



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

“Evaluación de la eficiencia reproductiva de hembras ovinas de la raza Columbia inducidas con progestágeno y gonadotropina en época de anestro”

T E S I S

Que para obtener el título de:

Médica Veterinaria Zootecnista

Presenta

Elvia Clarissa Rodríguez Orozco

Asesor: Dr. Marco Antonio Muñoz Guzmán

Coasesor: Dr. Fernando Alba Hurtado



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

H. N. A. M.
ASUNTO: VOTO APROBATORIO
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES
SUPERIORES-CUAUTITLÁN



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Evaluación de la eficiencia reproductiva de hembras ovinas de la raza Columbia Inducidas con progestágeno y gonadotropina en época de anestro.

Que presenta la pasante: ELVIA CLARISSA RODRÍGUEZ OROZCO

Con número de cuenta: 30912083-4 para obtener el Título de la carrera: Medicina Veterinaria y Zootecnia

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 23 de junio de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M.P.A. Rosalba Soto González	
VOCAL	Dr. Marco Antonio Muñoz Guzmán	
SECRETARIO	Dra. María del Carmen Espejel Del Moral	
1er. SUPLENTE	M. en M.V.Z. Omar Salvador Flores	
2do. SUPLENTE	M. en C. Paolo César Cano Suárez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

Dedicatorias

Esta tesis está dedicada a:

Dios por guiarme durante este camino.

Mi familia, ustedes que estuvieron apoyándome tanto física como mentalmente durante el proceso de este proyecto de principio a fin, gracias por siempre apoyarme en las decisiones que he tomado, por alentarme a ser una mejor persona y a no darme por vencida nunca. Gracias por todo su amor que día con día me brindan.

Mi mamá Elvia Leticia Orozco, por ser un pilar fundamental en vida, por darme una carrera Universitaria para mi futuro, sin ti no sería posible la conclusión y el logro de esta meta, gracias por todo el esfuerzo y todo lo que realizas por mi día con día, has sido una demostración ejemplar para no rendirme ante ninguna circunstancia, todo lo que hoy soy como persona, mujer y profesionista es gracias a ti. Te amo.

Mi papá Raymundo Rodriguez, por siempre hacerme ver el lado bueno de las cosas, por el esfuerzo y apoyo que realizaste durante mi carrera, y poner lo mejor de ti para que hoy pueda cumplir esta meta.

Mi gemela Mariana, por siempre estar conmigo dándome su apoyo y mejores consejos.

Agradecimientos

A mi asesor Dr. Marco Antonio Muñoz Guzmán, por su ayuda a la conclusión de este trabajo.

A mi coasesor Dr. Fernando Alba Hurtado por permitirme ser parte del equipo del Laboratorio 1 de Inmunoparasitología Veterinaria de la UIM, FES Cuautitlán.

Al M.C. César Cuenca por su ayuda durante la realización de la parte experimental de este trabajo.

A Omar Escobar, por todo el apoyo que me brindo durante este trabajo, por no dejar que me diera por vencida, por su comprensión y consejos que me da día con día.

A Tabi por recibirme como una amiga desde el principio y su apoyo que me ha brindado desde el principio.

A mis amigos de toda la carrera por esos años que recordare como los mejores.

Esta investigación fue financiada por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM con clave PAPIIT-UNAM IN222316.

Índice

Resumen.....	1
Introducción	2
Neuroendocrinología de la reproducción.....	3
Etapas del ciclo estral en la oveja	5
Proestro	5
Estro.....	5
Metaestro	6
Diestro	6
Anestro estacional.....	7
Manipulación del ciclo estral con progestágenos.....	8
Manipulación del ciclo estral con prostaglandinas.....	10
Diferencia entre sincronización del celo e inducción del celo en ovejas	10
Evaluación de la eficiencia reproductiva del rebaño ovino	11
Influencia de la edad sobre los parámetros reproductivos de las ovejas	11
Características de la raza ovina Columbia.....	11
Justificación	13
Hipótesis	14
Objetivo	15
Material y métodos	16
Ubicación	16
Animales experimentales	16
Diseño experimental	16
Evaluación de la inducción al estro y tasa de concepción.....	17
Evaluación de la eficiencia reproductiva.....	18
Análisis estadístico.....	18
Resultados	19
Discusión.....	21
Conclusiones	25
Bibliografía.....	26

Índice de figuras y cuadros

Figura 1. Eje hipotálamo-hipófisis gonadal.....	4
Figura 2. Niveles hormonales durante el ciclo estral de la oveja.....	7
Figura 3. Colocación de la esponja intravaginal.....-	17
Cuadro 1. Tasas de inducción del estro, concepción y parición obtenidas en ovejas Columbia nulíparas y primaras inducidas al estro con acetato de fluorogestona.....	19
Cuadro 2. Tasas de natalidad nulíparas y primaras parición obtenidas en ovejas Columbia nulíparas y primaras inducidas al estro con acetato de fluorogestona.....	19
Cuadro 3. Tasa de destete nulíparas y primaras parición obtenidas en ovejas Columbia nulíparas y primaras inducidas al estro con acetato de fluorogestona.....	20

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia reproductiva en corderas de primer parto y de segundo parto de la raza ovina Columbia bajo un protocolo de inducción del estro. Se realizó la inducción del estro en hembras primíparas (n=25) y multíparas (n=23) con progestágeno y gonadotropina, posteriormente fueron expuestas a los machos y se obtuvieron registros durante la gestación, parición y destete de los corderos. En ambos grupos se evaluó la eficiencia reproductiva considerando las siguientes variables: tasa de inducción al estro, tasa de concepción, tasa de parición, tasa de natalidad, tasa de prolificidad y tasa de destete. Se observó un mayor número ($p < 0.05$) de hembras primíparas inducidas al estro en comparación a las hembras multíparas, sin embargo, su tasa de concepción fue numéricamente mayor en las hembras multíparas. Numéricamente, las hembras primíparas tuvieron mayores tasas de parición, natalidad y destete que las hembras multíparas. Ambos grupos de hembras tuvieron una prolificidad cercana al parámetro normal de la raza. En conclusión, las hembras primíparas tuvieron un desempeño en su primer ciclo reproductivo, similar al de hembras multíparas en su segunda gestación bajo las mismas condiciones de inducción de estro, incluso algunos de sus parámetros fueron numéricamente superiores. Lo anterior sugiere que las hembras primíparas de la raza Columbia son capaces de llevar a término una gestación bajo un protocolo de inducción del estro con progestágenos.

La ovinocultura en México se ha desarrollado satisfactoriamente durante los últimos años, lo cual ha resultado en un incremento paulatino de la población ovina a nivel nacional. En 2005 se registró un total de 7,207,406 cabezas aumentando a 8,575,908 cabezas en 2014 según lo referido por SAGARPA (SIAP, 2016). Lo anterior se ha reflejado principalmente en el incremento en la producción de carne en pie y en canal (Castro y Guerrero, 2010).

