

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**DETERMINACIÓN DE PROGESTERONA AL MOMENTO DE LA INSEMINACIÓN
DE BORREGAS DE PELO CON ESTRO INDUCIDO AL NORTE DE MÉXICO**

TESIS
**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE: MAESTRA EN
CIENCIAS VETERINARIAS**

PRESENTA
BLANCA MARGARITA LABORIN ESCALANTE

DIRECTOR DE TESIS
DR. VICTOR MANUEL GONZALEZ VIZCARRA

CO-DIRECTOR DE TESIS
DR. JOSÉ CLEMENTE LEYVA CORONA

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA., MÉXICO

ENERO del 2022

Determinación del nivel de progesterona al momento de la inseminación artificial en borregas de pelo con estro inducido al norte de México. Tesis presentada por Blanca Margarita Laborin Escalante como requisito parcial para obtener el Grado de Maestra en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el siguiente comité particular indicado:

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra
Director de Tesis

Dr. José Clemente Leyva Corona
Co-Director de Tesis

Dra. Yissel Sacnicte Valdés García
Asesor

Dra. Olga Maritza Manriquez Núñez
Asesor

AGRADECIMIENTOS

Debo mencionar que en estos 24 meses presentes en Mexicali Baja California en el programa de Maestría en Ciencias Veterinarias fue un reto hacia mi persona tanto físico como mental, enriquecedor de nuevos conocimientos y abrir el panorama hacia nuevas oportunidades y una vida diferente.

Primero que nada, quiero agradecer a Dios por acompañarme, guiarme en este camino y darme la fuerza para seguir adelante.

A UABC y al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias por abrirme sus puertas en a este posgrado y todos los conocimientos brindados. A CONACYT por el apoyo económico brindado estos 24 meses.

A mi tutor Dr. Víctor Manuel Gonzalez Vizcarra que con sus conocimientos y apoyo me llevo hacia el camino de la investigación. A la Dra. Yissel Sacnicte Valdés Garcia que fue el pilar principal en estos 24 meses, por mantenerme siempre cuerda y estar en los peores y mejores momentos GRACIAS INFINITAS.

Al Dr. José Clemente Leyva Corona por acompañarme desde los primeros pasos en la investigación y nunca soltarme.

A mi familia por siempre estar presentes cuando más los necesitaba, no existen palabras para poder agradecer lo que han hecho por mí.

A ms amigos que fueron como mi familia en esta estancia en Baja California, por no dejar que me rindiera y hacer que vea la vida más bonita.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios, sin él no hubiera sido posible concluir este posgrado.

A mis papas, Blanca Escalante Robledo y Mario Laborin Galvez por ser el mejor ejemplo para su hija, por ser un apoyo incondicional y guiarme por el mejor camino; siempre serán mi mayor motivación. A mi hermano Francisco Laborin Escalante por ser el mejor amigo y compañero de vida que puedo tener, te amo eternamente manito

A Fabiola, Chuy, JC, Lucia, Alma, Sandra y Delia por ser los mejores compañeros, amigos y familia que yo escogí en este posgrado cada uno tiene un espacio en mi corazón, no se liberaran de mi tan fácil.

A Sergio Salazar Garcia, por siempre estar presente aun en la distancia.

RESUMEN

El nivel de P_4 en suero sanguíneo puede encontrarse $<2\text{ng/ml}$ al momento de la IA e independiente a dos protocolos para inducir el estro en temporada no reproductiva en borregas de pelo latitud norte Mexicali Baja, California. El objetivo fue determinar el nivel de P_4 al momento de IA en borregas de pelo. Se utilizaron 18 borregas Kathadin x Dorper Blanco, fueron asignadas aleatoriamente a dos tratamientos. 1) eCG200 ($n=7$) implantadas con dispositivo intravaginal con 30 mg de P_4 y retirado 12d + 200UI de gonadotropina coriónica equina (eCG); 2). eCG300 ($n=11$) implantadas con 30g de P_4 13d + 300UI de eCG. Ambos grupos se inseminaron por mini-laparotomía (*IA-Mlp*) 48h posteriores a eCG. Se colectó sangre 0d, 12d, 13d, 14d para eCG200 y 0d, 13d, 14d, 15d para eCG300 para determinar la concentración sérica de P_4 (cP_4). La P_4 fue analizada por ELISA. *TP* fue inferida al momento de los partos, se determinó el número de partos (N_{partos}) en la vida productiva de las hembra. Las mediciones repetidas de cP_4 se analizaron con un modelo mixto que incluyó tratamiento, fecha e interacción, N_{partos} fue efecto aleatorio. Se moldearon estructuras de covarianza mediante el criterio Bayesiano y Akaike. La *TP* fue analizada con ji-cuadrada. El efecto N_{partos} no afectó ($P>0.05$) a las borregas. *TP* fue similar ($P>0.05$) entre grupos (eCG200 = 57.14% vs eCG300 = 45.45%). El efecto fijo de la interacción fue significativa para cP_4 ($P=0.02$). Las hembras de estudio en latitud 32° con estro inducido al momento de *IA-Mlp* presentaron cP_4 de 0.97ng/ml indistintamente de los protocolos de inducción de estro sin afectar la tasa de preñez.

Palabras claves: Progesterona, borrega, eCG.

ABSTRACT

The blood serum progesterone level could reach $<2\text{ng/ml}$ at the time of artificial insemination and is independent of two protocols for inducing estrus in the non-breeding season of sheep located in northern latitude, Mexicali, Baja California. The objective of the study was to determinate the level of progesterone at the time of artificial insemination in hair sheep. Eighteen Kathadin x White-Dorper ewes were randomly assigned to two treatments: 1). eCG200 ($n=7$) implanted with a vaginal device (CIDR[®]) with 30mg of P_4 and removed at 12d + 200UI of equine chorionic gonadotropin (eCG); 2). eCG300 ($n=11$) implanted with 30mg of P_4 at 13d + 300UI of 300UI of eCG. Both groups were inseminated by mini-laparotomy (*IA-Mlp*) 48h after eCG. Blood samples were collected at 0d, 12d, 13d, 14d for eCG200 and at 0d, 13d, 14d, 15d for eCG300 in order to determine the serum level of P_4 (cP_4) by the ELISA test. Pregnancy rate (*PT*) were determined by the calving presence, N_{calv} was determined according to the number of calvings in the productive life of each female. Repeated measurements of P_4 were analyzed in a mixed model that included treatment, date, their interaction and N_{calv} as a random effect. Different covariance structures were modeled using Bayesian and Akaike criteria. *PT* were analyzed with chi-square. The N_{calv} effect did not affect ($P>0.05$) ewes. *PT* was similar ($P>0.05$) for both groups (eCG200 = 57.14% vs eCG300 = 45.45%). The fixed *interaction effect* of the date by treatment was significant for cP_4 ($P=0.02$). At latitude 32° study females with induced estrus at the time of *IA-Mlp* have levels of $<2\text{ng/ml}$ (0.97ng/ml) regardless of the oestrus induction protocols and without affect the pregnancy rate.

Keywords: Progesterone, sheep, eCG.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CONTENIDO.....	v
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPOTESIS.....	3
OBJETIVOS.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
Sistemas de producción de cordero al norte de México.....	7
Fisiología reproductiva de la hembra de pelo	9
<i>Inicio de la pubertad en la hembra ovina de pelo.....</i>	10
<i>Ciclo estral de la borrega.....</i>	12
<i>Fase folicular.....</i>	14
<i>Fase lútea.....</i>	15
Progesterona.....	16
Factores que intervienen en la función reproductiva en el ovino	18
de pelo.....	
<i>Factores raciales en la estacionalidad reproductiva de la</i>	19
<i>hembra ovina.....</i>	
<i>Razas ovinas.....</i>	20
<i>La Nutrición en la reproducción ovina.....</i>	21
<i>Factores sociales.....</i>	24
Manipulación del ciclo estral.....	25
<i>Métodos hormonales.....</i>	25
<i>P₄ en la sincronización.....</i>	25

<i>Gonadotropina coriónica equina (eCG)</i>	27
<i>Prostaglandinas (PG)</i>	28
<i>Métodos naturales</i>	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
Localización del área de estudio.....	30
Origen de la información.....	30
Diseño del experimento y tratamientos.....	31
<i>Obtención del suero sanguíneo</i>	34
<i>Determinación de los niveles hormonales</i>	34
Variables de estudio.....	35
Análisis estadístico.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
CONCLUSIONES.....	44
LITERATURA CITADA.....	45

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1	Niveles de progesterona durante los días del ciclo estral de la hembra ovina de pelo.....	18
2	Comparación de los criterios de información Akaike y Bayesiano de Schwarz para seleccionar la estructura de covarianza.....	37
3	Porcentaje de gestación en borregas de ambos grupos experimentales.....	38
4	Media y error estándar de la progesterona según el tratamiento.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pag.
1	Demostración grafica sobre la dinámica folicular y los pulsos hormonales durante todo el ciclo estral de la borrega.....	13
2	Esquematación de lo tratamientos y diseño experimental...	33
3	Niveles de progesterona de ambos grupos durante el estudio.....	41
4	Dinámica de progesterona a través del tiempo experimental.	42

INTRODUCCIÓN

La ganadería ovina a nivel nacional e internacional, brinda una variedad de productos como carne, leche, quesos y lana, dejando ganancias para el comercio interno. Para dar una mejora a productos derivados del ovino, se han realizado diferentes estudios enfocados en el mejoramiento genético y reproductivo, generando mejoras para satisfacer las necesidades y demandas de la población.

El manejo reproductivo del ovino ha evolucionado en los últimos años por la inclusión de tecnologías como la inducción, la sincronización del ciclo estral y la reproducción asistida.

Para alcanzar una alta productividad del rebaño se requiere que la borrega tenga al menos tres partos en dos años (Duran, 2008). Para ello, se han desarrollado una gran variedad de estudios y protocolos para la sincronización de estros con aplicación de hormonas (esteroideas y no esteroideas) para lograr una inseminación artificial a tiempo fijo mediante recientes técnicas de inseminación como la vía por mini-laparotomía (González et al., 2008), ya que a manera convencional como se realiza con los bovinos en los pequeños rumiantes la tasa de preñez vía tras-vaginal oscilan por debajo de 20% (De Nava et al., 2003).

Para la obtención de una exitosa IA por laparoscopia es necesario la utilización de protocolos de sincronización, que se basen en el uso de Progesterona (P_4) y Gonadotropina coriónica equina (eCG) para inducir celos fértiles (Martínez et al., 2006). La sincronización de estros en borregas se utiliza P_4 sintética en dispositivos intravaginales de liberación controlada, junto con una aplicación de eCG al momento del retiro de estos dispositivos, con la finalidad de provocar que la respuesta de estros sea más estrecha e incrementar la respuesta folicular (Aké-López et al., 2014). Cabe destacar que al utilizar cualquier protocolo ya sea para sincronizar o inducir el estro, provoca que la hembra entre en un ciclo estral artificial para poder llegar a una ovulación.

Para tener una ovulación, la progesterona se debe de encontrar por niveles por debajo de los 2 ng/ml, ya que esta hormona inhibe la liberación de hormonas preovulatorias como la hormona liberadora de gonadotropinas, evitando tener un estro (Uribe-Velásquez et al., 2011; Hafez y Hafez, 2002).

El presente estudio revela los niveles de la hormona progesterona en suero sanguíneo durante el proceso de, sincronización con un dispositivo intravaginal (CIDR[®]), al retiro del dispositivo, al momento de la aplicación de eCG y al momento de la inseminación artificial mini-laparotomía (IA-MIp) en ovinos de pelo en Mexicali Baja California, para lograr evidenciar si los niveles de la hormona progesterona a las 48 h después del retiro del CIDR[®] desciende a niveles <2 ng/ml para demostrar si la hormona progesterona demuestra una significancia al existir una preñez.

