



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

**SINCRONIZACIÓN DE ESTROS CON PROGESTERONA Y UN
ANÁLOGO DE PROSTAGLANDINA F2 α EN OVEJAS DE PELO**

TESIS

PRESENTADA POR

JANNETTE DE LA TORRE BARRERA

PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA

DIRECTOR DE TESIS

DR. JAIME ARROYO LEDEZMA

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA. FEBRERO DE 2012



UNIVERSIDAD DEL MAR CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

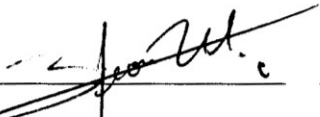
Puerto Escondido Oaxaca, Febrero 2012

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la tesis “**SINCRONIZACIÓN DE ESTROS CON PROGESTERONA Y UN ANÁLOGO DE PROSTAGLANDINA F2 α EN OVEJAS DE PELO**”, presentada por la pasante de la **LICENCIATURA EN ZOOTECNIA, JANNETTE DE LA TORRE BARRERA**, se considera que cumple con los requisitos y calidad para ser defendida en el examen profesional.

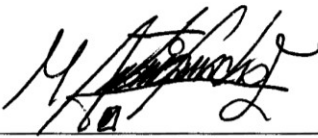
COMISIÓN REVISORA


Dr. Jaime Arroyo Ledezma
Universidad del Mar
Director de Tesis


M. en C. León Vélez Hernández
Universidad del Mar
Revisor


M. C. Abelardo Bernabé Hernández
Universidad del Mar
Revisor


Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano
Universidad del Mar
Revisor


Dr. Marco Antonio Camacho Escobar
Universidad del Mar
Revisor

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Por ser la mano dura que me sostiene desde que nací, por ese gran carácter que me impulsa a desafiar cualquier reto, no importa cual difícil sea, por estar siempre para aplaudir mis logros, por los consejos, por las palabras de aliento en los momentos difíciles y por darme la fuerza para sobreponerme a ellos. Por ese inmenso amor, ternura, comprensión, por las oraciones en momentos difíciles y por confiar en que podía llegar lejos.

A MI HIJA:

Alexa, que gracias a ella la vida tiene sentido, con su presencia ha inspirado los más bellos sentimientos y por ser mi motor para ser mejor cada día.

A MI HERMANO:

Javier De La Torre Barrera, por ser parte de mi vida, por siempre estar ahí, por reír, bromear y apoyarnos; aunque la vida nos lleve por caminos diferentes estaremos unidos de corazón para siempre.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DEL MAR, CAMPUS PUERTO ESCONDIDO:

Por ser la institución donde se forjaron e hicieron realidad mis metas.

A MI DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Jaime Arroyo Ledezma, al cual admiro y respeto por la gran dedicación, esfuerzo, entusiasmo y por brindarme el apoyo necesario y la oportunidad de realizar juntos esta obra.

A MI TUTOR:

M. en C. León Vélez Hernández, por todas aquellas palabras de ánimo, por los consejos, por recordarme cual era el camino a seguir y por el apoyo en momentos difíciles.

A LOS PROFESORES:

Que son las personas que de una u otra manera han estado presentes para la realización de este trabajo y que han contribuido en mi formación académica y profesional.

A todos ellos, gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO GENERAL.....	3
III. OBJETIVOS PARTICULARES.....	3
IV. HIPÓTESIS	3
V. JUSTIFICACIÓN	4
VI. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
6.1. OVEJAS DE PELO.....	7
6.2. CARACTERÍSTICAS DEL CICLO REPRODUCTIVO DE LA OVEJA	8
6.3. FOTOPERIODO	9
6.4. PUBERTAD.....	11
6.5. ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA	15
6.6. CICLO ESTRAL Y ESTRO	17
6.7. NUTRICIÓN	20
6.8. HORMONAS IMPLICADAS EN LA REPRODUCCIÓN.....	24
6.8.1. HORMONA LIBERADORA DE GONADOTROPINAS (GnRH).....	24
6.8.2. HORMONA FOLÍCULO ESTIMULANTE (FSH)	25
6.8.3. HORMONA LUTEINIZANTE (LH).....	25
6.8.4. ESTEROIDES.....	26
6.8.5. ESTRÓGENOS.....	27

6.8.6. PROGESTERONA (P4).....	27
6.8.7. PROSTAGLANDINAS (PG).....	28
6.8.8. INHIBINAS Y ACTIVINAS.....	28
6.8.8.1. Inhibinas.....	29
6.8.8.2. Activinas.....	29
6.9. HORMONAS PLACENTARIAS	30
6.9.1 GONADOTROPINA CORIÓICA EQUINA (eCG).....	30
6.9.2 GONADOTROPINA CORIÓICA HUMANA (hCG).....	31
6.10. SINCRONIZACIÓN DE ESTROS	31
6.11. DISPOSITIVOS DE LIBERACIÓN INTERNA CONTROLADA DE PROGESTERONA (CIDR).....	33
6.12. ESPONJA INTRAVAGINAL.....	34
6.13. PROSTAGLANDINAS	36
6.14. PROGESTÁGENOS.....	38
VII. MATERIALES Y METODOS	41
7.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	41
7.2. ANIMALES EXPERIMENTALES	42
7.3. ALIMENTACIÓN Y MANEJO GENERAL DE LOS ANIMALES	42
7.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	44
7.5. MUESTREO SANGUÍNEO Y PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS	44
7.6. DETECCIÓN DE ESTROS.....	45
7.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	47
VIII. RESULTADOS Y DISCUSION.....	47

IX. CONCLUSIONES.....	57
X. REFERENCIAS	58

ÍNDICE DE CUADROS

PÁGINA

Cuadro 1. Parámetros reproductivos en ovejas raza persa cabeza negra x west african. 14

Cuadro 2. Respuesta reproductiva en ovejas de pelo criollas con tratamientos de sincronización de estros utilizando un análogo de PGF2 α y dispositivos intravaginales (CIDR) 48

Cuadro 3. Concentración de progesterona (P4) en ovejas de pelo criollas bajo dos métodos de sincronización de estros, dispositivos intravaginales (CIDR) y un análogo de PGF2 α 53

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1. Ovejas de Pelo Criollas utilizadas en el experimento..... 42

Figura 2. Muestreo sanguíneo con tubos vacutainer heparinizados45

Figura 3. Machos adultos utilizados en el experimento.....46

RESUMEN

Se evaluó la efectividad de la sincronización de estros con progesterona y cloprostenol sódico en ovinos. Se utilizaron 30 ovejas adultas de pelo, asignadas de manera aleatoria a uno de dos tratamientos. Tratamiento 1 (CIDR; n=15), sincronización con dispositivos intravaginales de liberación hormonal controlada (300 mg de progesterona), colocados en las hembras por 11 días, al retirar el dispositivo (día 11), se administró, vía intramuscular, gonadotropina sérica de yegua gestante, 400 UI contenidas en 2 mL. Tratamiento 2 (PG; n=15), sincronización de estros con cloprostenol sódico; se administraron, vía intramuscular, dos dosis de 0.075 mg del fármaco, con intervalo de 11 días entre aplicaciones. Se realizaron muestreos sanguíneos cada 24 h en todas las hembras, del día 0 (inicio de ambos tratamientos), hasta finalizar el estro; la concentración de progesterona se determinó por radioinmunoanálisis en fase sólida. Ocho horas después de finalizar los tratamientos, se detectaron estros utilizando machos adultos con mandil. El intervalo final de tratamiento - estro y la duración del celo se compararon entre grupos con un ANOVA; la proporción de animales con respuesta a los tratamientos se analizó con la prueba de Chi-cuadrada; la concentración de progesterona se comparó entre grupos y dentro de grupo con un ANOVA; la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey. 100 % de las hembras en ambos grupos ($P>0.05$) respondieron a la sincronización. El intervalo final de tratamiento - estro fue mayor ($P<0.05$) en PG (33.1 ± 2.2 h) en comparación con CIDR (22.2 ± 2.2 h) y la duración del estro fue similar ($P>0.05$) entre tratamientos (54.2 ± 2.6 y 51.8 ± 2.6 h en CIDR y PG,

respectivamente). Los perfiles de progesterona coinciden con la acción biológica de los fármacos administrados; en CIDR, las concentraciones de progesterona superiores a 1 ng/mL, confirmaron el aporte exógeno de la hormona; en PG, la disminución en la concentración de progesterona después de la aplicación de cloprostenol indicó su efecto luteolítico. En ovejas de pelo, la sincronización de estros con progesterona o cloprostenol sódico induce el celo en 100% de las hembras tratadas; por lo tanto, son protocolos efectivos en regiones tropicales.

PALABRAS CLAVE: cloprostenol sódico; ovinos de pelo; trópico sincronización de estros.

ABSTRACT

We evaluated the effectiveness of synchronization of estrus with progesterone and cloprostenol sodium in sheep. We used 30 adult sheep hair, which were randomly assigned to one of two treatments. Treatment 1 (CIDR, n = 15), sheep were synchronized with intravaginal devices controlled hormone release (300 mg of progesterone), placed in females for 11 days, when device removal (day 11) were administered intramuscularly, 400 IU of pregnant mare serum gonadotropin. Treatment 2 (PG, n = 15) estrus synchronization with cloprostenol sodium (prostaglandin F2 α analogue); were administered intramuscularly, two doses of 0.075 mg of the drug, with 11 days interval between applications. Blood samples were taken every 24 h in animals of both groups from Day 0 (beginning of both treatments) until the end of estrus behavior; the progesterone concentration was determined by solid phase radioimmunoassay. Eight hours after the end of both treatments, we detected the occurrence of estrus using hair adult males, provided with apron. Interval CIDR removal or application of second dose of PGF2 α to estrus and estrus duration were compared between groups with ANOVA, the proportion of animals with response to treatment was compared between groups with Chi-square test; the concentration progesterone was compared between groups and within group with ANOVA, the comparison of means was performed using the Tukey test. 100% of females in both groups ($P > 0.05$) responded to treatment. The interval end of treatment to estrus was greater ($P < 0.05$) in PG (33.1 ± 2.2 h) compared with CIDR (22.2 ± 2.2 h) and duration of estrus was similar ($P > 0.05$) in both treatments (54.2 ± 2.6 h for CIDR and 51.8 ± 2.6 h PG).

Progesterone profiles coincide with the biological action of drugs administered; in CIDR, progesterone concentrations higher than 1 ng/ml, confirmed the exogenous supply of the hormone; in PG, the decrease in progesterone concentration after application of cloprostenol indicates the luteolytic effect of the drug and therefore its effectiveness. We conclude that in hair sheep, estrus synchronization based on progesterone or sodium cloprostenol induced estrus in 100% of treated females and therefore are effective protocols in tropical regions.

KEYWORDS: cloprostenol sodium; estrus; hair sheep; tropics; estrus synchronization.

I. INTRODUCCIÓN

Las ovejas criollas que se encuentran en regiones tropicales o subtropicales de México, incluyendo la región costa del estado de Oaxaca, presentan buena adaptabilidad al estrés nutricional y climático, manteniendo una fertilidad similar a la reportada en otras razas, tienen menos restricciones estacionales para reproducirse, importante resistencia a enfermedades y parásitos internos. Pueden desarrollarse sistemas de producción en los trópicos como una actividad principal o complementaria (Cuevas *et al.* 1993; Dermondy *et al.* 1970). Con una alimentación y manejo adecuados, las corderas de razas tropicales pueden incluirse en programas reproductivos entre los 9 y 12 meses de edad, con pesos de 27-30 kg (Cambellas 1993; Macedo & Alvarado 2005).

La inducción y sincronización del celo en ovejas, consiste en aplicar tratamientos hormonales de tal manera que puedan ciclar durante la temporada de anestro estacional (Córdova *et al.* 1999); o bien, ajustar el estro en tiempos específicos durante la época reproductiva (Wildeus 1999).

González-Stangaro (1993) mencionó que en hembras de regiones tropicales, donde la ovulación ocurre en distintas épocas del año, la sincronización del ciclo estral es una herramienta a utilizar con el propósito de favorecer la difusión de genotipos seleccionados para lograr la mejora genética y productiva de los rebaños en conjunto con la aplicación masiva de la inseminación artificial.

1. Programar los partos en las épocas más favorables para la supervivencia de las crías, con relación a la presencia de lluvias, abundantes pastos, ausencia de problemas sanitarios y abortos.
2. Mejorar la eficiencia reproductiva a través del control de la edad al primer servicio y la reducción del intervalo postparto, acortando los periodos de anestro posparto.

Una alternativa para reducir la duración de la administración de progestágenos en la sincronización de estros en ovejas, es combinarlos con agentes luteolíticos como la prostaglandina F2 α (PGF2 α) (Quispe *et al.* 1995).

La sincronización del estro se logra con una reducción en la duración de la fase lútea del ciclo estral, mediante prostaglandinas o sus análogos, los cuales producen una luteólisis controlada; o bien, por el alargamiento artificial de esta fase, utilizando esponjas o dispositivos impregnados con P4 o progestágenos (Uribe-Velásquez *et al.* 2007). Agentes luteolíticos como cloprostenol sódico y la presencia de machos induce la aparición de celos con una dispersión de 24-72 h (Pérez 1987).

II. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de la P4 y el cloprostenol sódico (análogo de PGF2 α) en la sincronización de estros en ovejas de pelo.