La producción de carne en canal de ganado ovino en México en el año 2014 fue de 58,287 toneladas, que, comparadas con las 46,230 toneladas producidas en 2005, significó un incremento del 26% en una década. Los estados de México, Hidalgo y Veracruz son los principales productores a nivel nacional (SIAP, 2016).

En la actualidad, México tiene un déficit en la oferta de carne ovina para el consumo interno y depende de las importaciones para satisfacer la demanda. Se importa aproximadamente un 30% del total de la demanda de carne ovina para sustentar los requerimientos de este producto calculado con base en un consumo *per capita* anual aproximado de 800 gramos (Cuéllar *et al.*, 2012), por lo cual, es necesario desarrollar estrategias que permitan aumentar la producción ovina, como es el mejoramiento reproductivo.

A nivel nacional, solo el 3.6% de los productores de ovinos utilizan tecnologías reproductivas, entre las cuales se encuentra la inseminación artificial, el diagnóstico de gestación temprano y la sincronización/inducción del ciclo estral. Esto último, está siendo recientemente promovido por programas oficiales para el mejoramiento del ganado y por laboratorios farmacéuticos que buscan mercado para sus productos (Cuéllar *et al.*, 2012). La inducción o sincronización del celo, tiene varias ventajas, entre las cuales se mencionan (Henández, 2010):

- Facilidad de trabajo, ya sea de inseminación artificial o para el empadre fuera o dentro de época reproductiva.
- Mayor número de partos al año.
- Aumento en el número de corderos por oveja parida.

- Producción de corderos en temporada baja.
- Particiones fuera de temporada.
- Mejora de la eficiencia de la mano de obra.
- Programación de las épocas de empadre, gestación y particiones en periodos cortos.

Neuroendocrinología de la reproducción

El ciclo estral en la oveja está regulado por múltiples cambios neuroendócrinos, los cuales controlan su estacionalidad y frecuencia. Estos se rigen bajo el denominado eje hipotálamo-hipófisis-gonadal (figura 1), en el cual, interactúan diferentes hormonas como la hipotalámica liberadora de gonadotropinas (GnRH), la hormona folículo estimulante (FSH), la hormona luteinizante (LH), las hormonas ováricas (estradiol), la progesterona secretada por el cuerpo lúteo y las prostaglandinas F2 (PGF2) secretadas por el endometrio uterino. Existen otras hormonas asociadas a la regulación estral como la kisseptina, la melatonina y la inhibina (Sánchez., 1994; Morello y Chemineau, 2004).

La GnRH es sintetizada en las neuronas del área preóptica y ventromedial del hipotálamo, esta hormona cerebral tiene la función de liberar las dos hormonas hipofisarias LH y FSH. La GnRH viaja a través del sistema porta hipotálamo-hipofisario, hasta llegar a la hipófisis anterior (Zarco, 2014; Soto, 2008). La hipófisis anterior presenta diferentes células especializadas entre las cuales se encuentran las gonadotropas, estas se encargan de sintetizar las hormonas LH y FSH. Cuando la adenohipófisis es estimulada por la GnRH, libera ambas gonadotropinas hacia la circulación general llegando al ovario; ambas hormonas son necesarias para la producción de esteroides gonadales (estrógeno y progesterona), que en conjunto participan en el crecimiento folicular, así como con la ovulación (Morello y Chemineau, 2004; Zarco, 2014).

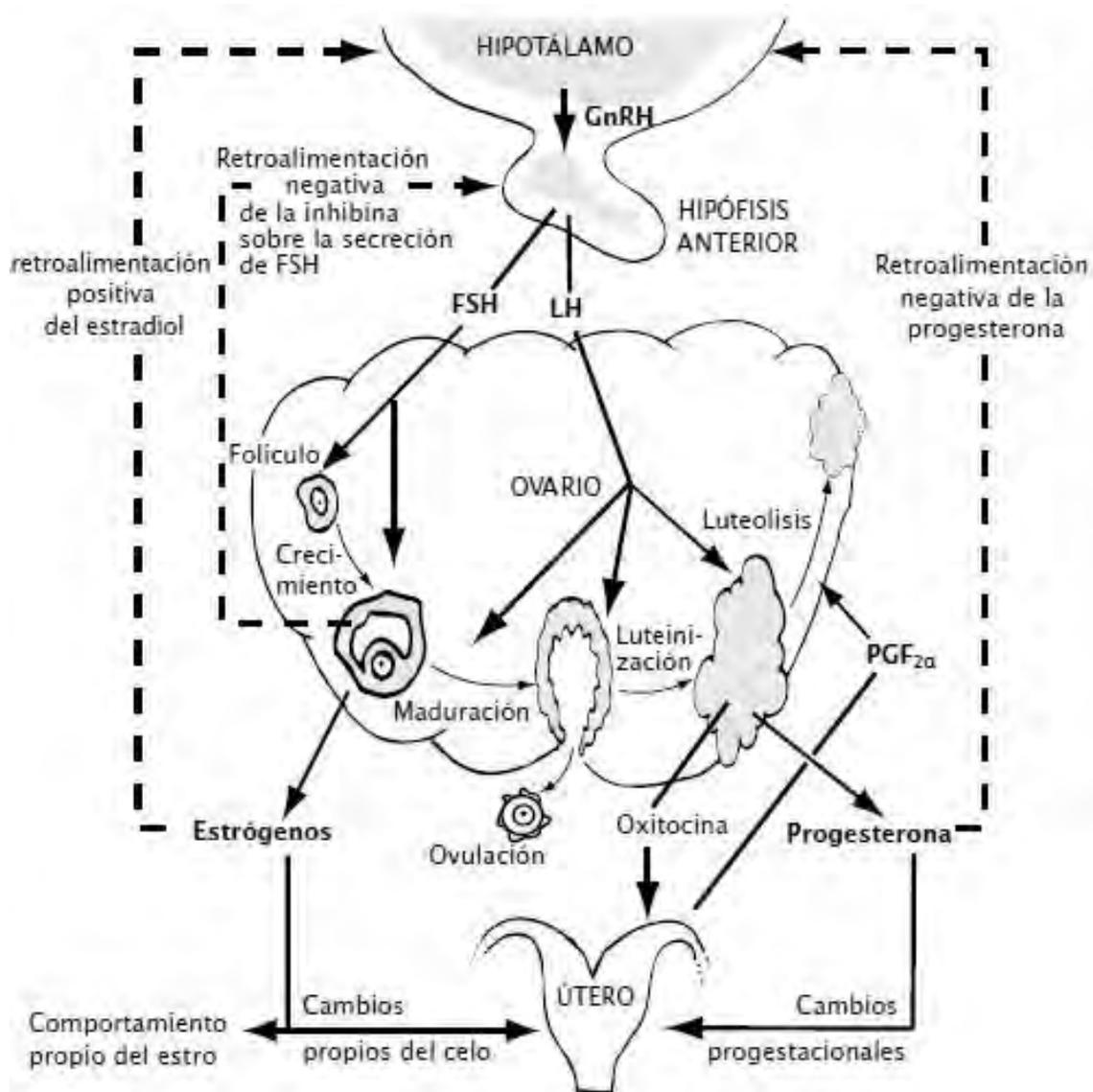


Figura 1. Eje hipotálamo-hipofisario gonadal. Interacción de órganos y hormonas implicadas en la regulación del ciclo estral (Ptaszynska y Molina, 2007).