HIPÓTESIS

El nivel de progesterona sérica se encontrará <2 ng/ml al momento de la inseminación artificial independientemente de dos protocolos para inducir el estro en temporada no reproductiva de borregas de pelo ubicadas en latitud norte, Mexicali Baja California.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de progesterona en suero sanguíneo al momento de la inseminación artificial en borregas de pelo en temporada no reproductiva con dos protocolos para inducir el estro en latitud norte de Mexicali, Baja California.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el nivel de progesterona en diferentes momentos durante la sincronización del estro y ovulación, previo a la *IA-M/p* en hembras ovinas.

- Medir la concentración de progesterona al momento del inicio de la sincronización del estro en ambos tratamientos
- Medir la concentración de progesterona al momento del retiro del dispositivo intravaginal suplementario de progesterona y 24 h posteriores en ambos tratamientos.
- Medir la concentración de progesterona al momento de la IA en ambos tratamientos
- Medir el porcentaje de gestación mediante la técnica de inseminación intrauterina por vía mini-laparotomía.

JUSTIFICACIÓN

Las tecnologías reproductivas han ayudado a ovino-cultores a incrementar parámetros productivos con la mejora genética de sus rebaños. En ovinos ha sido difícil inseminar transcervical debido a que la estructura anatómica del cérvix presenta anillos no alineados (Senger, 2003). Cuando se hace la IA de esta manera las tasas de preñez oscilan entre 10-20% (De Nava et al., 2003), por lo cual, para obtener una mejor genética, buenos porcentajes en tasa de gestación, fertilidad y prolificidad se han desarrollado técnicas como la IA por laparoscopia.

Para la IA con la técnica antes mencionada se suelen utilizar protocolos a base de dispositivos intra-vaginales de liberación controlada con progesterona junto con estimuladores de GnRH o FSH al retiro del dispositivo (Martínez et al., 2006; Lozano-González et al., 2012).

Con base a lo antes mencionado, Avendaño et al (2007) menciona que la hembra ovina muestra un ciclo estral artificial eficiente con un porcentaje de estro en 96.7% y hasta 100% (Uribe-Velásquez et al., 2008). Realizar la IA por laparoscopia al día 15-17 del ciclo cuando los niveles de progesterona se encuentren por debajo de los 2 ng/ml (Porrás, 1999; Cerna et al., 2000; Arroyo et al., 2007).

Cuando esto no sucede, será imposible el estro, gestación y por consiguiente se reflejará en una baja cosecha de cordero dentro del rebaño. Al observar que las hembras de un hato productivo se encuentran consecutivamente anéstricas o sin

lograr una gestación por monta natural, el objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de progesterona al momento de la inseminación artificial en ovinos de pelo del genotipo Kathadin x Dorper blanco con estro inducido en latitud Norte.

REVISIÓN DE LITERATURA

Sistemas de producción de ovinos al Norte de México.

De la especie animal doméstica *Ovis aries*, se derivan tres productos principales que son: carne, leche y lana (SAGARPA, 2016). La producción de carne ovina a nivel nacional reporto un aumento del 1.1% en el 2020 comparado con 2019 (COMECARNE, 2010). Sin embargo, no logra cubrir el mercado nacional por lo cual se recurre a la importación para llegar a satisfacer la demanda del producto (Bobadilla y Pera, 2016).

En el 2014 la producción nacional ovina contaba con 58,288 ton para el 2020 se documentaron 64,758 ton concentrándose principalmente en 10 estados de la república. El primer lugar lo obtuvo el Estado de México con un 14.2% de la producción, seguido Hidalgo con el 10.4% y en tercer lugar a Veracruz con 8.7% de la producción nacional (COMECARNE, 2010).

En los estados del norte de México como Chihuahua, Sinaloa, Nuevo León, Sonora, Baja California Norte y Sur en su total contaban con 704,469 cabezas de ovino en comparación con la Ciudad de México con 1,379,974 cabezas en la entidad seguido de hidalgo con 1,131,718; lo que demuestra que en México los mayores productores se concentran en el centro del país (SIAP, 2019).

La ovinocultura resalta como una actividad secundaria del sistema agrícola que se encuentra asociada principalmente con el cultivo, considerando como una actividad que va de la mano de la obra familiar (Bobadilla y Pera, 2016). Por ello, esta producción puede ser una fuente alternativa de ingresos para los habitantes del sector rural (Martínez-Partida, 2011). Sin embargo, los ovinos han sido considerados nichos de oportunidad de mercado en México dado que la demanda de carne supera la oferta actual (Menocal–Solórzano et al., 2006).

El desempeño productivo de la ovinocultura en Baja California no ha sido evaluado ampliamente. Sin embargo, 54 ovinocultores recibieron apoyo del programa de Desarrollo Rural en el periodo de 2000-2004. A estos productores se les entrevistó sobre aspectos zootécnicos en reproducción, alimentación, sanidad, manejo, aspectos socioeconómicos y ubicación del hato productivo. De este último el resultado fue que el ganado se concentró en el municipio de Mexicali, el 57.3% de los productores se retiraron del proyecto debido a los bajos precios que el mercado contaba (Martínez-Partida, 2011).

Lo demostrado con anterioridad se debió a la falta de asistencia técnica que fomente la adopción de buenas prácticas zootécnicas, estrategias económicas para la inserción del producto al mercado y el manejo de los diferentes sistemas de producción dependiendo del área en que se encuentre al hato.

Es necesario la obtención de un buen sistema de producción según el área geográfica que se encuentre y la intensificación productiva que se necesite. Los sistemas de producción se clasifican en extensivo, intensivo y semi intensivo (Nuncio et al., 2001)

El sistema intensivo se caracteriza por un confinamiento total de los animales, los cuales van a depender totalmente del productor, ya que ellos proporcionan el suministro de alimento y agua a los animales presentes en cada corral (Pérez et al., 2011). Una de las ventajas de este tipo de sistema, es el tipo de reproducción que se lleva a cabo, ya que tienen un mejor manejo de gestaciones y control de partos.

La importancia del estudio del ganado ovino hacia los productores es de gran importancia, ya que estos animales presentan un ciclo reproductivo estacional, es decir dependen de las horas luz para poder entrar en celo(estro) y así lograr obtener gestaciones, una buena fertilidad y por consiguiente llegar a conseguir la existencia de pie de cría.

Fisiología reproductiva de la hembra ovina

Las hembras ovinas presentan su ciclo estral en los días cortos, cuando predominan las horas de oscuridad, es decir son poliéstricas estacionales (Hafez y Hafez 2002). Esto se deriva del fotoperiodo que al mismo tiempo es regulado endógenamente por una hormona llamada melatonina secretada por la glándula

pineal que da una respuesta hacia el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal (Chávez, 2015). El hipotálamo secreta la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) que dará el estímulo a la hipófisis para liberar la hormona folículo-estimulante (FSH) y la hormona leutinizante (LH) y así las hembras ovinas empezaran a ciclar.

El ciclo estral se divide en fase folicular y fase luteal, en estas dos fases entran en juego diferentes hormonas que serán explicadas más adelante. Sin embargo, en la fase folicular cuando el cuerpo lúteo empieza a producir y secretar a la P₄ la cual inhibirá la secreción de LH y así empezar con la fase luteal (Zarco et al., 2018)

Inicio de la pubertad en la hembra ovina de pelo

La pubertad constituye al proceso gradual donde aparece la etapa del desarrollo somático que permite dar el inicio a la actividad reproductiva empezando por el incremento marcado de la hormona LH, desarrollo de genitales y los caracteres sexuales (Pérez, 2013).

En los ovinos de ambos sexos las señales metabólicas proporcionan información hacia los centros neuronales demostrando que se ha producido un crecimiento suficiente para comenzar la reproducción. Sin embargo, en la hembra, siendo inherentemente fotoperiódica, no puede expresar su madurez sexual hasta que el día sea apropiado. Una vez que ha experimentado los días largos de verano seguidos de los cortos días de otoño, la sensibilidad

neuroendocrina a la retroalimentación negativa de los esteroides disminuye, y los pulsos de GnRH de alta frecuencia se expresan para iniciar los ciclos ováricos (Foster, 2015).

Las hembras ovinas presentan su estro aproximadamente entre los seis y nueve meses de edad. Las corderas nacidas en primavera tienen modos tónicos y en oleada de secreción de LH y pueden alcanzar la pubertad a las 20 semanas de edad, pero la estación les demora otoño, cuando tienen 30 a 25 semanas (Hafez y Hafez, 2002).

Esto es bastante habitual en sistemas intensivos de producción, donde la cordera llega con un excelente desarrollo y condición corporal, que hacen posible su pubertad a los 240 días de edad (Buratovich, 2010). En las corderas de pelo nacidas en primavera que reciben una buena suplementación pueden empezar a ciclar a los 180 días con un peso alrededor de 21 kg, pero no es hasta que tienen un desarrollo óptimo anatómico y somático para lograr su primera gestación (Roldán-Roldán et al., 2015).

En el ovino de pelo, el peso al nacimiento y la tasa de crecimiento es muy baja respecto a otras razas ovinas. Por consecuencia, existe un retraso en el desarrollo genital y por tanto en la edad a la pubertad, siendo los factores indirectos climáticos o nutricionales, los que principalmente afectan su precocidad (Delgado, 2016).

Zavala et al. (2008) realizaron un estudio con cinco razas de pelo utilizando Pelibuey, Blackbelly, Dorper, Kathadin y Santa cruz, donde el objetivo fue evaluar el efecto del genotipo de las ovejas de pelo sobre la edad y peso corporal al primer celo y primer cuerpo lúteo evaluar el inicio de la pubertad. La investigación concluyo que el genotipo y el tipo de nacimiento influyeron en la edad y el peso a la pubertad, siendo las ovejas locales Pelibuey y Blackbelly más precoces que Dorper y Katahdin, las corderas de nacimiento simple, de mayor edad y peso a la pubertad que las múltiples.

Ciclo estral de la borrega

El ciclo estral del ovino tiene una duración de entre 16 y 18 días siendo más corto en corderas con una duración de 16.8 días que en ovejas adultas con 17.2 días, ya que los picos de LH en las hembras jóvenes llegan a ser más cortos pero con más intensidad que en las hembras adultas (Uribe-Velásquez et al., 2009).

Se han definido dos fases del ciclo estral en la borrega, que se dividen en a la fase lútea que da inicio desde el segundo día del ciclo hasta el día 13; la fase folicular que comprende desde el día 14 hasta el día primero del ciclo, entendiéndose como día cero al día en el que se presentó el estro (Figura 1). La progesterona desciende y se presenta el primer pico de LH (Uribe-Velásquez et al., 2009; Liu et al., 2007; Hafez y Hafez 2002).

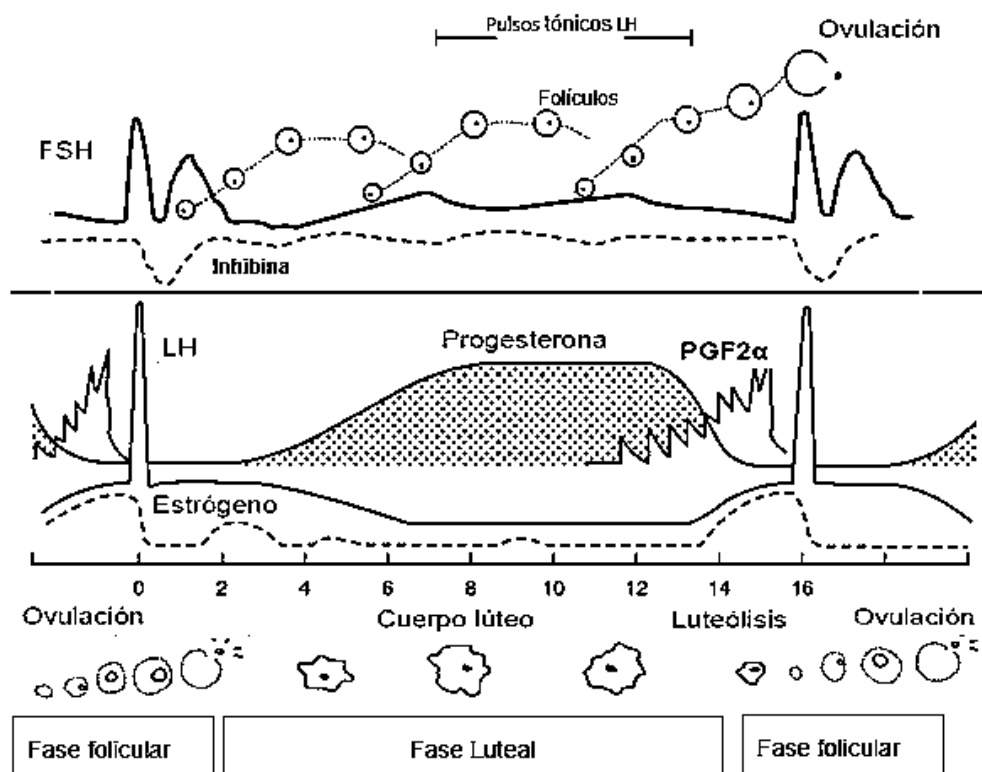


Figura.1. Demostración grafica sobre la dinámica folicular y los pulsos hormonales durante todo el ciclo estral de la borrega

Tomado de Alvarado,2016.