III. OBJETIVOS PARTICULARES

Establecer el grado de respuesta, duración del estro, concentración de P4 e intervalo retiro de la fuente de P4 exógena - ocurrencia de estro, en un protocolo de sincronización de celos con P4 en ovejas de pelo criollas en condiciones tropicales

Establecer el grado de respuesta, duración del estro, concentración de P4 e intervalo de la segunda aplicación de prostaglandinas F2 α a la presencia de estro, en un protocolo de sincronización de celos con un análogo o sintético de prostaglandina F2 α (cloprostenol sódico).

IV. HIPÓTESIS

La P4 exógena utilizada en protocolos de sincronización de estros en ovinos induce respuestas reproductivas más efectivas en comparación con los análogos de PGF2 α .

V. JUSTIFICACIÓN

En México, generalmente los sistemas de producción ovina muestran reducida tecnificación y manejo deficiente. La idea principal del productor es mejorar la calidad genética de su rebaño introduciendo animales de razas puras, lo cual en ocasiones no tiene impacto real en la eficiencia del rebaño. Indudablemente, los ovinos criollos en México tienen un potencial de producción importante. No obstante, la información disponible al respecto es limitada. En las regiones tropicales, la introducción de razas de pelo como la Pelibuey, Black Belly y Dorper, aunado a la falta de control reproductivo y el desarrollo de registros, provocó cruza entre razas (Macedo & Castellanos 2004). Este evento produjo ovinos de pelo adaptados a climas tropicales con fenotipos variables, los cuales se clasifican como ovinos de pelo criollos. Los estudios realizados en estos animales son prácticamente inexistentes. Su eficiencia productiva se desconoce, al igual que muchos parámetros reproductivos. Por lo tanto, el estudio de los eventos fisiológicos y la respuesta de los ovinos de pelo criollos a las distintas tecnologías reproductivas, resulta de interés. (Vilaboa 2006).

Se han desarrollado numerosos estudios utilizando distintos métodos de sincronización de estros; sin embargo, los resultados en cuanto a fertilidad son limitados, obteniendo porcentajes de preñez reducidos (30 a 60 %; Cardwell *et al.* 1998). El principal problema de la aplicación de hormonas exógenas para controlar el ciclo reproductivo en ovinos es la variabilidad en la ocurrencia de la ovulación a

un tiempo específico posterior al retiro del progestágeno o la aplicación de prostaglandinas. Se obtienen por lo tanto, estros y ovulaciones dispersas y al inseminar a tiempo fijo, se observa baja fertilidad (Hogue *et al.* 1962). Por lo tanto, es importante establecer, durante un protocolo de sincronización de celos, el momento en el cual ocurre el estro y su duración, eventos que determinan el momento de la inseminación o monta natural, con lo cual se pueden obtener elevados porcentajes de gestación (Hogue *et al.* 1962). La aplicación de fármacos hormonales exógenos en los protocolos de sincronización, inducen respuestas endocrinas similares a las obtenidas de manera natural por la secreción hormonal endógena; por lo tanto, la evaluación del perfil hormonal, como herramienta para determinar la efectividad de un método de sincronización, es relevante, pues permite establecer el efecto fisiológico inducido en el animal (Hogue *et al.* 1962).

VI. REVISIÓN DE LITERATURA

Una alternativa desarrollada para incrementar la eficiencia reproductiva en la oveja, es el control de su ciclo reproductivo por medio de técnicas que permiten inducir o sincronizar el estro (Sefidbakht *et al.* 1971). Con lo anterior se logran programar actividades importantes de manejo dentro de la explotación, como empadres dirigidos, registrar fechas de monta y concentrar las pariciones en épocas cortas, lo cual permite el manejo uniforme de ovejas y corderos en cuanto a sanidad, nutrición y comercialización (Cuevas *et al.* 1993; Uribe-Velásquez *et al.* 2007).

La respuesta reproductiva de borregas y ovejas en anestro estacional luego de tratamientos con progestágenos como el acetato de medroxiprogesterona (MAP) es mayor que con productos folículo estimulantes como la Gonadotropina Corionica Equina (eCG) para inducción de celos (Méndez *et al.* 2000; Catalano *et al.* 2007). Sin embargo, en diferentes protocolos de sincronización del estro en pequeños rumiantes, se recomienda el uso de gonadotropina coriónica equina (eCG) como una estrategia para incrementar la tasa ovulatoria y en consecuencia el tamaño de camada (Cuautle *et al.* 2006).

La administración de hormonas para sincronizar el estro en la oveja facilita el uso de la inseminación artificial, lo cual conlleva a un mejoramiento genético más rápido del rebaño (Lunstra & Christenson 1981).

Desde el punto de vista hormonal, existen tres maneras de sincronizar el estro en la oveja: con prostaglandinas, progesterona y progestágenos (Lunstra &

Christenson 1981, Cardwell *et al.* 1998). Estos últimos compuestos se administran a la borrega por vía oral, en esponjas, dispositivos intravaginales y en implantes subcutáneos insertados en el pabellón de la oreja (Cuevas *et al.* 1993).

6.1. OVEJAS DE PELO

Los primeros ovinos de pelo llegaron a México por la península de Yucatán entre 1930 y 1940, procedentes de Cuba. Debido a su alta capacidad para vivir en un ambiente tropical húmedo, fueron desplazándose poco a poco hacia el oeste, a los estados de Tabasco y Veracruz. Actualmente se encuentran rebaños de ovinos de pelo en las costas del Golfo de México y del Pacífico, e incluso en diferentes lugares con clima templado (Porras *et al.* 2003).

Cruz *et al.* (1994), estudiaron las variaciones estacionales en la presentación de estros en ovejas Pelibuey bajo condiciones de pastoreo en el trópico húmedo (estado de Veracruz, México 20° 4' Lat. N). La presencia de estros se determinó mediante la detección de celos dos veces al día, durante un año, el resultado fue que en Abril 81.2 % presentaron estro y en Agosto 100%, sin que dichas variaciones fueran estadísticamente significativas ($P>0.05$). Además, encontraron que el porcentaje de ovulaciones múltiples y óvulos fertilizados fue significativamente menor en abril, indicando que esto podría deberse a la baja disponibilidad y calidad de los forrajes presentes en la región entre febrero y mayo. Los autores concluyeron que en el lugar donde se realizó el estudio, no hay diferencia en la presentación de celo atribuible a la época del año. Sin embargo,

Martínez *et al.* (1998), evaluaron en la misma explotación el efecto de las variaciones en el peso y la condición corporal sobre la actividad ovárica anual, la cual determinaron mediante el seguimiento de los niveles de P4. Las ovejas presentaron una menor actividad ovulatoria durante la primavera a pesar de que en ese periodo se registraron los mejores pesos y condiciones corporales, lo que sugiere que la disminución de la actividad ovárica no fue mediada por deficiencias nutricionales, por lo que podría estar regulada por el fotoperiodo.

6.2. CARACTERÍSTICAS DEL CICLO REPRODUCTIVO DE LA OVEJA

Los ovinos son poliestricos estacionales, la duración del ciclo estral es de 16-17 d. La estacionalidad reproductiva es un evento común en los países ubicados geográficamente al Norte y al Sur de los trópicos de Cáncer y Capricornio respectivamente, y se pierde o minimiza en regiones cercanas al Ecuador (Turner 1970).

La duración media del celo es de 30 a 40 h, este parámetro es variable ya que está influenciado por:

- Edad: los animales adultos tienen celos más largos
- Raza y prolificidad: celos más largos en razas prolíficas
- Efecto Macho: el celo se acorta en presencia continua del macho

La oveja es receptiva al macho únicamente en un periodo de tiempo de 24-36 h denominado celo ovulando aproximadamente 48 h después y de no quedar preñada repetirá todo el ciclo (González-Reyna *et al.* 1991).

Se definen 2 fases durante el ciclo estral, 15 días corresponden a la fase luteal y 2 días a la fase folicular, en esta última se presenta el estro. Por lo tanto, la duración media del ciclo estral es de 16.5 ± 0.2 a 17.8 ± 0.2 días (Contreras-Solis *et al.* 2008), siendo más corto en corderas, comparado con ovejas adultas (González-Reyna *et al.* 1991).

La ovulación suele ocurrir al final del estro, la tasa de ovulación es de 1 ovulo y en ovejas mayores a 3 años aumenta la posibilidad de liberar 2 ovulos (Buxadé 1996); sin embargo, la prolificidad varía de acuerdo con la raza; generalmente, las ovejas de pelo son prolíficas, con frecuencia se observan ovulaciones múltiples.

El ganado ovino se aparea estacionalmente, el lugar de eyaculación es la vagina y la fertilización ocurre entre 4 y 10 h después de la monta. La implantación del cigoto ocurre 25 a 30 días después de la fertilización. La gestación dura 145-150 días y la longevidad del animal varia de 12 a 14 años (Buxadé 1996).

6.3. FOTOPERIODO

Los animales utilizan diversas "señales externas" que les permiten anticipar y adaptarse a las diferentes estaciones del año; de esta manera, los animales acumulan reservas de grasa antes del invierno, desarrollan pelajes adecuados a la estación, y las especies con estacionalidad reproductiva determinan el tiempo

apropiado para su reproducción (Lincoln 1992). El fotoperiodo es la principal variable ambiental utilizada como señal, porque, a diferencia de otras variables, el ciclo luminoso anual es "constante" de un año a otro, siendo el indicador más confiable de la época del año (Phillips 1992).

Desde la década de 1930, se observó que el ciclo reproductivo de las ovejas se desfasaba e invertía cuando se cambiaban de hemisferio, lo que propició la realización de numerosos estudios para evaluar los efectos del ciclo luminoso sobre la actividad reproductiva (Sadleir 1972). Dos tipos de experimentos han permitido demostrar que el fotoperiodo es el principal agente sincronizador de los ciclos reproductivos anuales en la oveja. El primer método experimental consiste en someter a las ovejas a un régimen de luz artificial opuesto al que naturalmente está ocurriendo (fotoperiodo inverso) logrando invertir su ciclo reproductivo (Thwaites 1965). El segundo método experimental consiste en la aplicación alterna de calendarios fijos de luz-obscuridad (fotoperiodo alterno), con el objeto de inducir la manifestación de varios periodos de actividad ovárica y varios de anestro en un tiempo determinado (Legan & Karsch 1980.)

Estas metodologías se consideran evidencia de que la estacionalidad de la especie es controlada por el fotoperiodo (Levasseur & Thibault 1980; Ortavant *et al.* 1988).

En los primeros estudios con fotoperiodo artificial, se observó que la disminución en la cantidad de horas luz por día ocasionaba el inicio de la actividad ovárica, mientras que su incremento la deprimía, esto originó que se clasificara a los

ovinos como una especie de "días cortos" por su capacidad para reproducirse durante el otoño (cuando la longitud del día disminuye) (Lindsay 1991; Sadleir 1972). Al respecto, se conoce que las ovejas que son trasladadas de latitudes altas ($>35^\circ$ de Lat. N) a bajas ($<35^\circ$ de Lat. N), o que son expuestas a fotoperiodos artificiales de tipo ecuatorial conservan su patrón reproductivo estacional, incluso después de varios años.

6.4. PUBERTAD

Es el cambio de un estado de inmadurez sexual a uno de completa actividad reproductiva. Es el periodo en que se activan las señales en el cerebro incrementando la actividad del eje hipotálamo-hipófisis el cual estimula la producción de gametos maduros, esto ocurre por diferenciación sexual del control neuroendocrino de la secreción de gonadotropinas hipofisiarias (Wood & Foster, 1998).

En todas las especies, existen señales internas que indican que un crecimiento corporal apropiado ha sido logrado al momento de la pubertad. En muchas especies las señales externas relacionadas a la estación del año o factores sociales son reconocidas también. El crecimiento corporal es muy importante en las corderas, para poder iniciar su actividad reproductiva. La duración del día en la pubertad incrementa la secreción tónica de hormona luteinizante (LH), en la estación apropiada (Foster, 1994). Los machos inician su madurez sexual aproximadamente 20 semanas antes que la hembra, con bajo peso corporal

durante diferente estación. Así, el crecimiento, el fotoperiodo, o ambos, pueden modular la llegada de la pubertad diferenciándose entre machos y hembras ovinas (Wood y Foster, 1998).

La pubertad en machos se presenta entre 3-6 meses de edad y en hembras entre los 5-10 meses, la madurez reproductiva del macho se presenta entre 8-12 meses y las hembras entre 8 y 14 meses de edad, aproximadamente cuando alcanzan el 40-60% de su peso adulto (Buxadé 1996).

Se han encontrado diferencias importantes en la edad a la que alcanzan la pubertad las ovejas Pelibuey nacidas en diferentes épocas del año, Balcazar *et al.* (1992) encontró que las ovejas Pelibuey nacidas en la primavera y que son suplementadas con concentrado, pulpa de cítricos y sorgo pueden comenzar a ciclar a los seis meses de edad, con pesos de alrededor de 21 kg. En cambio, las ovejas nacidas en la misma explotación durante el otoño, generalmente comienzan a ciclar hasta los nueve o más meses de edad, aún cuando su alimentación haya sido adecuada y hubieran alcanzado 21 kg desde meses antes (Rodríguez 1991). Esto probablemente se debe a que las ovejas nacidas en otoño y que son suplementadas alcanzan la edad y peso compatibles con la reproducción (6 meses y 21 kg) durante los meses de marzo a mayo en los que se ha descrito una disminución de la actividad reproductiva (Heredia *et al.* 1991; Valencia *et al.* 1981), por lo que tienen que esperar hasta que la época del año sea adecuada para comenzar a ciclar.

