras-Villarreal *et al.*, 2016).

Sin embargo, la respuesta ovárica en el presente estudio no diferente entre los dos tratamientos. Esta respuesta de las hembras pudo deberse a que probablemente las concentraciones de progesterona hayan estimulado al hipotálamo para la liberación de LH y FSH esta estimulara los folículos preovulatorios.

6.- CONCLUSIÓN

Estos resultados nos permiten concluir que una sola aplicación ya sea de 10 o 20 mg de progesterona exógena por vía intramuscular más la adición de 100 UI de eCG resulta ser un protocolo eficiente para inducir y sincronizar la actividad estral en cabras durante el anestro estacional.

7. LITERATURA CITADA

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

Alvarado-Espino, A. S., Meza-Herrera, C. A., Carrillo, E., González-Álvarez, V. H., Guillen-Muñoz, J. M., Ángel-García, O., & Véliz-Deras, 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.

Alvarado-Espino, A. S., Meza-Herrera, C. A., Carrillo, E., González-Álvarez, Alvarez Ramírez, L., Ducoing Watty, A. E., Zarco Quintero, L. A., & Trujillo García, A. M. (1999). Conducta estral, concentraciones de LH y función lútea en cabras en anestro estacional inducidas a ciclar mediante el contacto con cabras en estro. *Veterinaria México*, 30(1).

Arroyo, J. (2011). Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(3), 829-845.

Barbosa, L. P., C. E. A. Biscarde, P. A. Dutra, B. M. Cardoso-Neto y D. O. Souza (2013). "Sincronização e inseminação artificial em sistemas de produção de caprinos." *Revista brasileira de reprodução Animal*, 37(2): 151-155.

Bedos, M., Velázquez, H., Fitz-Rodríguez, G., Flores, J. A., Hernández, H., Duarte, G., & Keller, M. (2012). Sexually active bucks are able to stimulate three successive groups of females per day with a 4-hour period of contact. *Physiology & behavior*, 106(2), 259-263.

Carrillo, E., Meza-Herrera, C. A., Luna-Orozco, J. R., Delgado-Gonzales, R. A., Gaytan, L. R., Aleman, O. Ángel-García., & Contreras-Villarreal, V. Evaluation of out-of-season estrus induction protocols in progesterone-primed mix-breed dairy goats using eCG, GnRH and E2. *Indian Journal reproduction sciences*. **In Press**.

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.

Clarke, I. J., & Pompolo, S. (2005). Synthesis and secretion of GnRH. *Animal reproduction science*, 88(1), 29-55.

Contreras-Villarreal, V., Meza-Herrera, C. A., Rivas-Muñoz, R., Angel-Garcia, O., Luna-Orozco, J. R., Carrillo, E., & Véliz-Deras, F. G. (2016). 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(6), 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 anestrus goats that have been previously exposed to bucks. *Hormones and behavior*, 62(4), 525-530.

Diaz, F. J., L. E. Anderson, Y. L. Wu, A. Rabot, S. J. Tsai y M. C. Wiltbank (2002). "Regulation of progesterone and prostaglandin F2alpha production in the CL." *Molecular Cellular Endocrinology*, 191(1): 65-80.

Duarte, G., Nava-Hernández, M. P., Malpoux, B., & Delgadillo, J. A. (2010). Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal reproduction science*, 120(1), 65-70.

Fatet, A., Pellicer-Rubio, M. T., & Leboeuf, B. (2011). Reproductive cycle of goats. *Animal reproduction science*, 124(3), 211-219.

Hawken, P. A. R., & Martin, G. B. (2012). Sociosexual stimuli and gonadotropin-releasing hormone/luteinizing hormone secretion in sheep and goats. *Domestic animal endocrinology*, 43(2), 85-94.

Holtz, W. (2005). Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research*, 60(1), 95-110.

Huirne, J. A., & Lambalk, C. B. (2001). Gonadotropin-releasing-hormone-receptor antagonists. *The Lancet*, 358(9295), 1793-1803.

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.

Leitman, N. R., Busch, D. C., Wilson, D. J., Mallory, D. A., Ellersieck, M. R., Smith, M. F., & Patterson, D. J. (2009). Comparison of controlled internal drug release insert-based protocols to synchronize estrus in prepubertal and estrous-cycling beef heifers. *Journal of animal science*, 87(12), 3976-3982.

Lopez-Sebastián, A., Coloma, M. A., Toledano, A., & Santiago-Moreno, J. (2014). Hormone-free Protocols for the Control of Reproduction and Artificial Insemination in Goats. *Reproduction in domestic animals*, 49(s4), 22-29.

Luna-Orozco, J. R., Guillen-Muñoz, J. M., De Santiago, M. D. L. A., García, J. E., Rodríguez-Martínez, R., Meza-Herrera, C. A., & Véliz, F. G. (2012). Influence of sexually inactive bucks subjected to long photoperiod or testosterone on the induction of estrus in anovulatory goats. *Tropical animal health and production*, 44(1), 71-75.

Maffili, V. V., C. A. A. Torres, J. H. Bruschi, J. F. Fonseca y J. H. M. Viana (2006). "Indução de estro em cabras da raça Toggenburg com dois diferentes dispositivos intravaginais." *Arq Bras Med Vet Zootec* 58(3): 367-372.

Motlomelo, K. C., Greyling, J. P. C., & Schwalbach, L. M. J. (2002). Synchronisation of oestrus in goats: the use of different progestagen treatments. *Small Ruminant Research*, 45(1), 45-49.

Rahman, A.N.M.A., R.B. Abdullah and W.E. Wan-Khadijah. 2008. Estrus Synchronization and Superovulation in Goats: A Review. *J. Biol Sc*, 8, 1129 – 1137.

Rivas-Muñoz, R., Carrillo, E., Rodríguez-Martínez, R., Leyva, C., Mellado, M., & Véliz, F. G. (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 and production*, 42(6), 1285-1289.

Sasaki, Y, Mizuho Uematsu, Go Kitahara, B.D, Takeshi Osawa B, 2016. Reproductive performance of Japanese Black cattle: Association with herd size, season, and parity in commercial cow-calf operations. *Theriogenology*, 86 () 2156–2161.

Shaukat, S.S., I.A. Siddiqui, N.I. Ali and M.J. Zaki, 2001. Biological and chemical control of soil-borne fungi and effect of these on growth of mungbean. *Pak. Journal of. Biology Science*, 4: 1240-1243.

Talafha, A. Q., Lafi, S. Q., & Ababneh, M. M. (2009). The effect of estrus synchronization treatments on somatic cell count of transitional-anestrus Awassi ewes' milk. *Tropical animal health and production*, 41(2), 161-170.

Ungerfeld, R. (2011). Combination of the ram effect with PGF 2 α estrous synchronization treatments in ewes during the breeding season. *Animal reproduction science*, 124(1), 65-68.

Wildeus, S. (2000). "Current concepts in synchronization of estrus: sheep and goats." *Journal Animal science*, 11: 1-14.

Zarazaqa, L. A., Gatica, M. C., Celi, I., Guzmán, J. L., & Malpoux, B. (2009). Effect of melatonin implants on sexual activity in Mediterranean goat females without separation from males. *Theriogenology*, 72(7), 910-918.