Fase folicular: El crecimiento folicular se encuentra bajo el control de las gonadotropinas liberadas en la hipófisis, FSH y LH. La FSH estimula el crecimiento temprano de los folículos y la LH es necesaria para completar las últimas fases de crecimiento. Además, estas hormonas permiten que el folículo secreta hormonas sexuales femeninas como los estrógenos que se liberan al torrente sanguíneo. Dentro de la fase folicular se incluye a las fases del proestro y estro (Hafez y Hafez, 2002).

Proestro: Al haber un descenso en los niveles de P_4 por debajo de 1 ng /ml da lugar a la lisis del cuerpo lúteo (CL) (Aisen, 2004; Uribe-Velásquez et al., 2008). La regresión de CL es inducido por la secreción de oxitocina, provocada por el endometrio y las descargas de prostaglandinas produciendo una reducción en el flujo sanguíneo al hacia el CL y uniéndose a receptores para reducir la síntesis de P_4 inhibiendo el transporte celular (Aisen, 2004; Gibbson y Cueto, 2013).

Una vez completada la lutéolisis empieza la secreción de GnRH en el hipotálamo, para su síntesis es necesario que los niveles de estradiol (E_2) circulante se encuentran en niveles basales (11.2 pg/ml) así será incapaz de inhibir la secreción de GnRH y así se dará la secreción de LH y FSH en la hipófisis por el estímulo de la GnRH (Galina y Valencia, 2008; Hafez y Hafez, 2002). Estas dos hormonas llevarán a cabo la maduración de los folículos ováricos y para la presentación de estro se vuelven aumentar los niveles de estradiol circulante (Abecia y Forcada, 2010; Aisen, 2004).

Estro: Esta etapa del ciclo estral se da cuando los niveles de estrógenos circulantes (21.08 pg/ml) se ven incrementados (Padilla et al., 1988) y se explica como el momento en que la hembra se encuentra receptiva al macho y con duración de 24-32 horas (Abecia y Forcada, 2010; Uribe-Velásquez et al., 2009).

La ovulación se da gracias a la elevación de los niveles de estrógenos produciendo un pico exagerado de LH que dura entre 2-6 h posteriores al inicio del celo y a su vez concluye a las 32 horas después del inicio del estro. Esta etapa concluye cuando folículo maduro o dominante sintetiza a la inhibina la cual inhibe la liberación de FSH y así cesar el crecimiento folicular adicional (Aisen, 2004).

Fase lútea: La fase lútea comprende el metaestro y el diestro. El metaestro da inicio en el momento que el folículo de Graff se convierte en cuerpo hemorrágico por consecuencia de la secreción preovulatoria de LH y las células de la granulosa se transforman en luteícas para secretar P₄ (Aisen, 2004).

En el diestro descrito como el descanso del aparato genital, se favorece la preparación del útero para recibir el óvulo por parte de la progesterona. Los niveles plasmáticos de esta hormona se ven aumentados progresivamente ejerciendo una retroalimentación negativa hacia hipotálamo limitando la liberación de GnRH y por consecuente a LH (Abecia y Forcada, 2010).

Progesterona (P₄)

La progesterona es una hormona esteroide de 21 átomos de carbono con numerosas funciones biológicas, principalmente ligadas a eventos reproductivos (Barrera et al., 2007). Actúa sinérgicamente con el estrógeno para promover el comportamiento estral y prepara el aparato reproductivo para la implantación del óvulo.

La P₄ es producida por el ovario bajo la influencia de las hormonas hipotálamo-hipofisarias (FSH y LH) principalmente por el cuerpo amarillo (Uribe-Velásquez et al., 2011). También es llamada la hormona encargada de la gestación ya que inhibe la liberación de las hormonas preovulatorias, evitando el crecimiento folicular y por lo tanto la ovulación (Hafez y Hafez, 2002). Debido a lo anterior, a altas concentraciones de esta hormona se impide tener un embarazo exitoso (Uribe-Velásquez et al., 2011).

Esta hormona es la encargada de inhibir la respuesta inmune contra los tejidos embrionarios y fetales, tratando de no comprometer la respuesta inmune contra agentes infecciosos. En forma simplificada, la progesterona afectaría la diferenciación de las células T, favoreciendo la producción de citoquinas para las células Th-2 e inhibiendo las citoquinas para las células Th-1 y de esta manera permitiría la implantación (Bartolomé, 2009).

Su síntesis comienza con la conversión del colesterol a pregnenolona (Orizaba-Chávez et al., 2013), que ingresa a las células luteales como

lipoproteínas de bajo (LDL) y alto (HDL) peso molecular. Las LDL ingresan a las células donde se degradan dejando colesterol libre. El colesterol se combina con ácidos grasos y se almacena como ésteres. Las hormonas luteotróficas se ligan a sus receptores en las células luteales, activan el sistema de segundo mensajero que activa la proteína kinasa que liberan el colesterol. Una vez libre, el colesterol es transformado en pregnenolona y esta, por acción de la 3β -hidroxiesteroide deshidrogenasa, transformada en progesterona. La progesterona sale por difusión de las células luteales y la capacidad de almacenamiento de esta es mínima. Los niveles pulsátiles en un principio y basales posteriormente de LH mantienen la actividad del cuerpo lúteo (Bartolomé, 2009). Los niveles altos de progesterona y estrógenos placentarios inhiben las gonadotropinas hipofisarias y por lo tanto evitan la ovulación. (Orizaba-Chávez et al., 2013).

La vida media de la progesterona natural es de alrededor de 5 minutos que se metaboliza principalmente en el hígado hasta originar metabolitos hidroxilados y sus conjuntos sulfato y glucoronido que serán eliminados un 80% en orina y el resto en heces (Orizaba-Chávez et al., 2013). Esta hormona es secretada por el cuerpo amarillo ovárico, la placenta, corteza suprarrenal y los testículos en poca cantidad. En la reproducción después de la fase estrogénica empieza la secreción de P_4 suspendiendo la secreción de FSH y LH (Sumano y Ocampo, 2006).

Una vez que la concentración de P_4 disminuye en el día 0 da inicio al ciclo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Niveles de progesterona durante los días del ciclo estral de la hembra ovina de pelo

	Intervalo de días del ciclo estral en la ovina de pelo			
	0-2d	3-5d	5-12d	13-16d
Concentración de P ₄	0 a 0.5	2 a 4	5 a 7	1 a 3

Modificado de Uribe-Velásquez et al. (2008, 2010,2011)

Sumano y Ocampo (2006) mencionan que la progesterona prepara el útero para la gestación bloqueando la capacidad contráctil del miometrio, restringiendo el efecto inductor de receptores α -adrenérgicos de estrógenos, cuya estimulación causa contracciones, también promueve la proliferación de las células del endometrio para soportar la implantación del embrión y el desarrollo a término del feto (Franco y Uribe-Velásquez, 2012).

Factores que intervienen en la función reproductiva en el ovino de pelo

Se han identificado algunos factores que reducen la eficiencia reproductiva en los ovinos de pelo. Buratovich (2010) menciona que el estrés, estación del año, condiciones climáticas, edad, raza, sanidad entre otros, son solo algunos de los factores.

La eficiencia reproductiva se mide según el número de corderos destetados por año, siendo este el parámetro más importante. Tener un elevado porcentaje de destete da a entender que se tiene un adecuado número de corderas con un muy buen manejo productivo (Buratovich, 2010).

Factores raciales en la estacionalidad reproductiva de la hembra ovina.

Una de las particularidades destacadas de la reproducción en el ganado ovino es su estacionalidad, herencia de las características de las poblaciones naturales de las que deriva la necesidad de tener los partos en primavera, momento donde hay mayores recursos y por tanto más favorable para la supervivencia de madres y de crías (Focada et al., 2009).

En las zonas áridas de México con una latitud 32°, la concentración de progesterona en ovinos de pelo se afecta por la interacción de estación del año por día del ciclo estral cuando la concentración es mayor en otoño que en invierno y primavera, reduciéndose así la actividad del cuerpo lúteo en las últimas dos estaciones del año (Macías-Cruz et al., 2015).

En algunas especies animales, los procesos fisiológicos están ligados a un periodo durante el año en el que se asocia a la disposición de energía en tejido adiposo para eventos como hibernación; dinámica en el crecimiento o muda de la fibra (pelaje o lana) para protección ambiental y el nacimiento de individuos en épocas favorables para asegurar la alimentación de la madre y supervivencia de la cría. En este último caso, la estacionalidad reproductiva de la especie ovina es uno de los factores que limita la producción de cordero a durante el año (Arroyo, 2011).

Razas ovinas.

El origen de la raza determina el comportamiento reproductivo estacional; por lo tanto, las razas originarias de latitudes altas arriba del 35° presentan una marcada estacionalidad reproductiva (Arroyo, 2011).

Existe una clasificación llamada Scott, la cual describe, dependiendo de la raza ovina su duración reproductiva, es decir si presentan o no anestro estacional. Las razas con estación reproductiva larga es decir que no presentan anestro estacional son: Ramboulliet, Merino, Dorset y razas exóticas que se han desarrollado en regiones ecuatoriales. Las razas como, Southdown, Cheviot, Shropshire y aquellas que son originalmente lanares, suelen presentar anestro estacionalidad o una actividad reproductiva restringida. Por último, se encuentran las razas con estacionalidad reproductiva intermedia que se involucran todas aquellas que son de lana fina o Dorset, Hampshire, Suffolk, Corriedale (Porrás et al., 2003).

La introducción de ovinos de pelo en el país y el establecimiento de sistemas tecnificados de crianza con razas puras en diferentes regiones de México generó variaciones importantes en la genética del ovino nacional (De Lucas-Tron, 2000), provocando diferencias en su ciclo anual reproductivo.

La nutrición en la reproducción ovina

La complejidad de la función reproductiva nos ha llevado a analizar la respuesta reproductiva en distintas situaciones alimenticias. Habitualmente se asume que la fertilidad en ganado ovino es en términos generales muy elevada y que las condiciones nutritivas, salvo en condiciones muy extremas, afectan poco al parámetro reproductivo (Mantecón et al., 2006).

Los estudios de la relación entre nutrición y reproducción en ovinos ha llevado a los científicos tener diferentes resultados, dado por la diferenciación entre razas y sistemas de producción de cada establecimiento, siendo así difícilmente de ser estudiado (Focada et al., 1993).

La nutrición puede ser medida en términos de energía, proteína o componentes específicos como: glucosa, vitaminas, minerales etc. Sin embargo, lo verdaderamente importante en la práctica ovina en el estado nutricional es el peso vivo y la condición corporal de manera en que juntos expresan fundamentalmente la acumulación o pérdida de grasa (Focada et al., 1993).

La energía es el factor limitante en la alimentación de los rumiantes, una escasez de esta se traducirá en una disminución de la producción, falla reproductiva y aumento de la mortalidad en el hato y a su vez una susceptibilidad mayor a enfermedades infectocontagiosas y parasitosis (Abecia et al., 2003).