En general, la pubertad está influenciada por factores genéticos y ambientales, tales como el fotoperiodo, estado nutricional posdestete, época de nacimiento, tipo de parto, edad al destete, presencia del macho, entre otros (Cortes 1993; Zavala *et al.* 2008). Se caracteriza por la primera manifestación receptiva de la hembra hacia el macho. Está reconocido en la literatura que la aparición del estro en la pubertad puede o no acompañarse de una ovulación (Cortes 1993).

Para que exista la presencia de un folículo preovulatorio, los pulsos de LH se deben producir a intervalos menores a 1 h, esto aumenta la secreción de estradiol, lo que induce una descarga masiva de gonadotropinas, necesaria para la ovulación (Foster *et al.* 1985). En corderas prepúberes el generador de pulsos de GnRH no estimula la secreción de LH, ya que hay una acción inhibitoria de la concentración basal de estradiol. El resultado es que la frecuencia de pulsos de GnRH es baja y los pulsos de LH se producen a intervalos de 2 a 3 h. Esta baja frecuencia de secreción pulsátil es insuficiente para el desarrollo del folículo preovulatorio (Foster *et al.* 1985).

Investigaciones en regiones tropicales, demostraron que las hembras jóvenes con mayor ganancia de peso, entraron a la pubertad a la edad de 210 días, en comparación con 405 días en animales mantenidos en condiciones de pastoreo extensivo. El marcado efecto de la alimentación sobre la edad al inicio de la pubertad se debe a que el mayor ritmo de crecimiento permite a las hembras llegar al peso mínimo requerido para comenzar a ciclar a una menor edad (Cortes 1993).

La edad y peso corporal al que los ovinos alcanzan la pubertad es variable, según la raza y alimentación que reciben, aunque también influyen otros factores, como condiciones ambientales y manejo. En razas tropicales, los animales en condiciones extensivas, alcanzan la pubertad entre los 6 y 8 meses de edad; pero puede ser más tardía en otras condiciones, reportándose hasta 420 días de edad y pesos entre 13 y 24 kg. En razas de origen templado, la pubertad se presenta entre 6 y 18 meses, cuando los animales tienen 50-70% de su peso adulto (Cambellas 1993). Las condiciones de manejo y el tipo de parto también tienen efecto en la aparición de la pubertad. En el Cuadro 1 se observan algunos indicadores reproductivos de corderas de la craza Persa Cabeza Negra x West African, mantenidas en condiciones de pastoreo y suplementación con concentrado (Cambellas 1993).

Cuadro 1. Parámetros reproductivos en ovejas raza persa cabeza negra x west african.

	Provenientes de parto simple	Provenientes de parto doble
Edad a la pubertad (d)	232 ± 86.7	265 ± 72.3
Edad al 1er. Servicio (d)	293 ± 76.1	317 ± 51.8
Peso al 1er. Servicio (kg)	32 ± 2.0	31 ± 2.1
Edad al primer parto (d)	486 ± 91.5	502 ± 61.6

Cambellas 1993.

6.5. ESTACIONALIDAD REPRODUCTIVA

En la actualidad la producción ovina en México tiene características regionales como consecuencia de los diferentes tipos raciales predominantes en las distintas zonas del país. La región del norte se caracteriza por la producción de lana, en la zona centro predomina la producción de carne con base en la cría y engorda de ganado Criollo cruzado con razas ovinas de "cara negra" (Suffolk y Hampshire). En las áreas tropicales, la producción se lleva a cabo con razas de pelo, como la Tabasco o Pelibuey y Blackbelly o Panza Negra, debido a su capacidad de adaptación a estas regiones del país (Álvarez 1995).

La gestación en la oveja tiene una duración aproximada de cinco meses, en consecuencia su estación reproductiva debe iniciar en otoño para permitir que los nacimientos ocurran durante la primavera (Lincoln & Short 1980; Ortavant *et al.* 1988). Esta estrategia reproductiva se presenta en las razas que viven en latitudes iguales o mayores a 35°, donde los cambios ambientales (temperatura, precipitación pluvial, disponibilidad de alimentos) son contrastantes en las diferentes estaciones del año (Lindsay 1991). Por ello, la mayoría de las razas de ovejas domésticas conservan un patrón reproductivo estacional similar al que se desarrolló en la oveja silvestre; aunque existe la posibilidad de encontrar individuos con la capacidad para reproducirse en cualquier época del año (Setchell 1992; Arroyo *et al.* 2007). Es factible que la domesticación haya mejorado la eficiencia reproductiva de los animales, en algunos casos, reduciendo la edad a la pubertad; en otros, incrementando el tamaño de camada o reduciendo la

estacionalidad reproductiva, al ser menos importante para la supervivencia (Setchell 1992).

En general, es común que las razas ovinas originarias de latitudes extremas (mayores a 35°) tengan un anestro estacional superior a los cinco meses de duración y en ocasiones hasta de ocho meses, mientras que en las razas originarias de latitudes bajas (menores a 35°) este periodo no suele superar tres meses (Lindsay 1991).

Se ha podido estudiar la actividad ovárica a través del año mediante diversas técnicas tales como: la laparoscopia, que hace posible la observación directa de las ovulaciones; y el radioinmunoanálisis (RIA), que permite el seguimiento del comportamiento de la P4. De esta forma, se ha podido constatar que las ovejas originarias de latitudes bajas también presentan periodos de anestro estacional, aunque estos son de menor duración que en las razas que habitan en latitudes altas (González *et al.* 1980)

Estudios realizados en México, indican que en los ovinos de pelo, tal y como sucede con las razas de lana, se presentan fluctuaciones en el comportamiento reproductivo, existiendo una época durante la cual la fertilidad se reduce sin llegar a considerarse un periodo de anestro (Macedo & Alvarado 2005).

6.6. CICLO ESTRAL Y ESTRO

El ciclo estral está regulado por una secuencia rítmica intrínseca del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios, que es a su vez modulada por factores ambientales y factores neuroendocrinos internos (Vasconcellos *et al.* 2005). En la oveja, el ciclo sexual dura 17 días, con proestro de 2-3 días, estro de 36 h, metaestro de 2-3 días y un diestro de 12-13 días. La ovulación se produce al final del celo, aproximadamente a 24 h de comenzado éste. Cuando sucede la ovulación (estro) las glándulas del útero, cérvix y vagina secretan abundante cantidad de moco, el epitelio vaginal así como el endometrio presentan hiperemia, congestión y el cérvix se dilata (Palacios & Blanco 2000).

El cambio de una fase a otra se debe principalmente a la producción secuencial de dos esteroides por el ovario que ejercen retroalimentación positivos y/o negativa sobre el generador de pulsos de GnRH hipotalámico. Durante la mayor parte de la fase lútea, la P4 producida por el cuerpo lúteo se eleva e inhibe secreción de GnRH (Caraty & Skinner 1999).

Algunas investigaciones han demostrado que el pico preovulatorio de la hormona luteinizante (LH) se produce antes del inicio del celo, durante el cual los niveles de la hormona se incrementan hasta en 500 veces su valor basal. El resto del ciclo los niveles de LH en sangre periférica permanecen bajos y constantes. Con relación a la P4, ha sido reconocido que su ciclicidad es similar. Los niveles de P4 permanecen bajos durante el celo, incrementándose su concentración durante la

fase lútea, alrededor de los días 4 ó 5 del ciclo estral, para posteriormente disminuir a niveles basales durante el día 17 del ciclo (Cortes 1993).

La evidencia en la literatura señala una variación en la duración del estro, en función directa con la condición reproductiva de las hembras. Para las corderas primíparas, el estro tiene una duración promedio de 29 h (± 9 h), en contraste con las ovejas jóvenes con cría que presentan una duración promedio de 25 h (± 6 h), mientras que en los animales mayores el tiempo de duración del estro puede prolongarse a 31 h (± 6 h) (Cortes 1993).

En la fase lútea (13 a 15 d después de la aparición del celo), la prostaglandina F₂ α (PGF₂ α) secretada por el útero induce en la hembra no gestante la regresión del cuerpo lúteo. El descenso en la concentración plasmática de la P₄, provoca una disminución en la inhibición del eje hipotálamo-hipofisiario activando el inicio del ciclo (Hafez & Hafez 2002). En la fase folicular, varios folículos primarios cuyo diámetro es de 2 a 3 mm entran en fase de selección, pero sólo 2 o 3 llegan al estadio de dominancia (Ko *et al.* 1991; Bartlewski *et al.* 1999; Driancourt 2001; Duggavathi *et al.* 2003), el resto sufre el fenómeno de atresia. Durante este período, la hormona folículo estimulante (FSH) secretada por la adenohipófisis, estimula el crecimiento folicular (Picton *et al.* 1990; Ginther *et al.* 1995). El aumento en la concentración de estradiol 17 β secretado por los folículos en crecimiento induce la manifestación del celo, ejerciendo una retroalimentación positiva en el eje hipotálamo-hipofisiario. El aumento en la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) debida a esta estimulación

conduce a una secreción importante de FSH y LH, llamada pico preovulatorio, provocando la ovulación y formación del cuerpo lúteo (ONU-FAO 1995).

Las células del folículo, una vez liberado el ovocito, se transforman en células lúteas que integran el cuerpo lúteo (CL), secretando P4. El aumento de concentración de esta hormona y su mantenimiento a un nivel elevado durante 14 d constituye la fase lútea. Durante este periodo, el crecimiento folicular continúa, pero la gran concentración de P4 frena la actividad de descarga de GnRH por el hipotálamo bloqueando así la ovulación hasta la luteolisis siguiente (ONU-FAO 1995).

La duración del ciclo estral es de 17 d, aunque ocurren considerables variaciones debidas a diferencias de raza, etapa de la estación reproductiva y estrés ambiental. El estro dura de 24 a 36 h, influenciado por la raza, edad, estación del año y la presencia del macho. Las razas productoras de lana tienen estros más largos que las razas productoras de carne. El estro es más corto al principio y al final de la estación reproductiva, en presencia del macho y en la primera temporada de empadre (Hafez & Hafez 2002). Durante la época de reproducción, cada hembra puede presentar varios ciclos sexuales sucesivos (Chemineau 1986).

En la oveja los signos de estro son relativamente poco notables, y no se observa en ausencia del macho. Es posible que la vulva este edematosa, y que sea evidente una secreción de moco por la vagina. La oveja muestra una intensa búsqueda del macho y permanece muy cerca de ellos (Hafez & Hafez 2002).

6.7. NUTRICIÓN

El efecto de la nutrición se asocia con los cambios en el peso vivo del animal y a su conformación corporal. En este sentido la capacidad metabólica de la madre para utilizar nutrientes es uno de los mecanismos fisiológicos que afectan su expresión reproductiva y productiva. El factor que influye en mayor grado el comportamiento reproductivo de la oveja madre es el plano alimenticio antes del parto, ya que se indica un efecto detrimental en la fertilidad subsecuente al parto en ovejas sin suplementar durante el último tercio de la gestación (Cortes 1993).

Velázquez *et al.* (1995), estudiaron el efecto del nivel de suplementación alimenticia sobre la edad y peso al primer estro en ovejas Pelibuey nacidas en verano (julio y agosto), encontrando que la estación del año afecta el inicio de la pubertad, independientemente del nivel de suplementación que estén recibiendo.

Thomas *et al.* (1990), Encontraron que ovejas ovariectomizadas en pobres condiciones corporales tuvieron niveles menores de LH debido a una reducción en la frecuencia de secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas; aunque esto no ocurrió en las ovejas intactas. En consecuencia el efecto nutricional actuó directamente sobre el sistema nervioso central independientemente del mecanismo de retroalimentación negativa ejercido por los esteroides ováricos.

Findlay & Cummings (1976), señalaron que la condición corporal de las ovejas también reduce las tasas de ovulación y de partos, sin que al parecer esté asociada con cambios en los niveles plasmáticos de FSH y LH.

El nivel de proteína en la dieta de las ovejas influye sobre su comportamiento reproductivo. Nottle *et al.* (1990) demostraron que la administración de Lupinos, un grano con alto contenido de proteína >30%, en varios periodos del ciclo estral incrementó la tasa ovulatoria en ovejas. La actividad reproductiva puede afectarse debido a deficiencias de energía, proteína, minerales y vitaminas en la dieta. En este caso, la disponibilidad de estos nutrientes actúa como un "factor inmediato", en tanto que la cantidad y calidad de alimentos disponible durante el año puede ser potencialmente una "señal" que permita sincronizar el ciclo reproductivo anual, aunque se desconoce cuál sería el mecanismo neuroendocrino implicado (Pévet 1987).