El ciclo estral, está conformado por una serie de acontecimientos ováricos, endócrinos que modifican el comportamiento de las hembras, con la finalidad de que ocurra la ovulación, el apareamiento y la gestación. Un ciclo estral está formado por cuatro etapas llamadas: proestro, estro, metaestro y diestro; el estro es la etapa de receptibilidad sexual. La duración de un ciclo estral en la oveja es de 17 días en promedio, sin embargo, este periodo puede variar entre 14 hasta 19 días (Soto, 2008; Sánchez, 1994).

De acuerdo con la estructura que predomina en el ovario, se ha dividido al ciclo estral en dos fases: la fase folicular y la fase lútea; la fase folicular se caracteriza por el crecimiento de los folículos en el ovario con una producción importante de estradiol, esta etapa empieza cuando ha ocurrido la regresión del cuerpo lúteo (proestro), terminando en la ovulación (estro). En la fase lútea, predomina en el ovario la presencia del cuerpo lúteo, siendo la progesterona la hormona predominante; esta etapa abarca desde el periodo inmediato a la ovulación hasta la regresión del cuerpo lúteo (metaestro y diestro respectivamente) Véase la figura 2 (Morello y Chemineau, 2004; Zarco, 2014).

Etapas del ciclo estral en la oveja

Proestro

Esta etapa se caracteriza por un desarrollo folicular rápido, en donde uno o dos folículos pre-ovulatorios llegaran a la ovulación. Esta fase inicia cuando los niveles de progesterona han disminuido provocando un aumento en la secreción de GnRH y gonadotropinas que estimulan el crecimiento de los folículos, en los cuales se lleva a cabo la síntesis de estradiol. Esta fase ocurre entre dos a tres días en las ovejas. (Morello y Chemineau, 2004; Bartlewski *et al*, 2011).

Estro

En esta etapa se produce la ruptura del folículo dominante, con la consecuente liberación del ovocito, se considera el día cero del ciclo estral. Es la etapa de receptividad sexual de la hembra al macho y es relativamente fácil de identificar ya que se presenta un comportamiento sexual activo de la hembra. En esta etapa aumenta la concentración de estradiol en sangre, lo cual retroalimenta positivamente la secreción de LH dando un pico preovulatorio de esta hormona que desencadena la ovulación. En las ovejas la ovulación es espontánea y se presenta al final del estro, esta etapa tiene una duración aproximada de 30 horas en las borregas (Esperón y Ruiz, 2008; Gutierrez *et al*, 2014).

Metaestro

El metaestro, tiene una duración en borregas de 12 horas. En esta etapa, se forman el cuerpo lúteo a partir de los cuerpos hemorrágicos que se produjeron posterior a la ovulación, las células de la granulosa y las células de la teca se convierten en células luteínicas y comienzan la producción de progesterona (Morello y Chemineau, 2004).

Diestro

Esta etapa es la más larga del ciclo estral en la borregas, teniendo una duración de doce a catorce días; se caracteriza por la secreción de altas concentraciones de progesterona a través del cuerpo lúteo funcional, por lo que también se le denomina fase prostaglandina. La alta concentración de progesterona provoca la inhibición de la LH hipofisaria; si para el día 12 del ciclo no hay un embrión viable que mantenga la señal luteotrófica para el seguimiento de la preñez, empieza la luteólisis, con la secreción de Prostaglandinas F2 (PGF2) provenientes de las glándulas endometriales uterinas. La PGF2 llega a la arteria ovárica por los vasos linfáticos y venosos uterinos, para finalmente llegar al ovario y así convertir al cuerpo lúteo en un cuerpo albicansz afuncional, terminando un ciclo estral (Morello y Chemineau, 2004; Esperón y Ruiz, 2008; Bartlewski *et al*, 2011).

Algunas razas ovinas, en general de lana, son poliéstricas estacionales, la época reproductiva en el hemisferio norte se presenta en los días cortos de agosto a enero (otoño-invierno). El período en el cual no se presentan ciclos ovulatorios normales se le denomina anestro estacional; este cubre de la primavera al verano, en donde los días son largos en el hemisferio norte; comprendidos entre los meses de febrero a julio (Arroyo, 2011; Abecia *et al*, 2012).