Cuando el requerimiento nutricional de los animales es más que la ingesta de ellos, se comienzan a utilizar las reservas de energía como el glucógeno, triglicéridos y proteínas para lograr cubrir el déficit a esto se le llama “balance energético negativo” Por otro lado, cuando el requerimiento de nutrientes es menor que la ingesta el animal comienza a almacenar el exceso de triglicéridos y glucógeno y / o dispersar el exceso de ellos como calor metabólico, a esto se le conoce como estado positivo de balance energético. Estos estados nutricionales están regulados por una serie de interacciones complejas entre las concentraciones sanguíneas de hormonas y metabólicas diversas (Scaramuzzi et al., 2008)

Los efectos en la reproducción cuando una hembra ovina se encuentra en un balance energético negativo son: Inhibición de la secreción de la GnRH, por ende, una ausencia de los pulsos de LH y las concentraciones de FSH se ven afectadas notablemente y el estradiol se encuentra totalmente en forma basal haciendo que la hembra sea incapaz de ovular. Por parte del metabolismo se observa que el animal comienza a perder peso y los depósitos de grasa se agotan, así como la pérdida muscular junto con una hipoinsulinemia junto con una urea elevada y una deficiencia en la hormona leptina (Blache et al., 2000; Gong et al., 2002; Scaramuzzi et al., 2008).

Por otro lado, cuando el animal se encuentra en un balance energético positivo metabólicamente se observa un aumento de peso con aumento de reservas de grasa, a diferencia del efecto negativo aquí se encuentra con una

hiperinsulinemia con una urea normal, pero con leptina elevada. Por parte de la reproducción a diferencia del anterior estado, las concentraciones hormonales se pueden llegar a encontrar normales, pero las concentraciones esteroidales se encuentran afectadas por parte del metabolismo hepático llegando a provocar una retroalimentación negativa entre el ovario y el sistema hipotálamo- hipófisis. Sin embargo, se puede llegar a tener una pubertad avanzada y un repositorio alto de grasa en tracto reproductor, impidiendo lograr una gestación (Blache et al., 2000; Gong et al., 2002; Scaramuzzi et al., 2008).

Para lograr una gestación en el ganado ovino es importante tener un balance metabólico y energético, los nutrientes determinan el 50% del comportamiento reproductivo animal. Los cambios en la reserva corporal y en el nivel del consumo de alimento se relacionan con alteraciones en la secreción de gonadotropinas, dinámica folicular, tasa ovulatoria y desarrollo embrionario. Por otro lado, la desnutrición en la hembra ovina provoca una reducción en la sensibilidad del endometrio a la progesterona en las primeras etapas del embarazo, afectado a la supervivencia del embrión llegando a dar altas mortalidades embrionarias e incluso reabsorción embrionaria (Lozano et al., 1997).

La acción de LH y particularmente de la FSH, se reconoce que pueden ser moduladas por otras hormonas y factores de crecimiento como la insulina, la hormona del crecimiento (GH) e IGF-1, las cuales, tienen un papel sumamente importante en el metabolismo energético intermediario. Se ha observado en

ovinos que la glucosa como los esqueletos carbonados de aminoácidos o insulina e IGF-1 pueden modular la tasa de ovulación por efectos directos en el ovario sobre el desarrollo folicular (Galvis et al., 2002).

Factores sociales

Las influencias sociales tales como las táctiles, visuales y olfatorias tienen efectos potentes sobre la función reproductiva tanto para la hembra como el macho (Calderón y Latorre, 2012). Con presencia del carnero activo, las hembras perciben olfativamente las feromonas secretadas por las glándulas sebáceas de la cabeza y cuello de los machos, que producen un estímulo en el hipotálamo activando la secreción de GnRH ayudando al incremento de la frecuencia de los pulsos de LH para generar la ovulación (Álvarez y Zarco, 2001; Delgadillo et al., 2008). El efecto social produce una combinación de estímulos donde no es una condición necesaria que el macho y la hembra tengan un contacto directo (Lucas-Tron et al., 2008).

Hernández-Marín et al. (2016) realizaron un estudio con 46 ovejas de pelo en el cual el objetivo fue evaluar el efecto macho en animales anéstricos y pre púberes, comparando las ovejas experimentales y testigo, las cuales las hembras que recibieron el efecto macho presentaron mayor tasa de ovulación y cuerpos lúteos que las que no presentaron el efecto macho. Esto afirma lo mencionado por Bartlewski et al. (2002) y Abecia et al. (2012) que cuando la ovulación se induce con la presencia del carnero también se estimula el inicio de la función lútea estimulando la producción de GnRH y secreción de LH.

Manipulación del ciclo estral

El manejo reproductivo de las ovejas se puede mejorar con tratamientos hormonales ajustando los estros a tiempos específicos (Arroyo-Ledezma et al., 2013), permitiendo utilizar las biotecnologías reproductivas específicas en esta especie, asociada a esquemas de inseminación artificial, es una herramienta útil para mejorar la eficiencia reproductiva en pequeños rumiantes y la mejora genética (Silva et al., 2010).

La técnica de sincronización de estros en pequeños rumiantes se establece mediante esponjas intravaginales impregnadas con progestágenos que son acetato de flurogestona y acetato de medroxiprogesterona junto con prostaglandina F₂ alfa (PGF_{2a}) y gonadotropina coriónica equina (eCG) (Silva et al., 2010).

Métodos hormonales

La sincronización de estros mediante medicamentos inyectables o dispositivos intravaginales permite concentrar los trabajos de inseminación artificial en pocos días y al mismo tiempo para todo el rebaño (Prieto et al., 2011).

P₄ en la sincronización: Se reconoce que la P₄ provee un medio uterino adecuado para el crecimiento y desarrollo embrionario. Por lo tanto, es posible suponer que al aplicar fuentes exógenas de P₄ previo a la implantación del embrión, podría modificar el ambiente uterino y así lograr un efecto más favorable para el desarrollo y la viabilidad del embrión (Spencer, 2013).

Además, se reportó que en los ovinos se produce un incremento de las proteínas en el fluido uterino relacionadas con la adhesión, el crecimiento y la diferenciación celular embrionaria como son las catepsinas, la osteopontina y la galectina (Satterfield et al., 2006).

Los métodos de sincronización del estro y de la ovulación que utilizan P₄ o sus análogos (progestágenos), se basan en sus efectos sobre la fase lútea del ciclo, simulando la acción de la progesterona natural producida en el CL después de la ovulación, que es responsable de controlar la secreción de LH desde la glándula pituitaria (Mejía y María, 2010).

Arroyo- Ledezma et al. (2013) demostraron que ovejas sincronizadas con 300 mg de progesterona impregnada en un dispositivo intra-vaginal durante 11 días, la concentración de esta hormona fue mayor y constante al igual que Abecia et al. (2012) demostrando que la implementación de protocolos cortos para ovejas de pelo con P₄ son efectivos, ya que controla la vida del CL y las concentraciones circulantes de esta hormona permitiendo la regulación del ciclo estral y de la ovulación.

Satterfield et al. (2006) realizaron un estudio con hembras ovinas de pelo a las cuales administro 25 mg de P₄ a partir de 36 h posteriores al apareamiento con el macho. Se demostró que el tratamiento utilizando progesterona en el período previo a la implantación embrionaria provoca un mayor crecimiento del blastocito.

El uso de dispositivos intravaginales es una práctica habitual en los pequeños rumiantes, y los tratamientos se emplean por periodos que van de 12 a 14 días. El inconveniente de usar los tratamientos de 12 a 14 días es que los niveles de la progesterona o del progestágeno exógeno disminuyen a menos de dos nano gramos por mililitro después del sexto día, lo cual se considera un nivel sub lúteo, que favorece la formación de folículos dominantes que persisten varios días antes de ovular, hecho que se ha relacionado con una baja fertilidad por el envejecimiento del ovocito (Balcázar et al., 2018).

Gonadotropina coriónica equina (eCG): Esta hormona es aislada del suero sanguíneo de yeguas preñadas y aparece en la sangre alrededor de los 36 a 40 días de preñez. La eCG es una hormona de alto peso molecular la cual no es posible detectar en la orina, ya que no tiene la posibilidad de atravesar los glomérulos renales (Cabodevila, 2000).

Esta hormona se administra mediante una inyección al momento del retiro de los dispositivos liberadores de progestágenos (Abecia et al., 2011). Debido a que posee una actividad similar a la FSH y LH y tiene una vida media prolongada que favorece su uso en una sola dosis (Allen, 2005; Sintex, 2005).

Kermani et al. (2012) realizaron un estudio utilizando ovejas de pelo a las cuales se les aplicó diferentes tratamientos de eCG para comprobar el desarrollo folicular, la ovulación y la tasa de preñez según la dosis administrada. Se demostró que a las hembras que se les administró 750 y 850 UI de eCG

mostraron mayores números de folículos por ovarios. Aquellas hembras que se les inyectó 550 y 650 IU tuvieron mayor tasa de preñez. Concluyendo que las hembras administradas con 550 y 650 UI es la dosis más efectiva

Sin embargo, aplicar dosis por arriba de los 750UI de esta hormona provoca un aumento de la tasa de ovulación ocasionando partos múltiples con crías débiles (Abecia et al.,2012 y Durán, 2008).

Prostaglandinas (PG): La prostaglandina en su forma natural es secretada por el endometrio y la función principal es inducir la regresión del cuerpo lúteo (CL) (Hafez y Hafez, 2002). Esto sucede entre 15 y 20 horas posteriores a su aplicación (Mejía y María, 2010).

En su forma sintética se pueden encontrar como cloprostenol, donoprostol y prostianol que se aplican en la mitad o al final de la fase lútea del ciclo estral provoca que la fase lútea se acorte disminuyendo el riego sanguíneo hacia el CL permitiendo así su lisis (Hafez y Hafez 2002; Mejía y María, 2010; Vilariño et al., 2010).

El protocolo se basa en aplicar dos dosis vía intramuscular (IM) 10 mg de PG con un intervalo de 7 a 12 ± 3 días del ciclo estral (Uribe-Velásquez et al., 2008; Prieto et al, 2011; Arroyo-Ledezma et al., 2015).

Arroyo-Ledezma et al. (2015) evaluaron dos tipos de tratamientos con PG a ovinos de pelo, el primer tratamiento fueron dos inyecciones de 500 μg c/u vía IM con intervalos de 8 días y para el segundo se aplicaron cuatro inyecciones IM con la misma dosis, dos en el día cero, cada 8 h y dos en día 8 con el mismo intervalo de horas. La medición de P_4 en este estudio resultó que las ovejas al día 0 se encontraban en fase lútea con valores mayores a 2 ng/ml, 24 horas post aplicación de PG la medición de progesterona disminuyó al menos 1 ng/ml lo que asocia a la lisis del cuerpo lúteo.

Métodos naturales

En la producción ovina existen herramientas que permiten obtener una marcada mejora en la explotación. El llamado “efecto macho” dado al estímulo que ejerce el macho sobre la hembra ovina al momento en el que ellas se encuentran en anestro o próximas a entrar a la época de apareamiento. Este método consiste en aislar a las hembras de los machos 30-40 días y introducir bruscamente al macho (Cushwa et al., 1992).

Tron et al. (2008) determinaron la presencia del macho y su importancia en el manejo reproductivo en el hato. En el cual se dividió en época reproductiva (noviembre) y no reproductiva (marzo y julio) demostrando que fue significativo sobre los empadres de la temporada no reproductiva. Se midieron los niveles de P_4 las hembras de marzo y julio demostrando que el 58.3% no mostraban ciclicidad antes del empadre y al momento de la inducción todas las hembras se

encontraron ciclando, demostrando que el efecto macho sincroniza un alto porcentaje de hembras.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es de tipo experimental prospectivo longitudinal y se llevó a cabo en los meses de marzo-noviembre del año 2020. Todos los procedimientos se realizaron con base a la NOM-051-ZOO, NOM-062 y NOM-042-ZOO.

Localización del área de estudio.