La información acerca del crecimiento y metabolismo es transmitida por señales neurales y sanguíneas al sistema nervioso central (SNC). Si las señales somáticas indican que el crecimiento es inadecuado, tanto que la reproducción tendrá demandas metabólicas excesivas sobre el cordero, la madurez sexual se inhibe. La secreción tónica de LH inicia solo cuando existe un adecuado estado de crecimiento. En teoría, la sensibilidad a las señales metabólicas podrían ser diferentes entre los dos sexos en los ovinos, como ha sido demostrado en el ratón (Hamilton & Bronson 1985). Sin embargo, un estudio comparativo, utilizando crecimiento restringido y sobrealimentación en machos y hembras ovinos, sugiere una equivalente sensibilidad neuroendocrina a señales metabólicas (Wood *et al.* 1991). Lo anterior indica que la diferencia de sexo en el crecimiento y los requerimientos metabólicos para la pubertad no son los mayores determinantes del inicio de la pubertad en el macho.

El método convencional para determinar el inicio y terminación de la actividad sexual en la borrega consiste en la presencia de un macho marcador, al cual se le coloca un peto con pintura de manera que no pueda penetrar a la hembra, pero al montarla, la marca. Dicho procedimiento depende de la libido estacional del macho, además de estar basado en el registro del estro conductual y no como debería, de la ovulación. Se ha observado que la presencia del macho bajo determinadas condiciones estimula la actividad sexual de la oveja, si esta se encuentra fuera de la estación reproductiva (Cortes 1993).

El "efecto macho" consiste en introducir machos a grupos de hembras anéstricas previamente aisladas de los mismos, para estimular el inicio de la actividad ovárica (Knight *et al.* 1978). También se ha demostrado que la presencia de hembras en estro (efecto hembra) puede estimular el inicio de la actividad ovárica en ovejas en anestro (Quispe *et al.* 1995)

La actividad ovárica está controlada por el SNC, mediante inervaciones noradrenérgicas y peptidérgicas que regulan los receptores a gonadotropinas, estrógenos, P4 y con la melatonina, modifican la frecuencia y amplitud de los pulsos de secreción de GnRH, LH y FSH. Esto favorece el crecimiento de folículos preovulatorios que producen estrógenos, hasta llegar a inducir la primera liberación preovulatoria de LH y la primera ovulación (Camacho *et al.* 2008).

La ocurrencia de la ovulación puede ser determinada por el seguimiento del crecimiento y lisis del cuerpo lúteo. Este procedimiento se puede llevar a cabo bajo condiciones de laboratorio, ya sea por medio de laparoscopías repetidas o

por la determinación del nivel de P4 plasmática en muestras sanguíneas recolectadas una o dos veces por semana. La técnica mas utiliza en la actualidad para el estudio de la actividad ovárica cíclica es la determinación de los niveles de P4 en líquidos orgánicos (Cortes 1993).

Usualmente la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) utilizando los niveles de P4 en leche descremada y suero sanguíneo permite identificar la función ovárica y seguir el comportamiento reproductivo de las hembras (Delpino & González-Stagnaro 1993).

A nivel de los fluidos corporales, de leche y plasma sanguíneo, existe un conjunto de sustancias que pueden ser cuantificadas por RIA, y entre ellas las hormonas sexuales esteroideas como estrógenos, P4, testosterona. Estas se sintetizan en el sistema endocrino esteroidogenico a partir del colesterol. Las hormonas contenidas en las muestras se pueden cuantificar, en concentraciones tan bajas como ng/mL (Delpino & González-Stagnaro 1993). Mediante el uso de esta técnica, se puede conocer el perfil de P4 de una hembra en etapa reproductiva, ya que es una hormona que persiste por un periodo más prolongado (11-14 d). En ovejas y cabras, el nivele de P4 fluctúa inversamente con el nivel de estrógenos y se incrementa a partir de la ovulación, variando cíclicamente o manteniéndose por un periodo prolongado mientras dura una gestación (Asher *et al.* 1990; Delpino & González-Stagnaro 1993). De esta forma, el RIA permite conocer la actividad luteal ovárica en los pequeños rumiantes, determinando los niveles de P4 en los diferentes estados de la gestación, ciclo estral y anestro (Delpino & González-Stagnaro 1993; Porras *et al.* 2003). Esto permite al profesional tomar decisiones

confiables en relación con los diagnósticos del estado reproductivo y con la aplicación de algún tratamiento en relación con problemas reproductivos, reinicio de la actividad cíclica posparto e inicio de la pubertad (Delpino & González-Stagnaro 1993).

6.8. HORMONAS IMPLICADAS EN LA REPRODUCCIÓN

6.8.1. HORMONA LIBERADORA DE GONADOTROPINAS (GnRH)

Es un decapeptido con peso molecular de 1,183 daltons, es sintetizada en el núcleo ventromedial y área preóptica (APO) del hipotálamo y se almacena en la eminencia media (EM), proporciona un enlace humoral entre los sistemas neural y endócrino. En respuesta a las señales neurales, se liberan pulsos de GnRH hacia el sistema portal-hipofisiario, llegando directamente a las células de los gonadotropos de la adenohipófisis para la síntesis y liberación de LH y FSH (Prieto-Gómez 2002; ONU-FAO 1995). La secreción de esta neurohormona en la circulación porta-hipofisiaria varía bajo el efecto de factores externos e internos. Externos: fotoperiodo, olores, estrés; internos: retrocontroles endocrinos por los estrógenos o la progesterona. La GnRH secretada llega directamente a las células gonadotropas de la hipófisis, donde estimula la actividad de síntesis y liberación de FSH y LH (ONU-FAO 1995).

6.8.2. HORMONA FOLÍCULO ESTIMULANTE (FSH)

Es producida por los gonadotropos de la adenohipófisis, es una hormona glucoproteica constituida por dos subunidades diferentes llamadas alfa y beta. La subunidad alfa es común para la FSH y LH en una especie determinada, mientras que la subunidad beta es diferente y otorga especificidad a cada gonadotropina. Esta hormona promueve el crecimiento y desarrollo del folículo ovárico o folículo de Graaf (Hafez & Hafez, 2002). La FSH induce en el folículo la aparición de receptores de LH y mantiene la secreción de E2 del ovario. La secreción de FSH es en niveles basales durante el ciclo estral, presentando dos picos en su intensidad. El primero simultáneamente a la descarga preovulatoria de LH y el segundo 2 o 3 d después (ONU-FAO 1995). En el macho actúa en las células germinales de los túbulos seminíferos de los testículos y es responsable de la espermatogénesis hasta el estado de espermatozoides secundarios (Prieto-Gómez 2002).

6.8.3. HORMONA LUTEINIZANTE (LH)

Al igual que la FSH es producida en los gonadotropos de la adenohipófisis, es una glucoproteína compuesta de una subunidad alfa y una beta con un peso molecular de 30,000 daltons y una actividad biológica media de 30 min (Hafez & Hafez, 2002). La LH no es secretada de forma continua sino periódica, su concentración plasmática se eleva durante un corto periodo (pulso) para después descender progresivamente hasta el nivel basal donde permanece hasta el pico siguiente.

La frecuencia de los pulsos varía según la estimulación de las células hipofisiarias por la GnRH, cada pulso de LH corresponde a un pulso de GnRH. Durante la fase preovulatoria, el aumento de la concentración de estradiol (E2) secretado por los folículos, ejerce un control positivo sobre el eje hipotálamo-hipofisiario. Esta estimulación aumenta la frecuencia de los pulsos de LH provocando de esta manera un incremento importante de su concentración plasmática llamado pico preovulatorio (ONU-FAO 1995). Los niveles tónicos o basales de LH actúan conjuntamente con FSH y participan en la maduración final del folículo dominante para inducir la secreción de E2. La oleada preovulatoria de LH causa la ruptura de la pared folicular y la ovulación. Después de la ovulación, la LH estimula el desarrollo del CL y la síntesis de P4 (ONU-FAO 1995; Prieto-Gómez 2002).

6.8.4. ESTEROIDES

Son sintetizados a partir del colesterol, el cual es un esteroide de 27 carbonos y cuando su cadena lateral se separa, se transforma en pregnenolona, ésta a su vez se convierte en P4, andrógenos y estradiol (E2). Tienen un núcleo básico llamado núcleo ciclopentanoperhidrofenantreno. Un esteroide de 18 carbonos tiene actividad de estrógeno, con 19 carbonos, actividad de andrógeno; y un esteroide de 21 carbonos actúa como un progestágeno. En el plasma se encuentran unidas a la albúmina principalmente y su vida media es muy corta (Ortega 2006).

6.8.5. ESTRÓGENOS

El E2 es el esteroide primario, biológicamente activo producido por el ovario. La estrona y estriol son producidos en cantidades pequeñas. Todos los E2 ováricos son sintetizados a partir de precursores androgénicos. En el plasma se encuentran ligados a proteínas de unión. Algunas de sus funciones fisiológicas son participar en el desarrollo de las características sexuales secundarias de la hembra, a nivel de SNC para inducir el comportamiento estral. Ejercen el control de retroalimentación positiva y negativa en la liberación de LH y FSH en el hipotálamo. En el útero actúan potencializando los efectos de la oxitocina y PGF2 α para aumentar la amplitud y frecuencia de las contracciones durante el parto (Ortega 2006).

6.8.6. PROGESTERONA (P4)

Es el progestágeno más prevalente, producido por el CL, placenta y glándulas suprarrenales. Se transporta en sangre por una globulina de enlace. Su secreción es estimulada por la LH. Su función principal es mantener la gestación, actúa preparando al endometrio para la implantación, aumentando la actividad secretoria de las glándulas endometriales e inhibiendo la movilidad del miometrio para el mantenimiento de la preñez. En sinergia con los E2 induce el comportamiento sexual. Después de la ovulación, el aumento de la concentración de P4 ejerce una

retroalimentación negativa sobre el hipotálamo que inhibe la secreción de GnRH y LH, bloqueando de esta forma una nueva ovulación (ONU-FAO 1995, Hafez & Hafez, 2002).

6.8.7. PROSTAGLANDINAS (PG)

Son ácidos grasos hidroxiinsaturados de 20 carbonos con un anillo ciclopentano. El ácido araquidónico es el precursor de las PGF₂ α y PGE₂ relacionadas con la reproducción; son transportadas por la sangre hasta el órgano blanco, la PGF₂ α es el agente luteolítico natural que finaliza la fase lútea del ciclo estral y permite el inicio de un nuevo ciclo. Se pueden considerar como hormonas que regulan varios fenómenos fisiológicos y farmacológicos, como la contracción del músculo liso en los aparatos gastrointestinal y reproductivo, la erección, eyaculación, transporte de espermatozoides, ovulación, formación del CL, parto y eyección de leche (Ortega 2006).

6.8.8. INHIBINAS Y ACTIVINAS

Son reguladores parácrinos ya que modulan la señal endócrina de LH producidas por las células de la granulosa del folículo dominante, tienen efectos en la producción de FSH (Hafez & Hafez 2002). Tanto inhibinas como activinas actúan en forma antagonica inhibiendo o estimulando el crecimiento de los folículos. (Glister *et al.* 2001)

6.8.8.1. Inhibinas

Las gónadas son la fuente principal de inhibinas y proteínas que contribuyen a la regulación endocrina del sistema reproductor. En el macho son producidas por las células de Sertoli y por las células de la granulosa en la hembra. Desempeñan un papel importante en la regulación hormonal de la foliculogénesis durante el ciclo estral y son sintetizadas por las células de la granulosa, ejercen retroalimentación negativa en la hipófisis produciendo una menor secreción de FSH. Además, tienen una acción parácrina positiva en la producción de andrógenos por la acción de la LH en las células tecales. La activina por su parte tiene un rol autócrino, sola o en conjunto con la FSH, sobre las células granulosas manteniendo el desarrollo de la foliculogénesis (Fernández 1993).

Las inhibinas actúan como señales químicas en la hipófisis y regulan el número de folículos que crecen en el ovario. Reducen la secreción de FSH sin alterar la liberación de LH, pueden ser responsables de la liberación diferencial del LH y FSH hipofisiaria (Fernández 1993).

6.8.8.2. Activinas.

Son proteínas encontradas en el líquido folicular que estimula la liberación de FSH, son hormonas heterodiméricas compuestas de una subunidad α y una o dos subunidades β (βA o βB). Son potentes dímeros liberadores de FSH (dímeros de

las subunidades de inhibina β). La activina tiene un rol autócrino, sola o en conjunto con la FSH, sobre las células granulosas manteniendo el desarrollo de la foliculogénesis (Hafez & Hafez 2002).

6.9. HORMONAS PLACENTARIAS

La placenta secreta hormonas con actividad biológica similar a la de las hormonas de la reproducción en los mamíferos: gonadotropina coriónica equina (eCG), gonadotropina coriónica humana (hCG), lactógeno placentario (PL) y proteína B (Hafez & Hafez 2002).

6.9.1 GONADOTROPINA CORIÓICA EQUINA (eCG).

La eCG es una glucoproteína con subunidades alfa y beta similar a las de la LH y FSH, con un mayor contenido de ácido siálico, responsable de una vida media más larga. El útero equino secreta esta gonadotropina placentaria. Los cálices endometriales que se han formado alrededor del día 40 de la preñez y que persisten hasta el día 85, son la fuente de eCG. Tiene acciones de FSH y LH, siendo dominantes las de FSH. Circula en la sangre de la yegua y no es excretada en orina. Estimula el desarrollo de folículos, estos se luteinizan debido al efecto de LH de la eCG, estos CL accesorios producen progestágenos que mantienen la preñez de la yegua (Hafez & Hafez 2002).