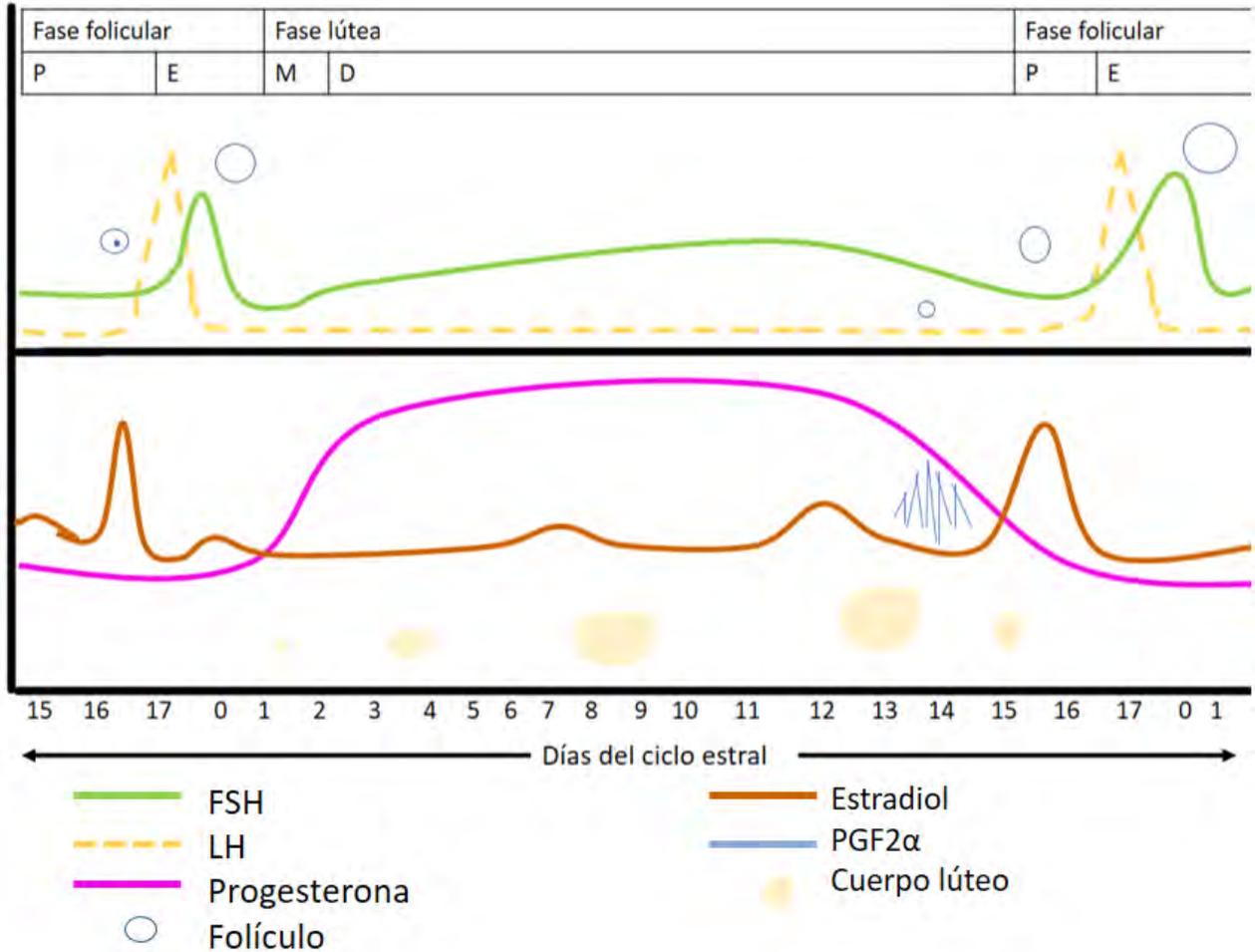


Figura 2. Niveles hormonales durante el ciclo estral de la oveja (Modificado de Morello y Chemineau, 2004)

Anestro estacional

Esta etapa es definida por la ausencia de ciclos estrales regulares, como consecuencia, no se presenta comportamiento sexual activo ni ovulaciones. El anestro estacional se presenta como un mecanismo de adaptación, en el cual, las ovejas paren en la época en que el clima es más propicio para las crías y hay mayor abundancia de alimento (Arroyo, 2011).

El principal factor físico que regula la estacionalidad en las ovejas es el fotoperiodo, debido a que es un factor constante año con año y es consistente con la época del año, siendo en los periodos de luz decreciente cuando se presenta el ciclo reproductivo anual en las ovejas (Davidson y Stabenfeldt, 2009).

La hormona que participa en este proceso es la melatonina segregada por la glándula pineal; la síntesis y liberación de melatonina está regulada de forma circadiana y dependen del ciclo de luz-oscuridad (Arroyo, 2011).

La oscuridad es captada en el ojo a través de la retina, en donde se transforma en señal eléctrica, esta es transmitida de la retina al núcleo supraquiasmático y posteriormente al ganglio cervical superior, el cual tiene terminaciones neuronales adrenérgicas que llegan a la glándula pineal, este fenómeno promueve un aumento en la secreción de melatonina (Gutiérrez *et al*; 2014).

La acción final de melatonina es el control de la liberación de GnRH, este efecto esta principalmente mediado por la dopamina, la cual actúa aumentando la sensibilidad al efecto inhibitorio del estradiol; la melatonina reduce la producción de dopamina, por lo tanto, la menor secreción de melatonina en los días largos permite la síntesis de dopamina e induce el anestro estacional (Arroyo, 2011; Gutiérrez *et al*, 2014).

Métodos farmacológicos para la sincronización e inducción del ciclo estral

Para que una unidad de producción ovina sea rentable, uno de los factores importantes es el aumento en la eficiencia reproductiva del rebaño, por ende, el periodo de anestro estacional interfiere con este objetivo. Por lo anterior, se han desarrollado estrategias de manipulación del anestro por medio de fármacos, para acortar su duración o para lograr que ocurra de manera simultánea en varias hembras (Fthenakis *et al.*, 2015).

Los métodos farmacológicos de inducción y/o sincronización del estro, se basan en la administración de hormonas exógenas, las cuales actúan sobre la cadena fisiológica de sucesos implicados en el ciclo estral de las hembras ovinas (Lozano *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2015). Estos métodos farmacológicos se clasifican en dos tipos, el primero se basa en la administración de progestágenos y el segundo en la administración de prostaglandinas (Evans y Maxwell, 1990)

Manipulación del ciclo estral con progestágenos

La progesterona o análogos sintéticos de la misma son las más utilizadas debido a que son relativamente económicos y accesibles de manera comercial, además de

que pueden ser utilizados cuando la oveja presenta sus ciclos estrales o cuando está en anestro (Trejo *et al*, 2008).

El uso de progesterona simula la acción del cuerpo lúteo inhibiendo las gonadotropinas, el tratamiento dura de 12 a 14 días, que es la duración del cuerpo lúteo en el ciclo estral de las borregas; al remover el tratamiento, el estro aparece en un lapso de 2 a 3 días al haber una estimulación del crecimiento folicular y la ovulación, debido a la liberación de gonadotrofinas por la hipófisis (Córdova *et al.*, 2008).

Los progestágenos, pueden ser administrados por diversos métodos, rutas y dosis; entre las cuales se menciona la intravaginal y la subcutánea (Martínez *et al.*, 2015).

En la vía subcutánea, se coloca un implante impregnado con Norgestomet, un progestágeno sintético, debajo de la piel de la oreja con un aplicador especial; este es el método menos utilizado, debido a que su retiro se tiene que realizar una incisión en el sitio de colocación, lo cual puede traer infecciones posteriores y estrés a la borrega (Evans y Maxwell, 1990).

La vía intravaginal, es la ruta más común de aplicación de progestágenos en los pequeños rumiantes, usándose esponjas impregnadas con análogos sintéticos ya sea, acetato de fluorogestona (AFG) o acetato de medroxiprogesterona; o bien un dispositivo intravaginal de liberación controlada de progesterona (Letelier *et al.*, 2009).

Los progestágenos, se pueden combinar con gonadotropinas, las cuales, tendrán la función de estimular el crecimiento folicular, aumentando la tasa ovulatoria. La gonadotropina más utilizada, es la gonadotropina coriónica equina (eCG), por su bajo costo y acción prolongada. Entre otras gonadotropinas, encontramos la hormona folículo estimulante (FSH) y la gonadotropina de la mujer posmenopáusica. La administración de las gonadotropinas se realiza por vía intramuscular de 48 a 24 horas antes del retiro del progestágeno (Trejo *et al*, 2008; Córdova *et al.*, 2008).

Manipulación del ciclo estral con prostaglandinas

El segundo método farmacológico para el control del ciclo estral es el uso de prostaglandinas; estas actúan lisando el cuerpo lúteo existente, así las ovejas manejadas por este método entran en la fase folicular al mismo tiempo. Este método, solo se puede utilizar en época donde las borregas están presentando ciclos estrales, en el cual el eje hipotálamo hipófisis-gonadal está activo (Córdova *et al.*, 2008; Abecia *et al.*, 2012).