El estudio se realizó en el módulo de producción Ovina y Caprina del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, Km 3.5 de la carretera a San Felipe (32°24'27.71" Latitud Norte y 115°23'03.68" Longitud Oeste). El clima es de tipo desértico. El mes más frío es enero con una temperatura mínima promedio de -1.66 °C y 13 °C, siendo julio el mes más cálido con una temperatura máxima, mínima y promedio de 45, 20 y 33 °C respectivamente.

Origen de la información.

Se utilizaron 18 borregas (multíparas y primíparas) nacidas en el mismo sitio experimental con influencia racial Kathadin x Dorper (blanco). Solo se incluyeron hembras con una condición corporal de 3 a 3.5 de acuerdo a la escala de 1 al 5 propuesta por Jefferies (1961) y Russel et al. (1969). Mediante ultrasonografía (Exago®, transductor convexo de 7.5 MHz) se seleccionaron aquellas hembras con óptimo desarrollo uterino.

Previo al experimento las hembras fueron inmunizadas (NAINVAC11®, Lab. Chinoin; dosis simple de 2.5 ml SC) contra enfermedades clostridiales y

respiratorias (Mannhemia, Pasterella y Haemophilus). Se desparasitaron con un antihelmíntico (0.5 ml/50 kg de PV) de amplio espectro a base de ivermectinca 2% + closantel 10% (Colsiver ADE + B12[®]: Lab. Andoci)

La alimentación fue ofrecida (3% del PV) dos veces al día (0800 y 1300 h) en diferentes proporciones: 42% de heno de alfalfa (*Medicago sativa*) + 42% avena (*Avena sativa*), complementado con 10% de concentrado de una mezcla de maíz y soya, 4% de melaza y 2% de minerales. Además, tuvieron disponibilidad de un bloque de macros y micro minerales Ca:P relación 3:1 por corral (Suavisal; Mexicali, Baja California). La composición de la dieta aportó los requerimientos nutricionales para la especie ovina bajo un sistema de producción intensivo.

Los animales fueron estabulados en corrales comunales (3.5 m² /animal de espacio vital de piso y sombra 1.5 m²/ animal) con capacidad de 25 animales cada corral, equipados con comederos de tipo canaleta. El agua fue ofrecida *ad libitum* en bebederos de polietileno (Capacidad de 101 L) de flujo continuo.

Diseño del experimento y tratamientos

Los animales fueron divididos en dos grupos y fueron asignados aleatoriamente a uno de dos tratamientos (Figura 2): eCG200 (n=7) implantadas con 30 mg de progesterona (CIDR[®]; Lab. Zoetis); al 12 d se les retiró el dispositivo intravaginal + 200UI (IM) de eCG (GonActive[®] eCG; Lab. Virbac). El segundo grupo (eCG300) de hembras (n=11), el uso y dosis del dispositivo fue similar al eCG200, pero el retiro fue a los 13 d + 300UI de eCG. A las 48h post-retiro del dispositivo las

hembras de ambos grupos fueron inseminadas vía intrauterina mediante la técnica de *IA-MIp* de acuerdo al procedimiento de González et al. (2008). El semen para la IA para ambos grupos fue del semental de la producción. Se evaluó la calidad seminal del macho previo a la *IA-MIp*. La colecta seminal se realizó -1h antes de cada inseminación. Posteriormente en una mezcla de 4ml de Optydil™ (Lab; Cryo-Vet) + 6ml agua destilada con temperatura de 27 °C y fue depositado 1ml de semen fresco.

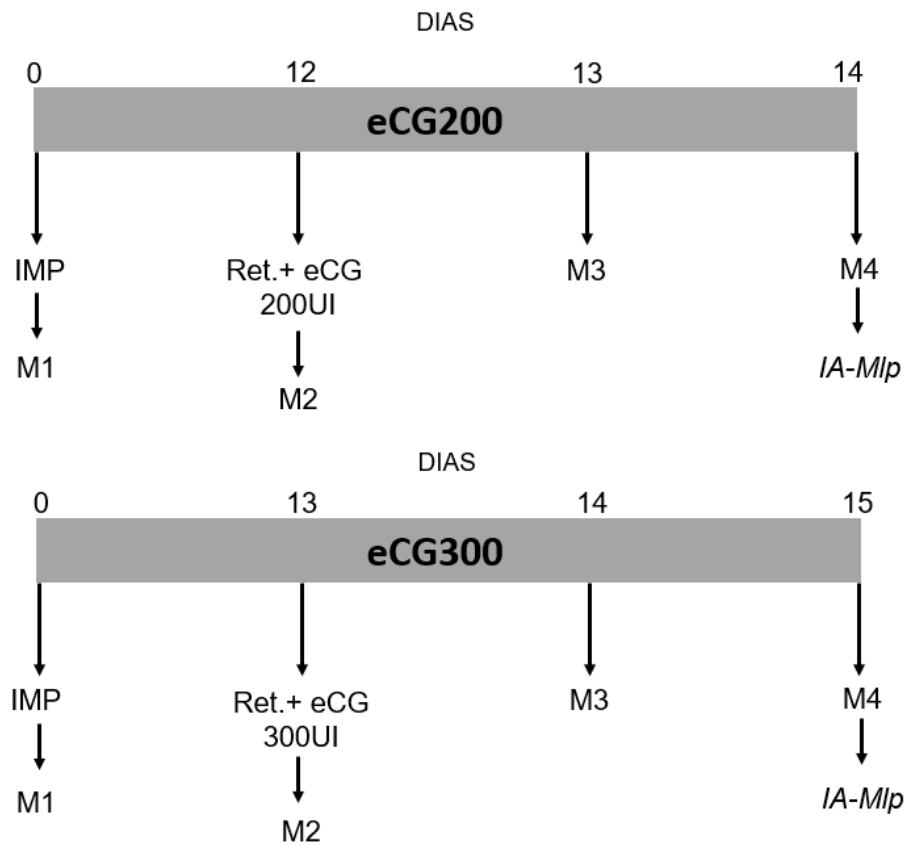


Figura 2. Esquematización de los tratamientos y diseño experimental.

Imp= Implante del dispositivo intravaginal CIDR®; M= Colecta de muestra sanguínea; Ret.= Retiro del dispositivo CIDR®; IA-MIp= Inseminación artificial por mini-laparotomía

Obtención de suero sanguíneo: En cuatro tiempos del experimento (Figura 3) se realizó punción yugular (previa desinfección local) con jeringa (22 G x 36 mm) para obtener 10 ml de sangre en tubos (Vacutainer® sin restricción de coágulo). Los tubos se identificaron y se pusieron en reposo (35-45 min) a temperatura ambiente para desprender el coágulo. Posteriormente las muestras fueron procesadas por centrifugación (CRM GLOBE®; Centrificient II-C®; Ciudad de México) a 2500 rpm x 10 min en el laboratorio de microbiología de la Universidad Autónoma de Baja California en el Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Se depositó 1 ml de suero sanguíneo en tubos Ependorf® con capacidad de 0.5 ml (2 muestras de suero por cada muestra sanguínea) y almacenados -20 °C para su posterior análisis hormonal.

Determinación de los niveles hormonales: Las muestras de suero sanguíneo fueron trasladadas en hielo seco (CO₂) al Laboratorio de Biología Molecular del Depto. De Ciencias Agronómicas y Veterinarias del Instituto Tecnológico de Sonora en Ciudad de Obregón Sonora.

Las muestras se descongelaron a 27 °C para determinar la concentración (ng/ml) de progesterona. La medición de la concentración de P₄ por la técnica de ELISA, utilizando un kit ELISA (Monobind®). Se utilizó un lector de ELISA (Kontrol Lab®; ELIRead; Guidonia, Roma, Italia) configurado a 450 nm de lectura para cada pozo y a longitud de onda de 620-630 nm. Durante el procedimiento, el lavado de placas fue automático (KontrolLab®; Eli-Wash; Guidonia, Roma, Italia). La sensibilidad de la prueba fue de 95% y una especificidad de 100%.

Variables de estudio.

Concentración de progesterona (cP₄), expresada en (ng/ml) en las hembras de ambos grupos experimentales durante el estudio (Figura 2).

Tasa de preñez (TP), fue expresada en porcentaje y calculada en cada grupo experimental de como $TP = \text{No. de animales preñados} / \text{No. animales del grupo experimental} \times 100$.

El *número de partos (N_{partos})* fue determinado de acuerdo con el número de partos en la vida productiva de cada hembra.

Análisis estadístico

Las mediciones repetidas de progesterona fueron analizadas estadísticamente utilizando un modelo mixto (PROC MIXED). El modelo incluyó el efecto de tratamiento (TX), tiempo (Fecha) y la interacción de tiempo por tratamiento (Fecha*tx). El efecto N_{partos} fue utilizado como efecto aleatorio en el modelo. Antes del modelo definitivo para cP_4 se utilizaron diferentes estructuras de covarianza utilizando los criterios de Bayesiano y Akaike (el más cercano a 0). La tasa de preñez entre tratamientos fue analizada estadísticamente con ji-cuadrada (PROC FREQ). Todos los procedimientos estadísticos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.4 para Windows (SAS, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2 se muestran los diferentes modelos previamente analizados para las estructuras de covarianza de este estudio. La estructura de componentes de Varianza (VC) fue la más cercana a cero. Es la estructura más simple, ya que asume que todas las observaciones son independientes y que no hay correlación entre pares de observaciones; aun cuando las observaciones se hubieran realizado al mismo individuo en diferentes tiempo (Pérez et al., 2006).

Cuadro2. Comparación de los Criterios de Información Akaike (IAK) y Bayesiano de Schwarz (IBS) para seleccionar la estructura de covarianza mejor ajustada para modelar la cP₄

Estructura	Criterio		Efecto fijo sobre cP ₄			
	IAK	IBS	TX	FECHA	TX*FECHA	N _{partos}
VC*	436.1	434.1	0.04	<0.0001	0.02	0.35
CS	439.1	434.1	0.27	<0.0001	0.02	0.50

**Estructura de covarianza seleccionada para el modelo final de acuerdo a los criterios Bayesiano y Akaike (P<0.05). La estructura del modelo final fue analizada en el PROC MIXED.*

En el cuadro 3 se presenta la tasa de preñez (TP) la cual fue similar (p=0.6287) en ambos grupos. Fukui et al (1993) e Ishida et al. (1999) mencionan que los porcentajes de gestación con estros inducidos y diferentes protocolos en época no reproductiva son más bajos (40-60%) a comparación de la época reproductiva. Sin embargo, con el protocolo utilizado en este estudio Kermani et al (2012) indican que según la dosis aplicada será la respuesta folicular del animal y dependerá de la estacionalidad de cada raza. Pero se concuerda con los autores, ya que los porcentajes de gestación presentes en este estudio, se encontraron en los rangos citados, aun cuando Alba (2016) realizó un trabajo con borregas nativas del lugar de este estudio no presentaron signos de estacionalidad reproductiva.

Cuadro 3. Porcentaje de gestación en borregas de ambos grupos experimentales

Tratamientos			
eCG200	eCG300		Prob.
57.14%	45.45%		0.6287
4/7	5/11		

Procedimiento realizado con FREQ en SAS.

Lopez et al. (2021) administraron más de 300UI de eCG en temporada no reproductiva y observaron una tasa de preñez del 100% en borregas de pelo y con menos de 250UI la preñez fue inferior. Resultados similares fueron encontrados en el presente estudio, ya que no hubo diferencias significativas y el porcentaje fue por debajo del 90% con 200UI y 300UI de eCG. Esto debido a la cantidad de UI de eCG aplicada al momento del retiro del CIDR®.

La hormona gonadotropina coriónica equina estimula a la hormona FSH para el crecimiento folicular y estimula la tasa de presentación de celos no la tasa de ovulación (Abecia et al., 2011; Moradi Kor et al., 2012). Además, el procedimiento de inseminación artificial utilizado mencionado por Gonzalez et al (2008) describen un 70% de tasa de preñez en temporada no reproductiva.