6.9.2 GONADOTROPINA CORIÓNICA HUMANA (hCG).

La glucoproteína hCG consiste en subunidades alfa y beta con un peso molecular de 40,000 daltones. La subunidad alfa tiene 92 aminoácidos (aa) y dos cadenas de carbohidratos, es similar a las subunidades alfa de LH humano, porcino, ovino y bovino. La subunidad beta tiene 145 aa y cinco cadenas de carbohidratos. La hCG es principalmente luteotrópica y tiene poca actividad de FSH, estimula al CL para que produzca progesterona y estrógenos. Es sintetizada por las células sincitiotrofoblásticas en la placenta de los primates, se encuentra tanto en la sangre como en la orina (ONU-FAO 1995).

6.10. SINCRONIZACIÓN DE ESTROS

La sincronización de estros es ampliamente utilizada en el mundo, consiste en la manipulación de la fase lútea y folicular del ciclo estral. En ovejas, la mejor etapa para controlar el estro es la fase lútea, la cual tiene mayor duración y responde mejor a la manipulación. Existen estrategias que pueden ser empleadas para extender la fase lútea por aplicación de P4 exógena o para acortar esta fase por regresión prematura del cuerpo lúteo. La sincronización de estros no sólo provee un aceptable número de hembras en celo, sino también un aceptable nivel de fertilidad con monta natural o inseminación artificial (IA) (Wildeus 1999).

En ovinos, el desarrollo de estos métodos ha permitido la manipulación eficiente del celo y la ovulación para determinar el tiempo óptimo de la IA, sincronizando el

empadre y la parición a fin de permitir el establecimiento de programas apropiados de mejoramiento genético (Urviola *et al.* 2005).

En la oveja no es fácil observar signos externos de celo; por lo tanto, se hace difícil detectar los estros, a menos que se utilicen machos celadores o marcadores. Pueden emplearse algunos métodos para sincronizar estros, pero por lo general, son costosos y requieren mano de obra especializada (Cambellas 1993). Estos métodos se basan en el control de la vida del cuerpo lúteo y consecuentemente de la actividad folicular a través de hormonas como la PGF2 α identificada como el factor luteolítico del cuerpo lúteo (Urviola *et al.* 2005).

A través de la identificación química de distintas hormonas endógenas se han desarrollado hormonas análogas sintéticas, y en el caso de la PGF2 α , se usan para inducir la regresión del cuerpo lúteo y consecuentemente el retorno al celo de las ovejas. El mayor efecto luteolítico de la PGF2 α se observa en cuerpos lúteos maduros, estando reducido o ausente en cuerpos lúteos de 4 d de desarrollo. Sin embargo, existen reportes de un efecto luteolítico en cuerpos lúteos de 3 d (Urviola *et al.* 2005).

En condiciones templadas, donde las ovejas presentan estacionalidad reproductiva, se justifica plenamente el uso de productos hormonales en la sincronización de los estros, pero en climas y razas tropicales su uso es limitado, aun cuando presentan algunas ventajas al facilitarse el manejo de los animales pudiéndose planificar épocas de partos según disponibilidad de alimentos y demanda de productos ovinos (Cambellas 1993).

Utilizando esponjas vaginales impregnadas con acetato de fluorogestona por 14 d en ovejas de raza West African e introduciendo los machos 24 h después de retirar las esponjas, se sincronizó el celo en 94% de los animales, entre 48 y 72 h en 50 % y en más de 72 h en 14 % de ellos. El porcentaje de preñez fue de 70 %, el intervalo entre celos en las ovejas que no quedaron preñadas fue de 17 ± 3 d y la duración de la gestación de 149 ± 2 d (Cambellas 1993).

6.11. DISPOSITIVOS DE LIBERACIÓN INTERNA CONTROLADA DE PROGESTERONA (CIDR)

Estos dispositivos son hechos de un elastómero de silicón impregnados de P4, actualmente son los de mayor facilidad en su aplicación, su contenido de P4 es de 300 mg. En estudios realizados con ovejas ovariectomizadas implantadas con CIDR, el pico de P4 en plasma se alcanzó después de 2 h de la inserción (5.5 ng/mL), con una rápida declinación curvilínea (Ainsworth & Downey 1986). Sin embargo, en trabajos subsecuentes, Hamra *et al.* (1986) y Wheaton *et al.* (1993) encontraron el pico de P4 en plasma de 2.1 ng/mL a 24 h y relativamente estables entre los días 1 y 13 (1.9 ng/mL). El protocolo para el uso del dispositivo CIDR es usualmente idéntico al protocolo de las esponjas vaginales. El tiempo al inicio del estro después del retiro del CIDR con 11 d de tratamiento en época reproductiva fue de 10 h en hembras jóvenes y 33.3 a 34.5 h en hembras maduras (Fenton *et al.* 1997). Otras investigaciones indican que el uso del CIDR elimina la variación en la tasa de ovulación usualmente observada bajo condiciones naturales en la época de reproducción (Scott & Montgomery 1990).

Ritar *et al.* (1990), reportaron en un experimento realizado con ovejas Cashmere (n=1,833) en Australia, comparando CIDR con el tratamiento tradicional de esponja (FGA), en esquemas de inseminación artificial, durante la estación reproductiva, las ovejas fueron tratadas por 15 a 20 d y al terminar el tratamiento se administró eCG (200 UI). No observaron diferencias entre el CIDR y la esponja con FGA, las tasas de preñez fueron de 39 % con inseminación cervical y 52 a 64 % para inseminación laparoscópica usando semen congelado.

Al comparar el CIDR contra la esponja impregnada con crema (P cream) que contiene 500 mg de P4 en ovejas por 12 d fuera de época reproductiva, la tasa de inducción a estro y tiempo de inicio al estro después de remover el dispositivo fue de 91.7% y 36.3 ± 15.7 h y 100% y 35 ± 12.6 h, respectivamente, no encontrando diferencia ($P>0.05$) entre los dispositivos (Kohno *et al.* 2005). En otro experimento, al comparar tres métodos de sincronización CIDR, esponja impregnada con crema (500 mg P4) y esponja impregnada con crema acetato de medroxiprogesterona (MAP) por 12 d, todas las ovejas mostraron estro a los 3 d del retiro de los dispositivos, y el promedio de tiempo de inicio al estro fue: 23, 33 y 21 h respectivamente.

6.12. ESPONJA INTRAVAGINAL

Ha sido el tratamiento tradicional de elección para la sincronización en pequeños rumiantes, dentro y fuera de la estación reproductiva. Estas son esponjas de poliuretano impregnadas con 60 mg de MAP o 45 mg de acetato de fluorogestona

(FGA), aplicadas por periodos de 10 a 16 d (Ainsworth & Wolynetz 1982; Iglesias *et al.* 1997).

La eficacia de las esponjas se ha demostrado en muchos experimentos con variable respuesta al estro y fertilidad, dependiendo de la especie, raza, tratamiento adicional (FSH o eCG), manejo y sistema de empadre (monta natural o IA). En un estudio donde se comparó la concentración de un progestágeno contenido en esponjas intravaginales conteniendo 15, 30, 45 ó 60 mg de MAP en ovejas raza Corriedale en época de anestro estacional, no se encontraron diferencias estadísticas entre las dosis y el porcentaje de ovulación (96.8 %) y tasa de ovulación (1.25) (Iglesias *et al.* 1997), esto sugiere que una dosis del 25 % de la formulación comercial (15 mg) puede ser útil para inducir estros en esa raza.

Algunos estudios han evaluado la eficacia del tiempo de inseminación siguiendo un tratamiento con esponja intravaginal. En un experimento a gran escala en ovejas de la raza Merino (n= 2,304), Moses *et al.* (1997), no encontraron diferencias en las tasas de preñez usando IA laparoscópica con semen congelado, la cual se realizó 12 h después de haber detectado el estro (62.9 %) o a tiempo fijo 60 h después de remover la esponja (59.1 %). La aplicación de eCG, 48 h antes del retiro o al momento de retirar la esponja, con IA cervical a tiempo fijo a las 36 y 48 h, indujo porcentajes de parición similares ($P>0.05$) 40 a 64 % en ovejas inseminadas con semen fresco fuera de estación reproductiva, resultado comparable al obtenido en ovejas inseminadas a estro detectado (50% de pariciones) (Fukui *et al.* 1989).

6.13. PROSTAGLANDINAS

Cuando las ovejas o cabras se encuentran a la mitad o final de la fase lútea del ciclo estral, el cuerpo lúteo se puede destruir administrando PGF2 α . La hipófisis inicia la liberación de gonadotropinas que estimulan el crecimiento folicular y el estro se presenta en 2 ó 3 días (Martínez *et al.* 2007; Cordova-Izquierdo *et al.* 2008).

Como herramienta de sincronización, el uso de PGF2 α o sus análogos, queda limitado para hembras ciclando durante la estación reproductiva, ya que promueve la lisis del CL, en comparación con los progestágenos, los cuales se pueden utilizar en la fase lútea o durante el anestro e inhiben la secreción pulsátil de GnRH impidiendo la ovulación (Hackett *et al.* 1981). El sistema basado en prostaglandinas controla el ciclo estral con la terminación de la fase lútea a través de la regresión del cuerpo lúteo; por lo tanto, sólo es aplicable a hembras ciclando y de ahí que este sistema limita su uso a la época de reproducción. Debido a que el ciclo estral de las ovejas no se encuentra en la misma fase, y no son receptivas al tratamiento de igual forma, un sistema de doble inyección con 11 d de separación es el más usado en el mundo para ovejas y cabras (Wildeus 1999).

La PGF2 α induce lisis del cuerpo lúteo maduro, el cual es susceptible 4-5 días después del estro, manifestándose de nuevamente el estro de 36-48 h después de la administración. Cerca de 100 % de las ovejas ciclando responden a 2 inyecciones de PGF2 α administradas con 11 d de diferencia. Las bajas tasas de fertilidad presentan mayor relación con el uso de prostaglandinas que con la

utilización de progestágenos, debido a falla lútea prematura (Córdova-Izquierdo *et al.* 2008).

Zamiri & Hosseini (1998) evaluaron el uso de hCG que tiene acción luteotrópica, para aumentar la fertilidad, prolificidad y parición en ovejas sincronizadas con cloprostenol con intervalo de 8 días. Las ovejas fueron inyectadas con dosis de 125, 250 y 500 UI hCG y solución salina 24 h después de la segunda inyección de cloprostenol. La dosis más alta de hCG incrementó la prolificidad ($P < 0.05$) pero deprimió la fertilidad, sugiriendo que la gonadotropina coriónica (hCG) no es viable para este tipo de sincronización. No se encontró diferencia en ovejas raza Menze en respuesta al estro (83 %) sincronizadas con $\text{PGF}_{2\alpha}$ y esponja con FGA; sin embargo, las hembras tratadas con $\text{PGF}_{2\alpha}$ mostraron estro más temprano ($P < 0.05$), 6 h (Mutiga & Mukasa-Mugerwa 1992). El inicio temprano del estro después de administrar prostaglandinas, comparado con esponjas conteniendo acetato de melengestrol (MAP) se observó en ovejas raza West African Dwarf a las 41.2 y 77.7 h ($P > 0.05$), respectivamente (Oyediji *et al.* 1990).

La aplicación de una sola dosis de prostaglandinas menor a 5 mg no es suficiente para causar la lisis del cuerpo lúteo (Cabañas *et al.* 2006). Tratamientos de sincronización usando solo FGA, demostraron una efectividad en presencia de estros del 100 %; tratamientos con FGA + $\text{PGF}_{2\alpha}$ presentaron una efectividad en la sincronización de celos del 95% (Azevedo *et al.* 2002). Así mismo, tratamientos donde se combina $\text{PGF}_{2\alpha}$ + MAP suelen inducir el estro en ovejas a los 2-3 d posteriores al término del tratamiento (Fitzgerald *et al.* 1985).

Al inicio del ciclo estral, el tejido lúteo en formación es más resistente a la luteólisis provocada por la PGF2 α ; debido a la corta vida media de la PGF2 α , pequeñas dosis repetidas de esta hormona pueden tener el mismo efecto que una única dosis elevada. Por otro lado, la asociación de PGF2 α y las gonadotropinas tipo eCG aumentan significativamente la tasa ovulatoria (Uribe-Velásquez 2007).

Es posible lograr la sincronización de estros con dosis reducidas de PGF2 α , por lo que es conveniente determinar una dosis baja efectiva del luteolítico por razones económicas, y más si se considera que para lograr un adecuado porcentaje de animales en estro, debe usarse doble aplicación (Torres *et al.* 1996). En la oveja, se da como un hecho que la administración de la PGF2 α entre los días 5 al 14 del ciclo estral provoca la regresión del cuerpo lúteo, y el estro se presenta entre 48 y 72 h después del tratamiento (Hernández *et al.* 2001).

6.14. PROGESTÁGENOS

Desde hace muchos años se han usado tratamientos con análogos de P4 (progestágenos) para sincronizar el celo en ovejas y cabras. La duración de dichos tratamientos de acuerdo a lo promovido por los fabricantes es prolongada (12-14 d en ovinos, 14-16 d en caprinos), pero el fundamento para ello no es muy claro. Si las ondas foliculares emergen cada 4 a 6 d no parece justificado el uso de tratamientos hormonales tan prolongados (Rubianes 2000).