La vía de administración de las prostaglandinas es intramuscular; para lograr una sincronización del 100% de las ovejas del rebaño, se deben de aplicar dos inyecciones con diferencia de 9 a 10 días entre cada una de ellas, presentándose la ovulación de 30 a 48 horas postratamiento (Abecia *et al.*, 2012).

Se comercializan distintos tipos de prostaglandinas sintéticas, entre las cuales se mencionan el Clorprostenol, así como el Proslvin con los cuales se obtiene una mayor respuesta a comparación con la forma natural de la prostaglandina (Evans y Maxwell, 1990).

Diferencia entre sincronización del celo e inducción del celo en ovejas

La inducción del ciclo estral es un manejo que se lleva a cabo en hembras anéstricas, el cual tiene como objetivo reducir el periodo entre partos, adelantar la época de empadre en primavera y por lo tanto los partos en otoño. Este manejo permite obtener corderos en las épocas donde generalmente no hay nacimientos y aumentar el número de crías nacidas (Steffan *et al.*, 1983).

A diferencia de la inducción del celo, la sincronización del celo es un manejo que se realiza cuando el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal está activo, es decir, que las ovejas están en la época en donde presentan ciclos estrales regulares, ya que presentan un cuerpo lúteo funcional o folículos maduros en los ovarios; tiene como objetivo homogenizar los lotes de hembras a fin de realizar inseminación artificial, transferencia de embriones o la sincronización de partos lo que permite un mejor manejo (Trejo *et al.*, 2008; Lozano *et al.*, 2012).

Evaluación de la eficiencia reproductiva del rebaño ovino

Para poder evaluar la eficiencia reproductiva de un rebaño, es necesario conocer los principales estimadores que permitan medirla. Para América latina se han establecido los siguientes parámetros: tasa de parición, tasa de fecundidad, tasa de prolificidad, tasa de natalidad y tasa de destete; al obtener esta información se adquieren datos con los cuales la unidad de producción puede saber en forma numérica cuál es la marcha o el desempeño en este caso, de la reproducción del rebaño (Trejo, 1998; Amador y Cortéz , 2009).

Influencia de la edad sobre los parámetros reproductivos de las ovejas

La información disponible de rebaños en México de las diferentes razas señala que, las hembras primerizas tienen una eficiencia reproductiva inferior a las adultas, siendo la edad de la oveja un factor importante que influye sobre los parámetros reproductivos del rebaño. Se observa un mejor desempeño en hembras de dos partos, esto es, fundamentalmente porque ya tienen madurez sexual completa y mayor habilidad materna que mejora la supervivencia de los corderos, así como su peso al nacer y al destete (Mártinez *et al*; 2014).

Por otro lado, la selección de corderas de 7 u 8 meses de edad, para que paran al primer año de vida, trae ciertas ventajas entre las que se mencionan: la reducción de los costos de mantenimiento, ya que producen corderos a una corta edad, se reduce el intervalo generacional y la productividad total de la hembra aumenta (Alonso, 1981).

Características de la raza ovina Columbia

La raza Columbia, es resultado de la cruce de carneros Lincon y ovejas Rambouillet, desarrollada por el departamento de agricultura de los Estados Unidos de América. Se introdujo a México en los 80's, se explotó principalmente en los estados de México y Tlaxcala (De Lucas y Arbiza, 1996).

La Columbia, es una raza ovina de doble propósito que produce hasta 5 kg de lana de calidad media (20-27 micras), así como corderos con buena velocidad de crecimiento y canales aceptables. En los ejemplares de esta raza, los machos

alcanzan hasta 160 kg y las hembras hasta 110 kg; son animales de gran tamaño y peso (De Lucas y Arbiza, 1996).

En las hembras Columbia, la fertilidad es superior al 90% y la prolificidad puede ser superior al 140%. Se reportan porcentajes de destete del 90 al 95%. Los pesos al nacimiento en corderos únicos son en promedio de 6 kg y de 5 kg en corderos de partos dobles. Los corderos al destete tienen un peso promedio de 35 kg (De Lucas y Arbiza, 1996).

En un estudio realizado comparando primaras de un año con hembras de más de dos años de la raza Columbia, no se observaron diferencias en el desempeño productivo de corderos y lana entre estos dos grupos de edad, sin embargo, la producción acumulada de corderos durante seis años fue mayor en las hembras de un año. En dicho estudio se utilizó empadre tradicional una vez al año sin la ayuda de hormonas para la inducción del estro (Hohenboken *et al*; 1997).

Justificación

En México, no se cubre la demanda nacional anual de carne ovina, por lo que es necesario fomentar su producción. Cualquier estudio que aporte información del comportamiento productivo o reproductivo en esta especie en las condiciones del país, puede contribuir a mejorar la producción ovina.

La raza ovina Columbia, sólo se encuentra en dos estados de la República (Tlaxcala y Edo. de México); son pocos los estudios que se han hecho de esta raza en el país y a la fecha no se han comparado parámetros reproductivos entre corderas primíparas y corderas multíparas de la raza en mención en época de anestro, por lo que resulta interesante evaluar su desempeño reproductivo en esta época crítica para la producción.

Con este trabajo, se tendrán datos de referencia de parámetros reproductivos de corderas nulíparas y primíparas de la raza ovina Columbia en época no ovulatoria, con inducción del estro; con ello se podrán evaluar la pertinencia de este manejo, para mejorar el número de corderos obtenidos por hembras Columbia antes de un año de edad.

Hipótesis

Las corderas Columbia primíparas, tienen un desempeño reproductivo similar a la de hembras múltíparas de la misma raza en condiciones de inducción de estro.

Objetivo

Evaluar las tasas de: inducción al estro, concepción, parición, natalidad, prolificidad y de destete, en corderas de primer parto y de segundo parto de la raza Columbia, para estimar comparativamente su desempeño reproductivo, bajo un protocolo de inducción del estro con progestágenos y gonadotropina.

Ubicación

El presente trabajo, se desarrolló en los corrales del módulo de posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM. El rebaño ovino Columbia que se utilizó para el estudio, pertenece al Laboratorio de Inmunología y Biología Molecular de Parásitos de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FES-Cuautitlán UNAM, que se encuentra ubicado en el kilómetro 2.5 de la carretera Cuautitlán-Teoloyucan, en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México; cuya ubicación geográfica es en el paralelo 19° 14' de latitud norte en el meridiano 99° 14' de longitud poniente a 2250 msnm, con clima templado subhúmedo (Vizcarra, 2008).

Animales experimentales

Se utilizaron un total de 48 hembras de la raza Columbia, de las cuales, 25 hembras fueron primíparas de una edad promedio de 7 meses, con un peso promedio de 38.52 kg y 23 hembras de primer parto (multíparas), con un peso promedio de 70.39 kg entre dos a tres años. La alimentación consistió en alfalfa seca molida a razón de un 4% del peso vivo y agua *ad libitum*. La inducción del estro se llevó a cabo en el mes de abril de 2016. Para el empadre de las hembras se utilizaron tres sementales de la raza Columbia, uno perteneciente al mismo rebaño y dos pertenecientes al módulo de ovinos de la FES-Cuautitlán, UNAM.