Los dispositivos impregnados de P₄ afectan a partir del día 12, observándose baja fertilidad de las hembras. Arbúes et al. (2018) mencionan que una dosis de 200UI y 300UI de eCG no hay diferencias significativas. Resultados similares a los encontrados en el presente trabajo, dado que la dosis de 300UI resulto con menor porcentaje de preñez que una dosis de 200UI. Sin embargo, la presentación de celos en el trabajo realizado por los autores tuvo diferencias significativas con la

aplicación de 300UI presentaron el celo antes que las de 200UI, variable no reportada en el presente trabajo.

Las medias generales y error estándar (Cuadro 4) de cP_4 fue afectado por la interacción de *fecha por tratamiento* y por *tratamiento* ($P < 0.05$), así como por *fecha* ($P < 0.001$). El efecto aleatorio N_{partos} no fue significativo ante la cP_4 ($P = 0.3575$).

Cuadro 4. Media y error estándar de la progesterona según el tratamiento

	Tratamientos		Efecto fijo sobre cP_4			
	eCG200 Media \pm EE	eCG300 Media \pm EE	TX	FECHA	Inter	N_{partos}
cP_4	2.96 \pm 1.22 ^a	6.19 \pm 0.97 ^b	0.04	<0.0001	0.02	0.35

^{a,b} Dentro de hilera indica diferencia estadística entre medias de tratamiento $P < 0.05$
 cP_4 = Concentración (ng/ml) de la hormona progesterona. Las medias y errores estándar de cada tratamiento fueron calculadas mediante el procedimiento PROC MIXED.
 Inter= Interacción de fecha por tratamiento

Jaén (2018) realizó un estudio en borregas de pelo, las cuales fueron divididas en dos grupos para ser sincronizadas con medroxiprogesterona y una inyección de >300 UI de eCG e inseminadas 48 horas posteriores, se tomó muestra sanguínea al momento el servicio, reportando que las borregas inseminadas en época no reproductiva tuvieron niveles de progesterona de 3.03 ng/ml. Resultados similares encontrados por Alba (2016) y en el presente estudio en las borregas de eCG200 (Cuadro 4). Por otro lado, Arroyo-Ledezma et al. (2013) describen que borregas con progesterona por arriba de los 7 ng/ml presentan un cuerpo lúteo funcional y esto es debido a lo mencionado por Ceron et al (1998) ya que las células grandes presentes en el CL comienzan a secretar esta hormona así como lo detectado en las borregas de este estudio (figura 3) en la fecha 1, las cuales

presentaban niveles por arriba de los 7 ng/ml. Por lo cual estos niveles de cP_4 se le contribuyen a un cuerpo lúteo persistente.

Por otro lado, en un trabajo realizado en el Valle de Mexicali con borregas de raza pelibuey, se demostró que hubo diferencias significativas de la progesterona en los meses de otoño-verano observándose consecutivamente alta, reportando niveles por arriba de los 8 ng/ml en el día 14 del ciclo estral (Macías-Cruz et al., 2015). Lo anterior hace referencia a la sensibilidad del fotoperiodo en las borregas de pelo en latitud de 32° y se esperaba que las borregas del presente estudio tuvieran similitud con ese estudio.

Sin embargo, Alba (2016) determino la concentración progesterona durante 10 meses, demostrando que los animales Kathadin x Dorper blanco en el Valle de Mexicali, no muestran variación del fotoperiodo ante la progesterona, ya que los niveles de esta hormona reportados por el autor en los meses de mayo a agosto cuando las horas luz son más largas, se encontró en un promedio de 3.02 ng/ml. Resultados similares a las hembras de este estudio del eCG200.

Por otro lado, Silva-Avila et al (2015) realizaron un estudio en borregas de pelo bajo estrés calórico por arriba de los 35 °C, observando que no hubo diferencias significativas ante concentración de progesterona según la etapa reproductiva de cada hembra. Resultados similares encontrados en el presente estudio (N_{partos}), la ovina sea múltipara o primala, no influye ante la concentración de progesterona (Cuadro 4)

La figura 3 muestra las medias de la interacción en ambos grupos de hembras, visualizando la curva y la diferencia significativa que hubo en la fecha 1 con eCG200 ($P=0.0373^*$) y eCG300 ($P<0.0001^{**}$) y la igualdad en las siguientes fechas ente grupos.

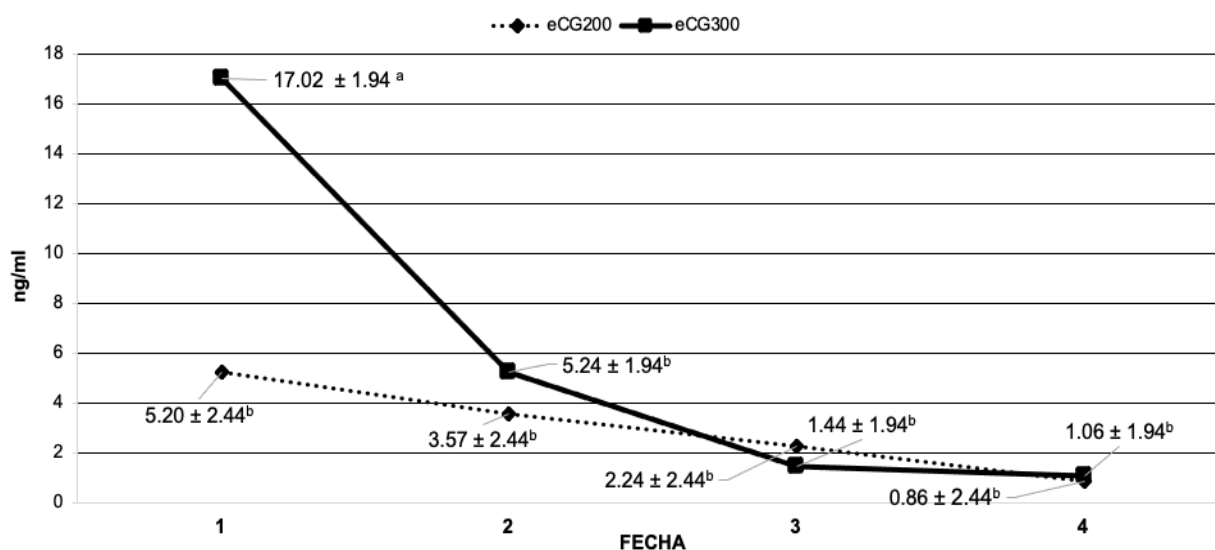


Figura 3. Niveles (ng/m) de progesterona (cP4) de ambos grupos durante el estudio.

^{a,b} Indican diferencia significativa ($P<0.05$) entre tratamientos en cada fecha.

Línea punteada corresponde a eCG200 y línea continua a eCG300

Se observan resultados similares a los encontrados por Uribe-Velásquez et al. (2011) donde las hembras mostraron diferencias significativas solo en el día 0, que fue cuando se implantaron las hembras con el dispositivo intravaginal. Sin embargo, al 10mo día los niveles se encontraron en 4 ng/ml. Esto hace referencia a la similitud de los resultados (Figura 3; fecha 2), dado a la P_4 proporcionada por el CIDR® llega a ejercer una retroalimentación negativa que inhibe la liberación de GnRH y regular la liberación de progesterona circulante a niveles de 2-6 ng/ml (Uribe-Velásquez et al., 2008).

La figura 4 muestra el nivel de cP_4 (ng/ml) durante el estudio sin el efecto de tratamiento, donde se puede observar un decremento lineal de la cP_4 a partir de la aplicación del dispositivo intravaginal (FECHA 1), permaneciendo similar ($P>0.05$) hasta la fecha 4. También se muestran los cambios en la cP_4 con relación al inicio del estudio (F1 vs F2; F1 vs F3; F1 vs F4).

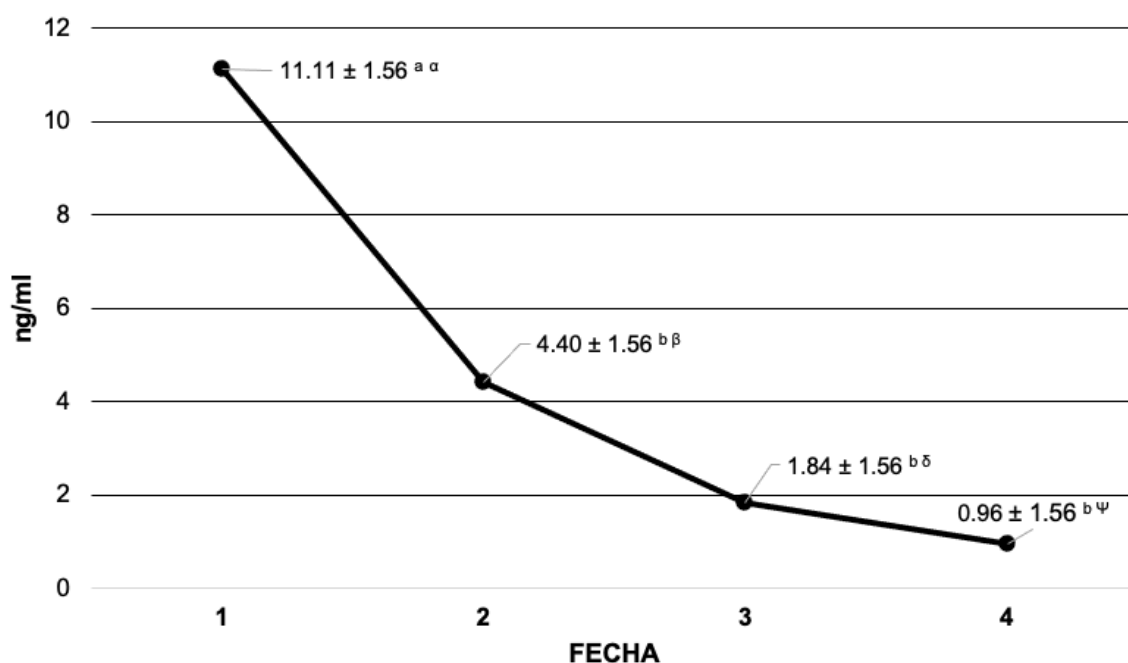


Figura 4. Dinámica de la progesterona a través del tiempo experimental

^{a,b} Indican diferencias estadísticas entre las fechas ($P<0.05$)

^{α β δ ψ} Indican diferencias estadísticas entre medias de tiempo respecto a la fecha 1 ($P<0.05$)

La fecha 1 corresponde al momento en que se aplicó el dispositivo CIDR[®], en este tiempo la cP_4 fue diferente ($P>0.05$). Resultados similares a los encontrados por Martínez et al. (2007), donde observaron que 25% de las borregas utilizadas no se encontraban ciclando antes del inicio del experimento con niveles de progesterona por arriba de los 2 ng/ml y cuerpo lúteo persistente observado por ultrasonografía. Cabe aclarar que, en el presente trabajo, no se utilizó

ultrasonografía para observar estructuras anatómicas ováricas, lo cual hubiera apoyado al manejo hormonal y estudio.

Al momento del retiro del dispositivo intravaginal (fecha 2) se observó un decaimiento considerable de cP_4 , esto se debe a la respuesta ejercida por las hembras con la progesterona exógena administrada, demostrando una correcta tasa de absorción (Farfán et al., 2009). No obstante, al momento del retiro se aplicó una dosis de eCG la cual por sí sola, disminuye los efectos de la P_4 e incrementa la secreción de estrógenos, haciendo que el estro aparezca precozmente. Sin embargo, se menciona que al aplicar altas concentraciones puede llegar a ser menos eficiente (Martínez et al., 2007). Lo anterior hace referencia a lo encontrado en este trabajo, al momento de la aplicación de la eCG, la cP_4 siguió en decaimiento mostrando la inhibición directa de los niveles de esta hormona ejercida por el dispositivo CIDR®.