Los progestágenos se han convertido en el método más utilizado para la sincronización del estro en el ganado ovino. Con este método se alcanzan tasas mayores al 70 % de sincronización (Cline *et al.* 2001).

Los dispositivos vaginales impregnados con progestágenos también han sido efectivos en sincronización del celo y ovulación durante la época de reproducción (Deweese *et al.* 1970).

El uso de progestágenos se desarrolló a partir de datos generados por investigadores australianos, donde se demostró que el ciclo estral de la oveja puede ser controlado usando esponjas intravaginales impregnadas con P4 (Ainsworth & Wolynetz 1982). Así mismo, con el uso de CIDR por 6 d en ovejas, se demostró la eficacia para inducir el celo y la ovulación (Knights *et al.* 2001).

Algunos protocolos que utilizan P4 y eCG inducen celos fértiles en ovejas, independientemente de la época del año y de las condiciones ambientales. La administración de eCG al momento de retirar el CIDR ha demostrado estimular el crecimiento folicular y el tiempo de ovulación durante la estación del año en la cual la fertilidad se encuentra disminuida (Martínez *et al.* 2006).

Desde que en el año 1961, se sincronizó el celo en bovinos y suinos con MAP; agente progestacional que después fue utilizado con éxito para sincronizar celo en ovejas (Woody *et al.* 1967). En Investigaciones posteriores se informó que estos dispositivos en combinación con suero de yegua preñada (PMSG) producen un celo sincronizado en ovejas en anestro estacional (Brunner *et al.* 1964). Aplicando

MAP en dosis de 50 mg por animal, durante 10 días, se obtuvo sincronización de celos en ovejas (Velle & Helle 1979).

Una sola administración intramuscular de PMSG combinada con el tratamiento con progestágenos, induce la aparición del estro, aumenta la tasa de ovulación, y provoca una mayor sincronía de la ovulación (Jabbar *et al.* 1994).

Con el uso de progestágenos por periodos cortos (5 ó 6 d) se obtienen resultados de buena fertilidad; aunque no se logre una excelente sincronización (Rubíanes 2000).

Los métodos de sincronización con progestágenos más exitosos incluyen el uso de FGA en esponjas vaginales de poliuretano. Existe una sugerencia referente a que el tratamiento con progestágenos puede afectar negativamente el transporte espermatozoidal y, por tanto, la fecundidad. Una causa probable de esta adversidad es la duración de la exposición y/o el excesivo estímulo progestacional en el útero (Hakett *et al.* 1981).

El momento en que ocurre la ovulación tras la aplicación de fuentes de progestágenos está bien definido y va de 50 a 65 h después de la eliminación de la fuente del fármaco, la aparición del estro y la ovulación se adelanta y es menos variable al utilizar un progestágeno en combinación con PMSG (Cardwell *et al.* 1998).

VII. MATERIALES Y METODOS

7.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El estudio se llevo a cabo en el Módulo Ovino del Campo Experimental, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, ubicado en el kilómetro 128.1 de la Carretera Federal Pinotepa Nacional - Puerto Escondido. Geográficamente se localiza a 15° 52' latitud norte y 97° 04' longitud oeste, a la altura del mar. El clima de la región es cálido húmedo (AWo AWI) con lluvias en verano. La precipitación anual varía de 500 a 1500 mm, con una temperatura promedio de 28° C (García 1988).

7.2. ANIMALES EXPERIMENTALES

Se utilizaron 30 ovejas de pelo criollas (cruzas no determinadas Pelibuey X Black Belly X Dorper), adultas, clínicamente sanas, con pesos promedio de 37.8 ± 3 kg (Fig. 1)



Figura 1. Ovejas de Pelo Criollas utilizadas en el experimento.

7.3. ALIMENTACIÓN Y MANEJO GENERAL DE LOS ANIMALES

Siete días antes de iniciar el experimento, con el propósito de confirmar que las ovejas no estuvieran gestantes se revisaron por ultrasonografía transrectal,

utilizando un ultrasonógrafo marca Dramisky® (Polonia) y una sonda variable de 5 – 7.5 Mhz.

Las ovejas se alimentaron con 150 g de concentrado comercial, 16 % de proteína cruda y 3.4 Mcal/kg/MS de energía metabolizable, cubriendo con los requerimientos nutricionales (PC 8.9, MS 1.2, EM 1.8 Mcal/kg); se administraron vitaminas y minerales, de manera que se cubrieran los valores requeridos de los siguientes minerales: Ca (0.42); P (0.21); Na (0.04); Cl (0.03); K (0.40); Mg (0.06); S (0.18), representados en porcentaje, Fe (33); Cu (4.4); Zn (21); Mn (12); Se (0.21); Co (0.2); I (0.5) se adicionaron en la dieta como mg/kg de MS (National Research Council 2007).

Previo al presente estudio la alimentación de las ovejas consistió en pastoreo de 7:00 a 14:00 h en un sistema silvopastoril dentro de potreros establecidos con pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), guacima (*Guazuma ulmifolia*) y cocuite (*Gliricidia sepium*); posteriormente, los animales se estabularon adicionando al concentrado, Fosforysal Borrego® (premezcla de minerales y vitaminas) , se les ofreció alfalfa deshidratada (*Medicago sativa*) y agua a libre acceso. Todas las hembras, previo al inicio del experimento, se desparasitaron con Closantil® 5 % (Closantel 50 mg, dosis 2 mL/10 kg P.V.; Chinoin®, México); de manera adicional, se administró, vía IM, 1 mL/animal de vitamina A, D, E (Vigantol®, Bayer).

El experimento se llevó a cabo durante la época reproductiva (Arroyo *et al.* 2007), durante los meses de noviembre y diciembre de 2010.

7.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Las hembras se asignaron al azar a uno de dos tratamientos. Tratamiento 1 (CIDR; n=15): sincronización de estros utilizando un dispositivo intravaginal de liberación hormonal controlada; se colocó en las ovejas un CIDR impregnado con 300 mg de P4 (CIDR®, Pfizer, México) por 11 d, al momento del retiro del CIDR (día 11) se administraron 2 mL (400 UI) de PMSG (Folligon®, Intervet, México), vía intramuscular. Tratamiento 2 (PG; n=15): sincronización de estros con un análogo de PGF2 α ; se aplicaron, vía intramuscular, dos dosis de 0.075 mg de Prosolvin C® (Intervet, México), con intervalo de 11 d.

7.5. MUESTREO SANGUÍNEO Y PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

La medición de la concentración de P4 en sangre es un indicador real de un CL funcional. Con el propósito de obtener la concentración de P4 durante los protocolos de sincronización, se realizaron muestreos sanguíneos cada 24 h, iniciando al momento de la colocación del CIDR o al administrar la primera dosis de PGF2 α (día 0) y finalizando el día de terminación del estro, en ambos grupos (aproximadamente en el día 14). Las muestras sanguíneas se colectaron en tubos vacutainer heparinizados (Figura 2). En la primera hora posterior a la colección, las muestras fueron centrifugadas a 3000 rpm, durante 15 min en el laboratorio de Química de la Universidad del Mar, el plasma fue separado y almacenado a -20°C, hasta su análisis. La concentración se determinó por RIA en fase sólida (Pulido *et*

al. 1991) en el Laboratorio de Endocrinología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.



Figura 2. Muestreo sanguíneo con tubos vacutainer heparinizados

7.6. DETECCIÓN DE ESTROS

Ocho horas después de retirar el CIDR (grupo CIDR) o después de aplicar la segunda dosis de PGF₂ α (grupo PG), se inició la detección de estros. Se utilizaron tres machos adultos provistos con mandil (Fig. 3). Los sementales se introdujeron cada 2 h a los corrales de las hembras, por 15 min. Las ovejas en estro fueron marcadas y separadas del grupo durante el periodo de revisión para evitar

distracciones del macho y se incorporaron nuevamente al corral después de retirar el carnero. Se determinó:

- Intervalo retiro del CIDR – inicio del estro.
- Intervalo segunda aplicación de PGF2 α – inicio del estro.

En ambos grupos se registró la duración del celo y la proporción de hembras que respondieron a los tratamientos.



Figura 3. Machos adultos utilizados en el experimento.

7.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El Intervalo retiro CIDR o aplicación de la segunda dosis de PGF2 α al estro y la duración del estro se compararon entre grupos con un análisis de varianza, PROC GLM (SAS, 2001). La proporción de animales con respuesta al tratamiento se comparó entre grupos con una prueba de Chi-cuadrada. La concentración de P4 se comparó entre grupos y dentro de grupos con un análisis de varianza, utilizando el PROC GLM (SAS, 2001); la comparación de medias dentro de grupo y entre grupos se realizó con el estadístico de prueba Tukey.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente estudio, 100 % de las ovejas de ambos grupos respondieron al tratamiento ($P>0.05$) mostrando celo (Cuadro 2), lo cual coincide con los resultados de Kohno *et al.* (2005) y Córdova-Izquierdo *et al.* (2008). Asimismo, Martínez *et al.* (2008), reportaron que 100 % de las ovejas sincronizadas con CIDR + GnRH mostraron estro.

Cuadro 2. Respuesta reproductiva en ovejas de pelo criollas con tratamientos de sincronización de estros utilizando un análogo de PGF2 α y dispositivos intravaginales (CIDR).

Tratamiento	n	Animales con respuesta al tratamiento (%)	Intervalo final de tratamiento al estro (h; media $\pm$ E.E.)	Duración del estro (h; media $\pm$ E.E.)
CIDR	15	100 ^a	22.2 $\pm$ 2.2 ^a	54.2 $\pm$ 2.6 ^a
PG	15	100 ^a	33.1 $\pm$ 2.2 ^b	51.8 $\pm$ 2.6 ^a

^{a,b,c,d} Distintas literales en la misma columna indican diferencias (P<0.05).

CIDR: Sincronización de estros con CIDR (300 mg de P4) colocado vía intravaginal por 11 d y una administración de PMSG (400 UI/IM) al retirar el dispositivo.

PG: Sincronización de estros con dos inyecciones de un análogo sintético de prostaglandina F2 α (0.075 mg prosolvin C®, intramuscular) administradas con intervalo de 11 días.

Los intervalos retiro de CIDR (grupo CIDR) y segunda aplicación de PGF2 α (grupo PG) al estro, fueron diferentes (P<0.05) entre grupos. El estro se presentó a las 22.2 $\pm$ 2.2 h en el grupo CIDR, 11 h antes que en el grupo PG (Cuadro 2). El intervalo entre el final del tratamiento y el inicio del estro, en ambos grupos, es menor que el reportado por Martínez *et al.* (2008), quienes al sincronizar ovejas con CIDR + GnRH registraron que el estro inició 42.3 $\pm$ 3.8 h después de finalizar el tratamiento. En contraste, los resultados registrados en el presente estudio coinciden con el reporte de Kohno *et al.* (2005), quienes al comparar tres métodos de sincronización de estros: CIDR, esponja impregnada con 500 mg de P4 y esponja impregnada con MAP por 12 días, observaron que 100 % de las ovejas mostraron estro 3 días después del retiro de los dispositivos y en promedio, el

inicio del estro ocurrió a las 23, 33 y 21 h, respectivamente. De manera adicional, Uribe-Velásquez *et al.* (2008a) compararon dos protocolos de sincronización de estros: aplicación de 2 dosis de PGF2 α con intervalo de 9 días vs CIDR + 500 UI de eCG y registraron el tiempo de presentación del estro, la ovulación y la concentración plasmática de hormonas esteroides en ovejas raza Bergamacia, a pesar de que la segunda dosis de PGF2 α se aplicó después de 9 días y el retiro del CIDR fue a los 12 días, la presencia del estro ocurrió en el 100 % de las ovejas, primero en el tratamiento CIDR y posteriormente en el tratamiento con PGF2 α con 18 h de diferencia; una tendencia similar a lo observado en el presente estudio, en la cual, el estro ocurrió primero en el grupo CIDR y posteriormente en el grupo PGF2 α . Por otro lado, Martínez-Tinajero *et al.* (2008), al sincronizar ovejas raza Damara X Merino con CIDR y dos tiempos de aplicación de GnRH, 100 % de las ovejas presentaron estro durante los primeros cinco días posteriores a la remoción del CIDR, ninguna oveja presentó estro en las 24 primeras h; de las 24 a las 36 h, se manifestó celo en 22 % de las ovejas; de 36 a 48 h se observó estro en 62.5 % de las ovejas y después de las 48 h en el 15.5 %. Wildeus (1999) sincronizó ovejas y reportó que el estro ocurrió 33.1 $\pm$ 2.2 h después de la aplicación de la segunda dosis de un análogo de PGF2 α , en el día 11 del tratamiento.