Diseño experimental

Las corderas se distribuyeron en dos grupos: un grupo de corderas primíparas (n=25) y un grupo de ovejas multíparas (n=23). Las hembras de los dos grupos fueron alojadas en un solo corral. El día 1 del experimento se le colocó a cada hembra una esponja intravaginal impregnada con 20 mg de acetato de fluorogestona, utilizando un vaginoscopio (Figura 3). El día 10 del experimento, cada hembra recibió por vía intramuscular 500 UI de eCG. El día 12 se les retiró la esponja a todas las hembras y este mismo día se expusieron sin restricción durante 5 días a los 3 sementales protocolo modificado del laboratorio Intervet®.

La detección del estro se realizó cada 24 horas, durante 5 días después de la introducción de los sementales, estos fueron marcados con aceite mezclado con pintura en la región anterior al prepucio, las hembras marcadas en la región dorsal fueron registradas. A los 60 días del inicio del empadre, se realizó por ultrasonografía el diagnóstico de gestación a todas las hembras y se registró en cada grupo el número de hembras gestantes. A partir del día 146 del empadre se comenzó el registro del número de hembras paridas, número de corderos nacidos y número de corderos por hembra. A los 60 días de nacidos, se determinó el número de corderos destetados.



Figura 3. Colocación de esponja intravaginal

Evaluación de la inducción al estro y tasa de concepción

La inducción al estro se evaluó calculando (número de hembras marcadas por el semental entre número de hembras expuestas al macho por cien) y la tasa de concepción (número de hembras gestantes entre hembras inducidas al estro por cien) (Knights *et al*, 2000)

Evaluación de la eficiencia reproductiva

La eficiencia reproductiva, se evaluó calculando la tasa de parición (número de ovejas paridas entre número de ovejas expuestas por cien), tasa de prolificidad (cantidad de corderos nacidos entre número de ovejas paridas por cien), tasa de natalidad (crías nacidas entre hembras del rebaño expuestas al macho por cien) y la tasa de destete (número de corderos destetados entre hembras expuestas al semental por cien) en los dos grupos de ovejas (Trejo, 1998).

Análisis estadístico

Los datos de las tasas de: inducción del estro, parición, concepción, natalidad y destete, se analizaron por medio de una prueba de Ch^2 para diferencia entre proporciones utilizando el software GraphPad Prisma ver. 7.0. Se tomó un nivel de confianza mínimo del 95% (Daniel, 2002).

Resultados

En el cuadro 1 se muestran los datos de hembras inducidas al estro, la tasa de concepción y tasa de parición observadas en los dos grupos de hembras en estudio. En el grupo de hembras primaldas, un mayor número ($p < 0.05$) de hembras (80%) fueron inducidas al estro en comparación con el grupo de hembras multíparas (52%).

No se encontraron diferencias significativas entre las tasas de parición y concepción de ambos grupos ($p > 0.05$).

Cuadro 1. Tasas de inducción al estro, concepción y parición obtenidas en ovejas Columbia primaldas y multíparas inducidas al estro con acetato de fluorogestona.

GRUPO	EXPUESTAS	INDUCIDAS AL ESTRO	GESTANTES	GESTANTES	CONCEPCIÓN ¹ (%)	PARICIÓN ² (%)
PRIMALAS	25	20 ^a	8	8 ^a	40 ^a	32 ^a
MULTÍPARAS	23	11 ^b	6	6 ^a	54 ^a	26 ^a

Letras diferentes indican diferencia significativa entre los grupos ($p < 0.05$)

¹ Número de hembras gestantes entre el número de hembras inducidas al estro X 100.

² Número de hembras paridas entre el número de hembras expuestas al macho X 100

La tasa de natalidad en el grupo primaldas fue de 48% mientras que en el grupo de multíparas fue de 43% (cuadro 2). No se encontró diferencia significativa entre las tasas de natalidad de ambos grupos ($p > 0.05$). La prolificidad calculada para el grupo de primaldas en su primer parto fue de 150% contra un 133% calculada en el grupo de multíparas.

Cuadro 2. Tasa de natalidad obtenidas en ovejas Columbia primaldas y multíparas inducidas al estro con acetato de fluorogestona.

GRUPO	No. EXPUESTAS	No. DE CORDEROS	NATALIDAD ¹ (%)	VALOR p
PRIMALAS	25	12	48	p = 0.77
MULTÍPARAS	23	10	43	

¹ Número de crías nacidas entre hembras del rebaño expuestas al macho x100.

En las hembras primíparas la tasa de destete fue de 48% mientras que en el grupo de multíparas fue del 34% (cuadro 3). No se observaron diferencias significativas entre las tasas de destete de ambos grupos ($p > 0.05$).

Cuadro 3. Tasa de destete obtenidas en ovejas Columbia primíparas y multíparas inducidas al estro con acetato de fluorogestona.

GRUPO:	NO. EXPUESTAS	No. DE CORDEROS	TASA DE DESTETE¹	VALOR p
PRIMÍPARAS	25	12	48	p = 0.26
MULTÍPARAS	23	8	34	

¹ Número de crías nacidas entre hembras del rebaño expuestas al macho x100.

Discusión

La vida reproductiva de los vientres ovinos inicia en el momento en el que la hembra es capaz de reproducirse, esta capacidad está influida en forma natural por diversos factores como la estacionalidad de la raza, la edad y la época del año, sin embargo, es posible modificar el comportamiento reproductivo de las hembras ovinas por medio de la administración de hormonas a fin de mejorar su eficiencia. Son escasos los estudios que comparen la eficiencia reproductiva de hembras primíparas contra hembras multíparas bajo un protocolo de inducción hormonal del estro y también son escasos los estudios que evalúen parámetros reproductivos de la raza ovina Columbia en México. Los resultados del presente estudio mostraron que las corderas Columbia primíparas con menos de un año, tuvieron un desempeño en su primer ciclo reproductivo similar al de hembras multíparas en su segunda gestación bajo las mismas condiciones de inducción de estro.

La edad de la oveja es sin duda un factor importante que influye en los parámetros reproductivos de un rebaño. Las hembras primerizas pueden tener una eficiencia reproductiva inferior a las hembras adultas debido a su falta de madurez (Nowak *et al*, 2008), sin embargo, se ha utilizado el empadre de corderas jóvenes para que paran al final del primer año de vida, lo que trae ventajas como la reducción de los costos de mantenimiento y la reducción del intervalo generacional (Alonso, 1981). Los resultados de este estudio mostraron que las hembras primíparas tuvieron tasas de parición y natalidad (32 y 48% respectivamente) numéricamente mayores en su primer parto que las hembras multíparas (26 y 43% respectivamente) en su segundo parto ($p>0.05$). Knights *et al.* (2011), reportaron una mayor tasa de parición en hembras adultas (55.5%) que en corderas jóvenes (41.7%) sin ningún tratamiento hormonal, sin embargo, cuando se realizó la sincronización del estro con progestágenos y prostaglandinas, la tasa de parición fue mayor en corderas de primer parto (88.9%) comparadas con hembras adultas (84.6%). Por su parte Fleisch *et al.* (2012), reportaron una mayor tasa de parición en hembras primíparas

(51.5%) de las razas Red Engadine y Alpina en comparación a hembras multíparas (49.3%) en condiciones de sincronización del estro con progesterona.