Stouffer et al (2015) mencionan que en el momento que la cP_4 se encuentran en niveles basales se coincide en la mayoría de los casos con la detección de estro y posterior a las 21-23 h ocurre la ovulación. La administración de eCG al momento que se retira el dispositivo intravaginal CIDR®, estimula el crecimiento folicular y el tiempo de ovulación dependiendo de la estación del año (Motlomelo et al., 2002). Sin embargo, es recomendable acompañar este tipo de estudio con una evaluación de la dinámica folicular permitiendo establecer el tiempo exacto de la ovulación (Alvarado 2016).

CONCLUSIONES

Los protocolos con base a un dispositivo intravaginal como fuente de progesterona y la una aplicación de eCG dos dosis (200UI y 300UI) al momento del retiro de dispositivo (12 vs 13d) e inseminación artificial 48h después, no afectó la tasa de preñez entre los grupos de estudio.

Los protocolos de inducción del estro no afectaron la concentración de progesterona al momento de la inseminación. Así mismo de progesterona fue menor a 2 ng/ml, demostrando que las hembras del estudio ubicadas en latitud 32° no fueron sensibles al fotoperiodo al ovular y preñarse en temporada no reproductiva.

Bajo las condiciones del presente experimento, se recomienda el uso de implantes intravaginales como fuentes exógenas de progesterona por 12 días más una aplicación intramuscular de 200UI de eCG al momento del retiro. Complementario a lo anterior, con la IA-MIp se potencializa el porcentaje de preñez durante la estación reproductiva en borregas de alto valor genético con rasgos contra la estacionalidad reproductiva al Norte de México.

LITERATURA CITADA

Abecia J.A., F. Focada, A. Gonzalez-Bulnes. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Anim. Reprod. Sci.* 130(3):173-179.

Abecia J.A., F. Focada, A. González-Bulnes. 2011. Pharmaceutical Control of Reproduction in Sheep and Goats. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice.* 27:67-79.

Abecia J.A., F. Forcada. 2010. Manejo reproductivo en ganado ovino. Zaragoza España. P. 30

Abecia J.A., F. Forcada, A. Gonzalez-Bulenes. 2003. Alteración de la fisiología reproductiva por la nutrición en la especie ovina. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Alfonso_Abecia/publication/327720694_Alteracion_de_la_fisiologia_reproductiva_por_la_nutricion_en_la_especie_ovina/links/5ba0ba44299bf13e6038f24a/Alteracion-de-la-fisiologia-reproductiva-por-la-nutricion-en-la-especie-ovina.pdf. Fecha de acceso: 20 de Marzo del 2020.

Aisen E.G. 2004. Reproducción ovina y caprina. En: Preparación e las hembras, Detección y control de estro y ovulación. Figueiredo V. ed. Inter-medica, Buenos Aires Argentina. P. 15. Recuperado en: http://www.intermedica.com.ar/media/mconnect_uploadfiles/a/i/aisen.pdf: Fecha de acceso: 16 de marzo del 2020.

- Aké-López J.R. J.R Aké-Villanueva, F. Centurión-Castro, N. Aké-Villanueva. 2014. Sincronización del estro y tasa de ovulación de ovejas pelibuey tratadas con esponjas intravaginales e implantes subcutáneos nuevos y reciclados. *Bioagrocencias*. 7:38-42.
- Alba J.J., 2016. Medición del nivel de progesterona en hembras de pelo cruza de raza Dorper/Kathadin en el Valle de Mexicali, B.C. Tesis de maestría. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Allen W.R. 2005. Maternal recognition and maintenance of pregnancy in the mare. *Animal Reproduction*. 2:209-223.
- Alvarado P. 2016. Niveles de progesterona durante la reactivación óvarica posparto y preñez temprana en cuatro tipos de raciales ovinos bajo condiciones del trópico alto colombiano. Tesis de maestria. Universidad Nacional de Colombia. Medicina Veterinaria y Zootecnia Departameto de Producción Animal. Bogotá Colombia.
- Álvarez R.L., L. Zarco. 2001. Los fenómenos de bioestimulacion sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*. 32: 117-129.
- Arbúes R.F., C. Quintana, E. Yáñez, M. Kornuta, J. Fernández. 2018. Evaluación de diferetnes dosis de gonadotrofina coriónica equina en el protocolo de sincronización de celo en ovejas. *Rev. Vet.* 29: 104.

- Arroyo J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.14: 829-845.
- Arroyo L.J., J. Gallegos-Sánchez, A. Villa.Godoy, J.M, Berruecos, G. Perera, J. Valencia. 2007. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Anim. Reprod. Sci.* 102:24-30.
- Arroyo-Ledezma J., J. Hernandez-López, N.Y. Ávila-Serrano, M.A. Camacho-Escobar. 2015. Respuesta estral y perfil hormonal en ovejas de pelo sincronizadas con protocolos cortos a base de prostaglandinas. *Agrociencia*. 49: 275-482.
- Arroyo-Ledezma J., J. De La Torre-Barreras, N.Y. Ávila-Serrano. 2013. Respuesta reproductiva de pelo sincronizadas con progesterona o prostaglandinas. *Agrociencia*, 47: 661-670.
- Avendaño-Reyes L., F.D. Álvarez- Valenzuela, L. Molina-Ramírez, R. Rangel-Santos, A. Correa-Calderón, J. Rodríguez-García, M. Cruz-Villegas, M.P.H. Robinson, T.R. Famula. 2007. Reproductive performance of Pelibuey ewe in response to estrus synchronization and artificial insemination in Northwestern Mexico. *J. Anim. Vet.* 6:807-812.
- Balcázar A. 2018. Pequeños rumiantes. En: *Fisiología Reproductiva Animales domésticos*. Rangel L. y J.H. Hernandez. UNAM. Estado de México. P. 490-492.

- Barrera D., E. Avila y L. Díaz. 2007. Papel inmunológico de la progesterona en el manteamiento del embarazo. *Rev. Invest. Clin.* 59(2): 139–145.
- Bartlewski P.M., A.P. Beard, S.J. Cook, N.C. Rawling. 2002. Ovarian activity during sexual maturation and following introduction of the ram to ewe lambs. *Small Ruminant Res.* 43: 37-44.
- Bartolomé J.A. 2009. Endocrinología y fisiología de la gestación y el parto en el bovino. *Sitio Argentino de Producción Animal.* 11(42):20-28.
- Blache D., R.L Tellman, L.M. Chagas, M.A. Blackberry, P.E. Vercoe, G.B. Martin. 2000. Level of nutrition affects leptin concentrations in plasma and cerebrospinal fluid in sheep. *J. Endocrinol.* 165:625-637.
- Bobadilla E., Soto M. 2016. Evolución de la ovinocultura en México. Disponible en: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/323-numero-38/583-evolucion-de-la-ovinocultura-en-mexico.html>. Fecha de acceso: 2 de octubre del 2020.
- Buratovich O. 2010. Eficiencia reproductiva en ovinos: factores que la afectan. parte II: otros factores no nutricionales: No 36. Retrieved from: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia36_reproduccion_ovina.pdf. Fecha de acceso: 10 de marzo del 2020.
- Cabodevila J. 2000. Superovulación de hembras bovinas. *Biotechnología de la reproducción.* Ed. Palma. p. 45-47.

Calderón C., E. Latorre. 2012. El ciclo reproductivo y el efecto macho. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Disponible en: <http://puntoganadero.cl/imagenes/upload/5cc081f0aad9a.pdf> Fecha de acceso: 15 de septiembre del 2020.

Cerna C., A. Porras, M.G. Valencia, G. Perera, L. Zarco. 2000. Effect of an inverse subtropical (19°13'N) photoperiod on ovarian activity, melatonin and prolactin secretion in Pelibuey. Anim. Reprod. Sci. 60: 511.

Cerón J., A. Zarco. 1998. Función del cuerpo lúteo y muerte embrionaria en rumiantes. Departamento de reproducción. UNAM. Disponible en : <https://fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol8/CVv8c1.pdf>. Fecha de acceso: 29 de agosto 2021.

Chávez G.I. 2015. Métodos de inducción de la actividad sexual en machos ovinos y caprinos. Monografía de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila.

Consejo Mexicano de la Carne (COMECARNE). 2019. Compendio estadístico 2019. Disponible en: https://comecarne.org/wp-content/uploads/2020/07/Compendio_Estad%C3%ADstico_2019_-_Comecarne.pdf. Fecha de acceso: 2 de octubre del 2020.

Cushawa W.T. G.E. Bradford, G.H. Stanbenfeldt, Y.M. Berger, M.R. Dally. 1992. Influencia del carnero en la actividad sexual y ovárica en ovejas anestro:

efectos del aislamiento de las ovejas de los carneros antes de unirse y fecha de introducción del carnero. *J Anim Sci.* 70:1195-1200.

De Lucas-Tron J. 2000. Situación de la producción ovina en México y perspectivas para el nuevo siglo. Curso Avances en nutrición ovina I. Especialidad en Producción Ovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas. Toluca. Edo. de México.

De Nava G., M. Rodríguez, O. Irabuena, L. Fernández, S. Sterla. 2003. Validación de Métodos Alternativos de Inseminación Artificial con Semen Congelado en Lanares. Programa de Servicios Agropecuarios.

Delgadillo J.A., J. Vielma, J.A. Flores, F.G. Velis, G. Duarte, H. Hernandez. 2008. La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 9: 29-45.

Delgado A. 2016. Factores que determinan la pubertad en la hembra ovina en Colombia. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Fusahasugá. Colombia.

Durán F. 2008. Manual de explotación y reproducción en ovejas y borregos. Bogota Grupo latino.

Farfán J.A., J.A. Forero, N.A. Pardo, F.J. Tovar, J.E. Atuesta, H.A. Grajales. 2009. Efecto del tiempo de trataiento con progestágenos sobre las características

del celo sincronizado y su fertilidad en ovinos y caprinos bajo condiciones del trópico de altura Colombiano. Revista Desarrollo Rural. 21. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd21/1/farf21007.htm>.

Focada F., A. Abecia, A. Casao, I. Vázquez. 2009. Interacciones ambientales sobre la reproducción en ovino. 2do Congreso Internacional en Ciencias Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Puebla.

Focada F., L. Zarazaga y J.A. Abecia. 1993. Mejora de los parámetros reproductivos en especie ovina. Mundo Ganadero 1993-1. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_MG%2FMG_1993_1_93_62_69.pdf. Fecha de acceso: 20 de marzo del 2020.

Foster D.L. 2015. Puberty in the sheep. Physiology of Reproduction. Knobil and Nell's. 4ed. Elsevier Inc. M.I. USA.

Franco J., L.F. Uribe-Velázquez. 2012. Hormonas reproductivas de importancia veterinaria en hembras domésticas rumiantes. Biosalud. 11: 41-56.

Fukui Y., H. Hirai, K. Honda. K. Hayashi. 1993. Lambing rates by fixed-time intrauterine insemination with frozen semen in seasonally anestrous ewes treated with a progestogen-impregnated sponge or a CIDR device. J. Reprod. Dev. 39:1-5

Galina C., J. Valencia. 2008. Reproducción de los animales domésticos. 3ed. México DF. Limusa.

- Galvis , R., H.J. Correa. 2002. Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera: ¿Es la actividad glucogénica el eslabon perdido? Rev. Col. Cienc. Pec. 15.
- Gibbson A., Cueto M. 2013. Transferencia de embriones en ovinos. 2da ed. INTA. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_manual_transferencia_de_embiones_ovinos_caprin.pdf Fecha de acceso: 15 de marzo del 2020.
- Gong, JG. 2002. Influence of metabolic hormones and nutrition on ovarian follicle development in cattle: practical implications. Domest. Anim. Endocrinol. 23:229-241
- Gonzalez V.M., C.C. Gutierrez, M.F. Montaña. Inseminación intrauterina por minilaparotomía en ovinos de pelo utilizando semen congelado. 2008. XIX Reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas calidos. Mexicali Baja California.
- Hafez, E. S. E., B. Hafez. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ª Ed. McGraw Hill Interamericana editors. México DF.
- Hernández-Marín J.A., A. Pro-Martínez, C. Cortez-Romero, P. Pérez-Hernández, C.A. Herrera-Corredor, J. Gallegos-Sánchez. 2016. Inducción de la ovulación con efecto macho y un reconstituyente energético en ovejas pelibuey prepúberes. Agrocienza. 50(7): 811-823.