La duración del estro fue similar ($P>0.05$) entre grupos (Cuadro 1). Al respecto, González-Stagnaro *et al.* (1993) establecieron que en cabras, en ovejas criollas y mestizas West African, cuando se utilizan prostaglandinas naturales y análogos en una o dos inyecciones, con intervalos de 8 a 11 d, después de 3 a 5 d se observa

celo en el 100 % de los animales, con una duración de hasta 5 d, lo que equivale a 120 h. Cambellas (1993) argumentó que la duración del estro en ovejas sincronizadas varía según la raza; por ejemplo, ovejas de la raza Black Belly, sin tratamiento de sincronización, tienen una duración del estro de hasta 42 h y usando un método de sincronización con progestágenos por 14 d, presentan estro con duración de hasta 72 h. Lo anterior coincide con las observaciones del presente estudio, en el cual, al utilizar el CIDR (P4), la duración del estro fue de 54.2 ± 2.6 h, valor superior al observado con el uso de cloprostenol sódico (Análogo de $\text{PGF}_{2\alpha}$) (Cuadro 2). Al respecto, Camacho (2008), utilizó progestágenos en ovejas raza Pelibuey con el propósito de sincronizar los estros (T1) o inducir la pubertad (T2); observó que la duración del estro fue de 60.5 ± 6.6 y 41.3 ± 3.6 h, para T1 y T2, respectivamente. Gordon (1997) y Fernández *et al.* (1997), señalaron que la duración del estro en ovejas varía de 24 a 48 h. Sin embargo, puede aumentar hasta en 50 % en ovejas con ovulación múltiple. En adición, González *et al.* (2000) indicaron que la duración del estro puede disminuir a la mitad cuando las hembras permanecen de manera continua con el macho. Rodríguez-Castillo *et al.* (2010), al aplicar FGA+PMSG y $\text{PGF}_{2\alpha}$ en ovejas, reportaron que la mayor duración del estro, se observó en los animales sometidos a tratamientos con progestágenos, lo cual puede atribuirse a un efecto de la PMSG al alargar la fase folicular debido al mayor número de folículos reclutados y provocar mayor disponibilidad de estradiol, las cabras u ovejas que recibieron $\text{PGF}_{2\alpha}$ tuvieron una duración del estro menor.

Los reportes para la duración del estro indican mayor variabilidad cuando las cabras y ovejas son tratadas con progestágenos y menor variación cuando se utilizan prostaglandinas (Romano, 1998). Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio en cuanto a la duración del estro con los diferentes métodos de sincronización utilizados.

La concentración de P4 en ambos grupos se asocia con la respuesta fisiológica de las hembras al tratamiento hormonal administrado (Cuadro 3). En el tratamiento CIDR, la concentración mayor a 1 ng/mL, observada del día 0 al 11, es similar a la de ovejas con un CL funcional. Esto indica que el dispositivo intravaginal liberó P4 de manera efectiva, simulando la fase lútea del ciclo estral. Por lo tanto, la maduración folicular y la ovulación se suprimieron. El día 12, 24 h después de retirar el CIDR, se observó una disminución ($P<0.05$) en la concentración de P4, respuesta esperada al retirar la fuente exógena de esta hormona.

La concentración de P4 menor a 1 ng/mL, es característica de ovejas en fase folicular, lo cual confirma, que las hembras tratadas se encontraban en esta etapa del ciclo estral, del día 12 al 14, lo cual coincidió con el inicio del estro a las 22.2 ± 2.2 h, posteriores al retiro del CIDR. Intervalo menor que el reportado por Fenton *et al.* (1997), quienes al tratar ovejas con CIDR por 11 d, durante la época reproductiva registraron que el estro ocurrió entre 33 y 34 h posteriores al retiro de los dispositivos.

La concentración de P4 en el grupo PG, demostró el efecto luteolítico del análogo de prostaglandina F2 α (Cuadro 3). El día 0 de tratamiento, la concentración de P4

fue de 3.7 ± 0.65 ng/mL; se observó una reducción ($P < 0.05$), 24 h después, día 1 (0.87 ± 0.26 ng/mL), lo cual indicó que los CL en las hembras fueron lisados por la acción de la prostaglandina. Esta lisis lútea indujo una fase folicular, la cual ocurrió del día 1 al 4; posteriormente se observa incremento ($P < 0.05$) en la concentración de P4. Las concentraciones observadas, mayores a 1 ng/ml indicaron la formación de nuevos cuerpos lúteos, los cuales se mantuvieron funcionales hasta el día 11, momento en que se administró la segunda dosis del análogo de $\text{PGF}_{2\alpha}$, esto indujo la lisis de los CL e inició una nueva fase folicular en 100 % de las hembras.

Cuadro 3. Concentración de progesterona (P4) en ovejas de pelo criollas bajo dos métodos de sincronización de estros, dispositivos intravaginales (CIDR) y un análogo de PGF2 α .

Día de tratamiento	Concentración de P4 (ng/mL; media ± E.E.)		Probabilidad
	Tratamiento		
	CIDR	PG	
0	5.92 ± 0.75 ^a	3.70 ± 0.65 ^a	*
1	6.20 ± 0.58 ^a	0.87 ± 0.26 ^{cd}	*
2	7.38 ± 0.74 ^a	0.55 ± 0.05 ^d	*
3	7.08 ± 0.68 ^a	0.48 ± 0.04 ^d	*
4	5.92 ± 0.76 ^a	0.99 ± 0.12 ^{cd}	*
5	7.39 ± 0.99 ^a	1.12 ± 0.20 ^{cd}	*
6	6.27 ± 0.72 ^a	1.60 ± 0.18 ^{cd}	*
7	5.57 ± 0.57 ^a	2.15 ± 0.18 ^{bc}	*
8	5.25 ± 0.58 ^{ab}	3.26 ± 0.30 ^{ab}	*
9	4.48 ± 0.62 ^{abc}	3.89 ± 0.29 ^a	NS
10	2.77 ± 0.26 ^{bc}	4.47 ± 0.37 ^a	*
11	2.35 ± 0.22 ^{cd}	4.37 ± 0.55 ^a	*
12	0.26 ± 0.02 ^d	0.62 ± 0.06 ^d	*
13	0.27 ± 0.04 ^d	0.39 ± 0.03 ^d	*
14	0.24 ± 0.28 ^d	0.22 ± 0.02 ^d	*

^{a,b,c,d} Medias con distinta literal en la misma columna indican diferencia estadística (P<0.05).

* Medias en la misma fila indica diferencia significativa (P<0.05).

NS: Medias en la misma fila indica diferencia no significativa (P>0.05).

CIDR: Sincronización de estros con CIDR (300 mg de P4) colocado vía intravaginal por 11 d y una administración de PMSG (400 UI/IM) al retirar el dispositivo.

PG: Sincronización de estros con dos inyecciones de un análogo sintético de PGF2 α (0.075 mg prosolvin C®, intramuscular) administradas con intervalo de 11 d.

Uribe-Velázquez et al. (2010), evaluaron el crecimiento folicular en un grupo de ovejas tratadas con dos inyecciones de PGF2 α y reportaron que en todas las hembras, se observó por ecografía, un cuerpo lúteo funcional al momento de administrar el fármaco, el cual se lisó por la acción luteolítica del análogo de PGF2 α (cloprostenol sódico). En dicho estudio, la ovulación ocurrió 24 a 36 h después de la manifestación del estro. Entonces, una alternativa para la sincronización del estro es el uso de la prostaglandina F2 α , factor luteolítico que provoca la regresión del CL, interrumpiendo la fase progestacional del ciclo estral e iniciando por tanto, un nuevo ciclo (Uribe-Velázquez et al. 2010). Asimismo, Uribe-Velázquez et al. (2008b), evaluaron la población folicular y concentraciones plasmáticas de P4 en ovejas sometidas a protocolos de sincronización de estros con dos dosis de prostaglandina, administrada con intervalo de nueve días (grupo 1) y con la inserción vaginal de CIDR, colocados por 14 días y 500 UI de eCG vía IM, al momento del retiro del dispositivo (grupo 2), reportaron que Independientemente del programa de sincronización utilizado, 24 h posteriores al término del tratamiento, las concentraciones plasmáticas de P4 fueron menores a 1 ng/mL, lo cual indicó que la luteólisis ocurrió en ese tiempo; asimismo, reportaron que durante la sincronización de estros, el hecho de que las hembras se encontraran en diferentes fases del ciclo estral, cuando el dispositivo conteniendo P4 (CIDR) fue insertado, induce variación entre los animales en la duración de la secreción de la P4 endógena.

Al aplicar tratamientos de sincronización de celos con prostaglandinas en ovejas, estas no se encuentran en la misma fase del ciclo estral, y no responden al

tratamiento de igual forma; por lo tanto, un sistema de doble inyección con 11 d de separación es el más usado (Wildeus, 1999).

En el presente estudio, se observaron diferencias ($P < 0.05$) en la concentración de P4 entre tratamientos, lo cual era de esperarse, considerando los distintos efectos fisiológicos inducidos por los dos métodos de sincronización, ya que en el grupo CIDR, el dispositivo mantuvo un nivel de P4 constante hasta el momento de su retiro y en el grupo PG, el análogo de $\text{PGF2}\alpha$, lisó el CL de las ovejas y eso generó concentraciones variables de la hormona durante el protocolo de sincronización (Cuadro 3).

La respuesta fisiológica inducida por los tratamientos corresponde con el efecto fisiológico clásico de los fármacos exógenos administrados.

Los valores de las concentraciones plasmáticas de P4 antes de la ovulación, en el presente experimento, coinciden con los trabajos reportados por Scaramuzzi & Roadford (1983) y Amiridis et al. (2005), quienes observaron valores menores de 1 ng/mL durante la fase folicular.

Se observó diferencia significativa ($P < 0.5$) en las concentraciones plasmáticas de P4 entre los tratamientos, de los días 0-8 ya que la etapa fisiológica fue diferente (fase folicular y fase lútea), hasta el día 9 del tratamiento donde no se encontró diferencia significativa entre grupos, siendo hasta el día 11 del tratamiento cuando se observaron valores menores de 1 ng/mL.

El aumento en las concentraciones plasmáticas de P4 es el resultado de la actividad del cuerpo lúteo (Evans & Robinson 1980).

Durante la sincronización del estro, el hecho de que las hembras se encontraran en diferentes fases del ciclo estral, cuando el dispositivo conteniendo P4 (CIDR) fue insertado, indujo a la variación entre los animales en la duración de la secreción de la P4 endógena. Así, de acuerdo con las observaciones de Leyva et al. (1998), esos cambios resultantes de la combinación de P4 exógena y endógena, pueden provocar alteraciones en la dinámica folicular y variaciones en la presentación del estro, después de la retirada del dispositivo. Alternativamente, las variaciones de la respuesta ovárica parecen estar atribuidas a las diferencias en el grado de maduración folicular, además de la presencia de folículos ovulatorios, folículos no ovulatorios y de inadecuados cuerpos lúteos (Liu et al. 2007).

IX. CONCLUSIONES

En ovejas de pelo criollas, desarrolladas bajo condiciones de trópico, la sincronización de estros con base en P4 o un análogo de PGF2 α induce el celo en 100 % de las hembras tratadas. La administración de P4 (CIDR) + 2 mL (400 UI) de PMSG adelanta la presentación del estro además de producir una efectiva sincronización del celo, con niveles de P4 hasta de 7.39 ± 0.99 (ng/mL; media $\pm$ E.E) durante la colocación del CIDR. En contraste, la aplicación de un análogo de PGF2 α , lisa el cuerpo lúteo, lo cual se demuestra por los valores de P4 menores a 1 ng/mL, 24 h después de la administración del fármaco.

Los tratamientos de sincronización utilizados no modificaron la duración del estro. La concentración de P4 es un indicador de la respuesta fisiológica de la oveja durante los protocolos de sincronización de estros y por lo tanto, se puede utilizar como referencia para evaluar la efectividad de la administración de fármacos hormonales exógenos en ovejas criollas de pelo en regiones tropicales.

X. REFERENCIAS

- Ainsworth, L. & Downey, B. R. 1986. A controlled internal drug-release dispenser containing progesterone for control of the estrus cycle of ewes. *Theriogenology*. 26:847-856.
- Ainsworth, L. & Wolynetz, M. S. 1982. Synchronization of estrus and reproductive performance of ewes treated with synthetic progestagens administered by subcutaneous ear implant or by intravaginal sponge pessary. *J. Anim. Sci.* 54:1120-1127.
- Álvarez, L. J. A. 1995. Oferta y demanda de ovinos en México (Estadísticas). Memorias del curso Experiencia en la producción de ovinos de pelo en el CEIEGT. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 1-7.
- Amiridis, G. S., Valasi, I & Menegatos, I. 2005. Luteal stage dependence of pituitary response to gonadotrophin-releasing hormone in cyclic dairy ewes subjected to synchronization of ovulation. *Reprod. Fert. Develop.* 17:769-774.
- Arroyo, L. J., Gallegos-Sánchez, J., Villa-Godoy, A, Berruecos, J.M., Perera, G., Valencia, J. 2007. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Anim. Reprod. Sci.* 102:24-30.
- Asher, G. W., Fisher, M. W., Smith, J. F., Jabbour, H. N. & Morrow, C. J. 1990. Temporal relationship between the onset of oestrus, the preovulatory LH surge and ovulation in farmed fallow deer, *Dama dama*. *J. Reprod. Fert.* 89: 761-767.
- Azevedo, J. M., Correia, T. M., Almeida, J. C, Valentim, R.C., Fontes, P. J., Coelho, A. & Mendonca, A. L. 2002. Sincronización de celos y diagnóstico precoz de gestación en ovejas churras da terra quente e ile de France. In: *Revista de la SEOC*, XXVII

Jornadas Científicas y VI Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Valencia, España. pp. 973-977.