Adicionalmente, se debe considerar que el peso promedio de las hembras primas del presente estudio fue de 39 kg y el de las multíparas fue de 70 kg, no obstante, esta diferencia, los porcentajes de parición y natalidad de las hembras primas sugieren que hembras de menos de un año son capaces de llevar a término una gestación en forma adecuada aun si se les induce prematuramente el estro siempre y cuando tengan un peso promedio adecuado.

El anestro estacional es una limitante productiva en algunas razas ovinas, por lo que se ha buscado modificar esta condición fisiológica por métodos hormonales para mejorar el desempeño reproductivo de los rebaños. La raza Columbia es considerada estacional con una época de estros continuos de agosto a enero. En el presente estudio, el tratamiento con progestágenos de las hembras se realizó en el mes de abril de 2016, por lo que claramente se trató de una inducción al estro. El porcentaje de hembras que manifestaron el estro después del tratamiento hormonal fue mayor ($p < 0.05$) en las hembras primas que en las multíparas (80% vs. 52% respectivamente), sin embargo, el porcentaje de concepción en estas hembras fue menor (54% vs. 40% respectivamente). Knights *et al.* (2001), reportaron la inducción del estro en un 80% de las hembras multíparas tratadas con un protocolo similar al de este estudio en el mes de mayo en Virginia EE. UU., en ese mismo estudio, se reportó una tasa de concepción del 66%. En el presente estudio la tasa de hembras primas que manifestaron el estro fue similar (80%) al reportado por Knights *et al.* (2001), aunque en las hembras adultas (multíparas) fue sensiblemente menor (52%), lo anterior posiblemente sea el resultado de una mejor respuesta fisiológica de las hembras jóvenes al tratamiento con progestágenos que las hembras adultas. En contraste, aun cuando la inducción del estro tuvo una mejor respuesta en las primas, su tasa de concepción fue menor al de las hembras multíparas, esto pudo ser el resultado de factores que afectaron a la consumación de la cópula o a factores que afectaron la fertilización del ovocito en las primas. Por ejemplo, el menor peso promedio de las hembras primas hace pensar que posiblemente tuvieron dificultades para soportar el peso del macho durante la cópula, por otro lado, se ha

reportado en hembras muy jóvenes la presencia de estro sin ovulación u ovulaciones no regulares al final del estro (Quirke, 1981).

Los progestágenos combinados con gonadotropinas estimulan el crecimiento folicular aumentando la tasa ovulatoria y la posibilidad de un mayor número de crías, por lo que, en un esquema de inducción del estro en ovinos, es común tener partos múltiples y un consecuente aumento de la prolificidad (Martínez *et al*; 2015). En el presente estudio la prolificidad de las hembras primíparas y múltíparas fue de 150% y 133% respectivamente, estos resultados son concordantes con lo reportado por otros autores. De Lucas y Arbiza (1996), mencionan una prolificidad de hasta 140% para la raza Columbia en condiciones naturales del ciclo reproductivo. Las tasas de prolificidad obtenidas en este estudio, indicaron la llegada a término en forma adecuada de crías en las hembras de ambos grupos y la obtención de un número de corderos por hembra gestante similar a los números que se obtienen en épocas reproductivas naturales.

La inducción del estro en hembras ovinas anéstricas, tiene como objetivo reducir el periodo entre partos, adelantar la época de empadre en primavera y por lo tanto los partos en otoño, lo que permite obtener lotes homogéneos de corderos en épocas donde son escasos (Arroyo,2011). La sobrevivencia de estos corderos puede estar relacionado con la edad y la habilidad materna de las hembras a las que se les induce el estro, en general las hembras de dos o más partos tienen mayor habilidad materna lo que mejora la supervivencia y peso de los corderos (Nowak *et al*, 2008; Sánchez *et al*, 2014). En el presente estudio, la tasa de natalidad fue de 48 y 43% mientras que la tasa de destete fue del 48% y del 34% para hembras primíparas múltíparas respectivamente lo cual indica que, aunque la prolificidad de las hembras en general fue buena, las tasas de natalidad y destete logradas fueron bajas respecto a lo reportado en la literatura. Por ejemplo, Knights *et al*. (2001), lograron una tasa de natalidad del 77% en hembras múltíparas inducidas al estro con progestágenos. El bajo porcentaje de natalidad y en consecuencia de destete obtenidos, solo puede ser atribuido a la época en la que fue realizado este estudio, dado que los porcentajes de hembras que entraron en estro y la prolificidad del rebaño fueron los esperados a los reportados en la literatura. La estimulación

hormonal aparentemente logró que las hembras manifestaran el estro, sin embargo, las tasas de concepción, natalidad y destete indican que quizá otras condiciones fisiológicas necesarias no estaban presentes. Aun estos resultados, se logró la obtención de un lote homogéneo de 20 corderos destetados a partir de un rebaño de 48 hembras en el mes de noviembre, época en que hay escases de animales y el precio de los corderos es mayor.

Mejorar la producción ovina es una de las metas más importantes de cualquier unidad de producción ovina, esta mejora debe redituarse en mayores ganancias y rentabilidad del rebaño. Los resultados de este estudio aportan datos del comportamiento reproductivo del Estado de México de hembras ovinas Columbia en su primer parto y sugieren que estas pueden ser utilizadas en protocolos de inducción del estro antes de un año, sin embargo, es necesario realizar un estudio económico detallado para determinar la utilidad real generada por la inducción del estro en esta raza.

Conclusiones

Las hembras primíparas tuvieron un mayor porcentaje de inducción al estro que las hembras multíparas, sin embargo, su tasa de concepción fue menor, lo que indica que, aunque tuvieron una mejor respuesta al tratamiento hormonal, posiblemente sus condiciones de madurez no favorecieron la concepción.

Las hembras primíparas tuvieron tasas de parición y natalidad numéricamente mayores que las hembras multíparas bajo un protocolo de inducción del estro, lo que sugiere que éstas fueron capaces de llevar a término una gestación en forma adecuada aun con la inducción prematura del estro.

La prolificidad de las hembras primíparas y multíparas inducidas al estro fue de 150% y 133% respectivamente, lo que indica que el tratamiento hormonal no afecta a este parámetro.