- Ishida, N., M. Okada, K. Sebata, M. Minata, Y. Fuki. 1999. Effects of GnRH and hCG treatments for enhancing corpus luteum function to increase lambing rate of ewes artificially inseminated during the non-breeding season. *J. Reprod. Dev.* 45:73-79.
- Jaén J.J. 2018. Efecto del acetyl medroxiprogesterona y gonadotropina corionica equina en la frecuencia de celo, tasa de fertilidad y los niveles de estrógeno y progesterona en borregas Corriedale sincronizadas, bajo dos condiciones de estacionalidad. Tesis de maestría en Ciencia Animal. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Jefferies B.C. 1961. Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agricultura.* 32: 19-21.
- Kermani H., H. Koharam, A.Z. Shahnehm, T. Saberifar. 2012. Ovarian response and pregnancy rate following different doses of eCG treatment in Chall ewes. *Small Ruminant.* 102: 63-67.
- Liu, X., E.J. Hart, Q. Dai, N.C. Rawlings, R.A. Pierson, P.M. Bartlewski. 2007. Ultrasonographic image attributes of non-ovulatory follicles and follicles with different luteal outcomes in gonadotropin-releasing hormone (GnRH)-treated anestrous ewes. *Theriogenology* 67(5): 957-969.
- López. J., D. Salinas, A. Baracaldo-Martínez, C. Gómez, D. Herrera-Ibatá, J.E. Atuesta-Bustos. 2021. Efecto de la dosis de gonadotropina coriónica equina

- (eCG) asociada a protocolos cortos de sincronización de celos sobre el desempeño reproductivo de ovejas de pelo. *Rev. Investig. Vet. Perú.* 32:1-8.
- Lozano J.M., J.A. Abecia, F. Focada, L. Zarzaga, B. Alfaro. 1997. Effect of undernutrition on the distribution of progesterone in the uterus of ewes during the luteal phase of the estrous cycle. *Theriogenology.* 49(3): 539-546.
- Lozano-González J,F., L.F. Uribe-Velásquez, J.H. Osorio. 2012. Control hormonal de la reproducción en hembras ovina. *Veterinaria y Zootecnia.* 6(2): 134-147.
- Lucas-Ton J., L.A. Zarco-Quintero, C. Vásquez-Peláez. 2008. El efecto como inductor de la actividad reproductiva en sistemas intensivos de apareamiento en ovinos. *Vet. Mex.* 39(2):117-127.
- Macías-Cruz U., T.J. Sánchez-Estrada., M.A. Gastelum- Delgado., L. Avendaño-Reyes., A. Correa- Calderón., F.D. Álvarez- Valenzuela., R. Díaz- Molina., C.A Meza- Herrera y M. Mellado. 2015. Actividad reproductiva estacional en ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas de México. *Arch Med Vet.* 47: 381-386.
- Mantecón A.R., F.J. Grialdez, G. Hervás, P. Lavín. 2006. Requerimientos nutricionales para ovinos en reproducción. Desde el suelo a la gestión. Curso para Profesionales y Técnicos en producción ovina. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

- Martínez J.J., F. Izaguirre, L. Sánchez. 2007. Reproductive performance in Black belly ewes synchronized with MPA and eCG during the low fertility season. *Revista Científica*. 17: 47-52.
- Martínez J.J., M.T. Sánchez, L. Bucio, R. Rojo, G.D. Mendoza, J.L. Crodero, O. Mejía. 2006. Efecto de eCG e inseminación laparoscópica sobre el comportamiento reproductivo en ovejas F1. *Rev. Cient. Maracaibo*. 15:261-268.
- Martinez-Partida J.A., L. Jiménez-Sánchez, L.G. Herrera-Haro, E. Valtierra-Pacheco, E. Sánchez-Lopez, M.C. López-Reyna. 2011. Ganadería ovino – caprina en el marco del desarrollo rural en Baja California.
- Mejía O., P. María. 2010. Características reproductivas de ovinos. Curso teorico-practico técnicas de reproducción asistida en ovinos. Asociación de Ovinocultra. Guamo. Tolima.
- Menocal- Solórzano E., Pickering-López, L.J. 2006. Informe de evaluación nacional. Desarrollo Rural 2005. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/info/programas/evaluacion/Archivos/APC/2005%20Desarrollo%20Rural.pdf>.
- Moradi Kor N., N. Ziaei. 2012. Effect of PGF2 α administration and subsequent eCG treatments on the reproductive performance in mature raieni goats during the breeding season. *Asian J. Anim. Vet.* 7:94-99.

Motlomelo K.C., J.P.C. Greyling, L.M.J. Schawalbach. 2002. Synchronization of oestrus in goats: the use of different progestogen treatments. *Small. Rum. Res.* 45:45-49.

NOM-042-ZOO. 2002. Características y especificaciones zoonitarias para instalaciones equipo y operación de unidades de regularización zoonitaria para ganado bovino, equino. ovino y caprino. Disponible en: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/zoo/zoo042c.pdf>. Fecha de acceso: 20 de julio del 2021.

NOM-051-ZOO. 1995. Trato humanitario en la movilización de animales. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4870842&fecha=23/03/1998. Fecha de acceso: 20 de julio del 2021.

NOM-062. 1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Disponible en: <https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/062ZOO.PDF>. Fecha de acceso: 20 de julio del 2021.

Nuncio-Ochoa G., J. Nahed-Toral, B. Díaz-Hernández, F. Escobedo- Amezcua, B. Salvatierra-Izaba. 2001. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco. *Agrociencia.* 35:469-477.

Orizaba-Chávez B., G.A. Alba-Jasso, M.E. Ocharán-Hernández. 2013. Farmacocinética de la progesterona. *Rev. Jua. Mex:* 80:59-66.

- Padilla R.F.J., S.G.E. Mapes, K.F. Jiménez. 1988. Perfiles hormonales durante el ciclo estral de la oveja. *Técnica Pecuaria en México* 28:96-108.
- Pérez E.R., E. Gutiérrez, J. Herrera-Camacho, J.C. Segura. 2006. Elección del mejor modelo para el análisis de experimentos con medidas repetidas en tiempo; hormonas en cerdas durante lactancia. *Rural Development*. 18(2).
- Pérez-Hernández, P., J. Vilaboa-Arroniz, H. Chalate-Molina, B. Candelaria-Martinez, P. Díaz-Rivera, S. López-Ortiz. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Fcv-Luz*. 21(4):327-334.
- Pérez, H. 2013. *Fisiología animal II*. 1era ed. UNA. Managua, Nicaragua.
- Porras A., L.A Zarco, J. Valencia. 2003. Estacionalidad reproductiva en ovejas. *Ciencia veterinaria*. 9(4):1-34. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol9/CVv9c1.pdf>.
[Fecha de acceso: 12 de marzo del 2020.](#)
- Porras, A., 1999. Efectos del fotoperiodo artificial sobre la actividad reproductiva de la oveja Pelibuey. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Prieto M. G. García, I. Lateulade, M. Villa. 2011. Sincronización de celos en ovinos con doble dosis de prostaglandina. *Ganadería*. 39:175-178.

Roldán-Roldán A., E. García Martínez, V. Del Río-Araiza, J.M. Berruecos-Villalobos, L.A. Zarco-Quintero, J. Valencia. 2015. Edad a la pubertad en corderas pelibuey, hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua, nacidas fuera de temporada. *Agrociencia* 50(4): 441-448.

Russel A.J.F. J.M. Doney, R.G. GLTNN .1969. Subjetive assessment of fat in live sheep. *Journal of Agriculturul Science, Cambridg.* 72:451-454.

SAGARPA. 2016. Plan sistema producto ovino 2015-2024. Recuperado de: https://spo.uno.org.mx/wp-content/uploads/2016/05/plan_rector_ovinos2016.pdf.pdf. Fecha de acceso: 30 de Abril del 2020.

SAS Institute Inc. 2014. SAS/STAT® 13.2. User's Guide. Cary. NC: SAS Institute Inc.

Satterfield M., F. Bazer, T. Spencer. 2006. Progesterone regulation of preimplantation conceptus growth and galectin 15 (LGALS15) in the ovine uterus. *Bio. Reprod.* 75: 289-296.

Scaramuzzi R.J., G.B. Martin. 2008. The importance of interactions among nutrition, seasonality and socio-sexual factors in the development of hormone-free methods for controlling fertility. *Reprod. Domest. Anim.* 2:129-136.

Senger PL. 2003. Pathaways to pregnancy and parturation. Washington, USA: Current Conceptions, Inc.

SIAP. 2019. Datos abiertos: Estadística de producción agrícola. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>. Fecha de acceso: 20 de octubre del 2020.

Silva B.D.M., R. Sartori R, T. A Silva, D.M.M Cardozo and J.P Neves. 2010. Estrus synchronization with prostaglandin F2a compared to progestogen treatment associated with equine chorionic gonadotropin (eCG) in santa inês breed ewes reared in federal district, Brazil. *Ciência Animal Brasileira*. 11(2): 417-424.

Silva-Ávila N.J, M.G. Méndez-Castillo, H. González-Ríos, M.G. Thomas, D.M. Hallford, F. Rivera-Acuña , J.A. Munguía-Xóchihua, J.R. Reyna-Granados , P. Luna- Nevárez. 2015 . Factores ambientales y de manejo asociados al comportamiento hormonal reproductivo en borregas Pelibuey criadas en el Sur de Sonora. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. 11: 12-20.

Sintex. 2005. Manejo farmacológico del ciclo estral del bovino. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/72-manejo_farmacologico_ciclo_estral_bovino.pdf. Fecha de acceso: 11 de marzo del 2020.

Spencer T. 2013. Early pregnancy: Concepts, challenges and potential solutions. *Anim. Frontiers*. 3:48-55.

- Stouffer R.L, J.D. Hennebold. 2015. Structure, Function and Regulation of the Corpus Luteum. In: Plant T.M., A.J. Zeleznik, editors. Knobil and Neill's Physiology of Reproduction (4th Ed.). Academic Press. P 1023-1076.
- Sumano H.S., L. Ocampo. 2006. Farmacología Veterinaria. 3era ed. Mc-Graw-Hills. México D.F.
- Tron J. J.A. Zarco, C. Vásquez. 2008. El efecto macho como inductor de la actividad reproductiva en sistemas intensivos de apareamiento en ovinos. Vet. Méx. 39(2): 117- 127.
- Uribe-Velásquez L.F., M.I Souza, A. Correa-Orozco. 2011. Efecto de altas concentraciones de progesterona durante la fase luteal temprana sobre la secreción de LH y estradiol en ovejas. Vet. Zootec. 5(2): 44-54.
- Uribe-Velásquez, L.F., M. Vélez-Marín, A. Correa-Orozco. 2010. Concentraciones plasmáticas de las hormonas esteroides y de LH en respuesta a la administración de prostaglandinas en ovejas Bergamacia. Rev Cient FCV-LUZ. 20(5):512-8.
- Uribe-Velásquez L.F., A. Correa-Orozco, J.H Osorio. 2009. Características del crecimiento folicular ovárico durante el ciclo estral en ovejas. Biosalud. 8: 117-113.
- Uribe-Velásquez, L.F., E. Oba, M.I.L. Souza. 2008. Efeitos da progesterona exógena sobre o desenvolvimento folicular em ovelhas. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 60:58-65.

Vilariño M.E., Rubianes, E. Van Lier. 2010. Serum progesterone concentration, follicular development and time of ovulation using a new progesterone releasing device in sheep. *Small Ruminant Research*. 91:219-224.

Zarco L. 2018. Endocrinología. En: *Fisiología de los animales domésticos*. Rangel L., J. Hernández. Ciudad de México. UNAM.

Zavala R., J.R. Ortiz, J.P. Ramón, P. Montalvo, A y J.R. Sierra. 2008. Pubertad en hembras de cinco razas ovinas de pelo en condiciones de trópico seco. *Zootecnia Trop*. 26(4): 465-473.