La tasa de natalidad (48 y 43% respectivamente) y destete (48% y del 34% respectivamente) en hembras primíparas y multíparas obtenidas por el tratamiento hormonal para inducción del estro, fueron bajas en comparación a lo reportado en la literatura.

Bibliografía

1. Abecia JA, Forcada F, González-Bulnes A. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science* 2012;130:173-179.
2. Aisen E. Reproducción ovina y caprina. Argentina: Intermedica, 2004.
3. Alonso AJ. Manejo de la reproducción del ovino. *Ciencia Veterinaria* 1981:434-463.
4. Amador H y Cortéz X. Determinación de parámetros productivos y reproductivos en ovinos Blackbelly (tesis de licenciatura). Cuautitlán (Estado de México) México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, 2009.
5. Arroyo J. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and subtropical agroecosystems* 2011;14:829-845.
6. Bartlewski P, Baby T, Giffin J. Reproductive cycles in sheep. *Animal Reproduction Science* 2011;124:259-268.
7. Castro J y Guerrero A. Ovinocultura para medianos y pequeños productores en la península de Yucatán. México:FIRA, 2010.
8. Córdova A, Córdova M, Guerra J. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras. *Revista veterinaria* 2008;19:67-79.
9. Cuéllar J, Tórtora J, Trejo A, Román P. La producción ovina mexicana, particularidades y complejidades. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.
10. Daniel W W. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4ª edición. México. Limusa Wiley. 2002.
11. Davidson A, Stabenfeldt G. Ciclos reproductores. En: Cunningham J y Klein B, editores. *Fisiología Veterinaria*. 4ta ed. España: Elsevier, 2009: 483-491.

12. De Lucas J y Arbiza SI. Razas de ovinos. México: Editores Mexicanos Unidos, 1996.
13. Esperòn AE y Ruiz JG. Ciclo estral en ovinos. En: Soto R y Medrano J, editores. Reproducción de ovejas y cabras. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008:85-95.
14. Evans G y Maxwell W. Inseminación artificial de ovejas y cabras. España: Acribia, 1990.
15. Fleisch A, Werne S, Heckendorn F, Hartnack S, Piechotta M, Bollwein H, Thun R, Janett F. Comparison of 6-day progestagen treatment with Chronogest® CR and Eazi-breed™ CIDR® intravaginal inserts for estrus synchronization in cyclic ewes. *Small Ruminant Research* 2012;107:141-146.
16. Fthenakis GC, Mavrogianni VS, Gallidis E, Papadopoulos E. Interactions between parasitic infections and reproductive efficiency in sheep. *Veterinary Parasitology* 2015;28:56-66.
17. Gutiérrez C, Rngel, L, Lassala A. Pubertad, ciclo estral y estacionalidad. En: Galina C y Valencia J, editores. Reproducción de animales domésticos. 3a ed. México: Limusa, 2014:85-116.
18. Hernández J. Fertilidad en ovejas de pelo, sincronizadas con acetato de medroxiprogesterona y gonadotropina coriónica equina (Tesis de licenciatura). Veracruz (Veracruz) México: Universidad Veracruzana, 2010.
19. Hohenboken W, Vavra M, Phillips R, McArthur JAB. The effects of age at first lambing on production and longevity of Columbia and Targhee Ewes. Estados Unidos de América: AES, 1977.
20. Knights M, Maze TD, Bridges PJ, Lewis PE, Inskip EK. Short-term treatment with a controlled internal drug releasing (CIDR) device and FSH to induce fertile estrus and increase prolificacy in anestrus ewes. *Theriogenology* 2001;55:1181-1191.

21. Knights M, Ramgattie R, Siew N, Singh-Knights D, Bourne G. Effectiveness of a short-term treatment with progesterone injections on synchrony of lambing and fertility in tropical hair sheep. *Animal Reproduction Science* 2011; 126:70-75.
22. Letelier CA, Contreras I, García RA, Ariznavarreta C. Ovarian follicular dynamics and plasma steroid concentration are not significantly different in ewes given intravaginal sponges containing either 20 or 40 mg or fluorogestone acetate. *Theriogenology* 2009;71:676-682.
23. Lozano GJ, Uribe VL, Henry OJ. Control hormonal de la reproducción en hembras ovinas (*Ovis aries*). *Veterinaria y Zootecnia* 2012;6:134-147.
24. Martínez MF, McLeod B, Tattersfield G, Smaill B, Quirke LD, Juengel JL. Successful induction of oestrus, ovulation and pregnancy in adult ewes and ewe lambs out of the breeding season using a GnRH+progesterone oestrus synchronisation protocol. *Animal Reproduction Science* 2015;155:28-35.
25. Morello HH y Chemineau P. Características anatómicas y funcionales del sistema reproductor de la hembra. En: Aisen E, editor. *Reproducción ovina y caprina*. Argentina: Editorial Intermedica, 2004:11-24.
26. Nowak R, Porter RH, Blache D, Dwyer CM. Behaviour and the welfare of the sheep. En: Dweyr C, editor. *The welfare of sheep*. United Kingdom. Springer, 2008:81-105.
27. Ptaszynska M, Molina JJ. *Compendium de reproducción animal*. Uruguay: Intervet, 2007
28. Quirke JF. Regulation of puberty and reproduction in female lambs: a review. *Livestock Production Science* 1981; 8:37-53.
29. Sánchez EJ. Cronobiología de la reproducción en los mamíferos: Aspectos generales. La reproducción estacional. En: Cardinali D, Jorda J, Sánchez E, editores. *Introducción a la cronobiología. Fisiología de los ritmos biológicos*. España: Universidad Cantabria, 1994:73-88.

30. Sánchez JB, Mejía O, Manzur A. Manual de transferencia de embriones en ovinos. México: Asociación Ganadera de Ovinocultores de Chiapas, 2014.
31. SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción ganadera. México [En línea] 2016 [citado 2017 marzo 4]. Disponible en: <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria?idiom=es>
32. Steffan J, Poissonnet P, Thibier M. Control of oestrus in ewe lambs and yearling ewes with medroxyprogesterone acetate and fluorogestone acetate. *Animal Reproduction* 198;35:191-198.
33. Soto R. Control neuroendocrino del eje reproductivo. En: Soto R y Medrano J, editores. Reproducción de ovejas y cabras. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
34. Trejo A, Pérez Y, Dueñas C. Control del estro y la ovulación en ovinos y caprinos. En: Soto R y Medrano J, editores. Reproducción de ovejas y cabras. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008:175-186.
35. Trejo A. Evaluación reproductiva de Ovinos y caprinos. En: Ruiz M, Rivera B, Ruiz A, editores. Reproducción animal: métodos de estudios de sistemas. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1998:129-174.
36. Vizcarra R. Catedra de reproducción y genética en ovinos y caprinos (Tesis de licenciatura). Cuautitlán (Estado de México) México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.2008.
37. Zarco L. Endocrinología de la reproducción. En: Galina C y Valencia J, Editores. Reproducción de animales domésticos. 3a ed. México: Limusa, 2014:59-83.