Balcazar, S. J. A., Alvarez, L. J., Rubio, G y Rodriguez. 1992. Efecto de la suplementacion alimenticia sobre la eficiencia reproductiva de corderas Pelibuey inducidas a la pubertad con acetate de melengestrol. Memoria del XVII Congreso Nacional de Buitría. Villahermosa, Tabasco. pp. 54-56.

Bartlewski, P. M., A. P. Beard, & N. C. Rawlings. 1999. Ovarian function in ewes at the onset of the breeding season. Anim. Reprod. Sci. 57:67-88.

Brunner, M. A., Hansel, W. & Hogue, D. E. 1964. Use of 6-Methyl-17-Acetoxyprogesterone and Pregnant Mare Serum to Induce and Synchronize Estrus in Ewes. J. Anim. Sci. 23: 32-36.

Buxadé, C. 1996. Zootecnia, bases de producción animal. Producción ovina. Vol 8. Consultado el 23 de Enero del 2012. Disponible en:

<http://www.ovinos-caprinos.com.ar/MANEJO/Reproduccion%20en%20ovino%20-20Agroinformacion.pdf>

Cabañas, H. A., Reyes, R. C, Pro-Martínez, A., Gallegos-Sánchez, J., Franco, G. F. J. V., Villareal, E. O., Ayala, O. J. Contreras, X. M. C. & Rodríguez-Castillo, J. C. 2006. Presentación de estros en ovejas pelibuey con PGF₂ α sola o combinada con Acetato de Flourogestona y Gonadotropina Coriónica Equina. SEOC 7:369-371.

Camacho, R. J. C, Rodríguez, C. J. del C, Hernández, H. J. E., Pro, M. A., Becerril, P. C. M. & Gallegos, S. J. 2008. Características reproductivas de ovejas pelibuey sincronizadas e inducidas a la pubertad. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 16:18-24.

- Cambellas, B. J. 1993. Comportamiento reproductivo en ovinos tropicales. FCV-LUZ 3:135-141.
- Caraty, A. & Skinner, D. C. 1999. Progesterone priming is Essentials for the full expression of the positive feedback effect of estradiol in inducing the preovulatory Gonadotropin-Releasing hormone surge in the ewe. *Endocrinology* 140: 165-170.
- Cardwell, B. E., Fitch, G. Q. & Geisert, R. D. 1998. Ultrasonic evaluation for the time of ovulation in ewes treated with Norgestomet and Norgestomet followed by pregnant Mare's serum gonadotropin. *J. Anim. Sci.* 76: 2235-2238.
- Catalano, R., Teruel, M., Cabodebila, J. & Callejas, S. 2007. Efecto de diferentes dosis de gonadotrofina coriónica equina sobre la respuesta reproductiva de hembras ovinas con un tratamiento para inducción de celos. *In. Vet.* 9:11-17.
- Chemineau, P. 1986. Sexual behaviour and gonadal activity during the year in the tropical creole meat goat. Female oestrus behaviour and ovarious activity. *Reprod. Nutr. Dev.* 26:441-452.
- Cline, M. A., Ralston, J. N., Seáis, R. C. & Lewis, G. S. 2001. Intervals from norgestomet withdrawal and injection of equine chorionic gonadotropin or P.G. 600 to estrus and ovulation in ewes. *J. Anim. Sci.* 79:589-594.
- Contreras-Solis, I., Diaz, T., Lopez, G., Caigua, A., Lopez-Sebastian, A. & Gonzalez-Bulnes A. 2008. Systemic and intraovarian effect of corpus luteum on follicular dynamics during estrous cycle in hair breed sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 104:47-55.
- Córdoba-Izquierdo, A., Córdoba-Jiménez, M., Córdoba-Jiménez, C. A. & Guerra-Liera, J. E. 2008. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras. *Rev. Vet.* 19:67-79.

- Córdova, I.A., Ruiz, L.G., Saltijeral, O. J., Pérez, G. J. F. & Degefa, D.T. 1999. Inducción y sincronización de celos en ovejas criollas anestrícas estacionales con esponjas vaginales impregnadas en FGA y PMSG inyectable. Arch. Zootec. 48:437-440.
- Cortes, Z. J. 1993. Reinicio de la actividad ovárica postparto en ovejas pelibuey paridas en diferentes épocas del año. Tesis de Doctorado. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico, D.F. pp. 124.
- Cruz, L. C, Fernández-Baca, S., Álvarez, L. J. A. & Pérez, R. H. 1994. Variaciones estacionales en presentación de ovulación, fertilización y sobrevivencia embrionaria de ovejas Tabasco en el trópico húmedo. Vet. Méx. 15:23-27.
- Cuautle, H. O., Méndez, M. M., Pro-Martínez, A., Gallegos-Sánchez, J., Franco, G. F. J. V, Villareal, E. O., Ayala, O. J., Méndez, P. N., Martín, B. G. & Rodríguez-Castillo, J. del C. 2006. Tasa de gestación y prolificidad en ovejas pelibuey sincronizadas al estro: uso de turnera diffusa. SEOC 7:372-374.
- Cuevas, E.A., Rodríguez, H.V., Gutiérrez, V.R., Soto-Camargo, R. & Martínez, R. R. D. 1993. Sincronización de estro en ovejas Pelibuey con implantes nuevos y reciclados de Norgestomet. Vet. Méx. 24: 327-330.
- Delpino, A. & González-Stagnaro, C. 1993. Evaluación del comportamiento reproductivo en pequeños rumiantes tropicales utilizando los perfiles de P4. FCV-LUZ 3:231-247.
- Dermody, W. C, Warren, C.F. & Hulet, C. V. 1970. Effects of Season and Progesterone Synchronization on Ovulation Rate in Mature Western Range Ewes. J. Anim. Sci. 30: 214-218.

- Déweese, W. P., Glimp, H. A. & Dutt, R. H. 1970. Comparison of Medroxyprogesterone Acétate Orally and in Vaginal Sponges for Synchronizing Estrus in Ewes. *J. Anim. Sci.* 1970:394-397.
- Driancourt, M. A. 2001. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*. 55:1211-1239.
- Duggavathi, R., Bartlewski, P. M., Barrett, D. M. W & Rawlings, N. C. 2003. Use of high-resolution transrectal ultrasonography to assess changes in numbers of small ovarian antral follicles and their relationships to the emergence of follicular waves in cyclic ewes. *Theriogenology*. 60:495-510.
- Evans, G. & Robinson, T.J. 1980. The control of fertility in sheep: Endocrine and ovarian responses to progestagen PMSG treatment in the breeding season and in anoestrus. *J. Agric. Sci.* 94: 69-88.
- Fenton, L. S., G. H. Shackell, M. L. Ramsay, K. G. Dodds, P. J. Reid, & B. J. Mcleod. 1997. Influence of year, age, and geographical location on induced oestrus in ewes early in the breeding season. *N. Z. J. Agric. Res.* 40:69-74.
- Fernandez, A. D. H. 1993. *Pincipios de fisiología reproductiva ovina*. Ed. Hemisferio sur. Uruguay. 247p.
- Fernández, A., Baru, D., López, V., Rey, M. M., Urioste, M. & Villegas M. 1997. Studies on the duration of oestrus in the ewe outdoors. *Producción Ovina* 10:53-62.
- Findlay, J.K. & Cummins, I.A. 1976. FSH in the ewe: Effects of season, liveweight and plane of nutrition on plasma FSH and ovulation rate. *Biol. Reprod.* 15:335-342.

- Fitzgerald, J. A., Ruggles, A. J., Stellflug, J. N. & Hansel, W. 1985. A seven-day synchronization method for ewes using medroxyprogesterone acetate (MAP) and prostaglandin F2 α . J. Anim. Sci. 61:466-469.
- Foster, D. L, Yellon, S. M. & Olstert, H. D. 1985. Internal and external determinants of the timing of puberty in the female. J. Reprod. Fert. 75: 327-344.
- Foster, D. L. 1994. Puberty in the female sheep. In: Knobil, E., Neil, J. D. (Eds). The Physiology of reproduction. 2a Ed. Raven Press, New York, N. Y. pp 411-451.
- Fukui, Y., Akaike, H., Anzi, & H. Ono. 1989. Effect of timing of injection of pregnant mare's serum gonadotrophin on fixed-time artificial insemination of seasonally anoestrus ewes. J. Agric. Sci. 113:361-364.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ta ed. UNAM, México, 220 pp
- Ginther, O. J., Kot, K. & M. C. Wiltbank. 1995. Association between emergence of follicular waves and fluctuations in FSH concentrations during the oestrus cycles of ewes. Theriogenology 43:689-703.
- Glistler, C., Tannetta, D., Groome, N. & Knight, P. 2001. Interactions between follicle-stimulating hormone and growth factors in modulating secretion of steroids and inhibin-related peptides by nonluteinized bovine granulosa cells. Biol. Reprod. 65:1020-1028.
- González, L.J., Saiz, C.F., Álvarez, M.J. 1980. Actividad cíclica de la oveja Merina. Memorias del IX Congreso Internacional de Reproducción Animal e I.A. Madrid España. Vol. 3 pp 107.

- González, R. G. A., Vázquez, M., Duarte, O. & Gonzáles, R.A. 2000. Efecto del morueco y la época de empadre sobre el comportamiento reproductivo en ovejas Pelibuey y Blacbelly. Memoria XXIX Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Chiapas, México, 27-30 de Septiembre.
- González-Reyna A, Valencia, M.J., Foote, W. C. & Murphy, B. D.1991. Hair sheep in México: reproduction in the Pelibuey sheep. Anim. Breed. Abstr. 59:509-524.
- González-Stagnaro, C. 1993. Comportamiento reproductivo de ovejas y cabras tropicales. FCV-LUZ 3:173-196.
- González-Stagnaro, C. 1993. Control del ciclo estrual en ovejas y cabras en el medio tropical. FCV-LUZ 3: 211-229.
- Gordon, I. 1997. Controlled Reproduction in Sheep and Goats. Cab. International. Vol. 2. Dublin, Ireland. 444 p.
- Hackett, A.J., Robertson, H.A. & Wolynetz, M.S. 1981. Effects of prostaglandin F₂ α and pregnant Mare's serum gonadotropin (PMSG) on the reproductive performance of flourogestone acetate-PMSG-treated ewes. J. Anim. Sci. 53:154-159.
- Hafez, E. S. E., & B. Hafez. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales.^{7a} Ed. McGraw-Hill. Mexico. pp 520.
- Hamilton, G. D., & F. H. Bronson. 1985. Food restriction and reproductive development in wild house mice. Biology of Reproduction 32:773-778.
- Hamra, A. H., Y. G. Massri, J. M. Marcek, & J. E. Wheaton. 1986. Plasma progesterone levels in ewes treated whit progesterone controlled internal drug release dispenser, implants and sponges. Anim. Reprod. Sci. 11:187-194.

- Heredia, A., Menendez, T.M. & Velázquez, M.A. 1991. Factores que influyen en la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey. Memorias de la Reunión Nacional de investigación Pecuaria. Tamaulipas, México. 13-17 de Noviembre. pp 115.
- Hernández, C.J., Valencia, M.J. & Zarco, Q.L. 2001. Regresión del cuerpo lúteo y presentación del estro en ovejas con dos inyecciones de prostaglandina con 8 días de intervalo Tec. Pec. Méx. 39:53-57.
- Hogue, D. E., Hansel. W. & Bratton, R.W. 1962. Fertility of Ewes Bread Naturally and Artificially after Estrous Cycle Synchronization with an Oral Progestational Agent. J. Anim. Sci. 21:625-527.
- Iglesias, R., R. M. R., N. H. Ciccioli, y H. Irazoqui. 1997. Ram induced reproduction in seasonally anovular Corriedale ewes: MAP doses for oestrus induction, ram percentages and post-mating progestagen supplementation. Anim. Sci. 64:119-125.
- Jabbar, G., Umberger, S. H. & Lewis, G. S. 1994. Melengestrol acetate and norgestomet for the induction of synchronized estrus in seasonally anovular ewes. J. Anim. Sci. 72: 3049-3050.
- Knight, T.W., Peterson, A. J & Payne, E. 1978. The ovarian and hormonal response of the ewe to stimulation by the ram early in the breeding season. Theriogenology 10:343-353.
- Knights, T. M., Hoehn, T., Lewis, P. E. & Inskeep, E. K. 2001. Effectiveness of intravaginal progesterone inserts and FSH for inducing synchronized estrus and increasing lambing rate in anestrous ewes. J. Anim. Sci. 79:1120-1131.

- Ko, J. C. H., J. P. Kastelic, M. R. Del Campo, y O. J. Ginther. 1991. Effects a dominant follicle on ovarian follicular dynamics during the oestrous cycle in heifer. J. Reprod. Fertil. 91:511-519
- Kohno, H., Okamoto, C., Lida, K., Takeda, T., Kaneko, E., Kawashima, C., Miyamoto, A. & Fukui, Y. 2005. Comparison of estrus induction and subsequent fertility with two different intravaginal devices in ewes during the non-breeding season. J. Reprod. 51:805-812.
- Legan, S. J. & Karsch, F. J. 1980. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: Modulation of negative feedback action of estradiol. Biol. Reprod. 23:1061-1068.
- Levasseur, M.C. & Thibault, C. 1980. Reproductive Life Cycles. In: Hafez ESE (ed) Reproduction in Farm Animals. 4th ed. Philadelphia, PA: Lea and Febiger. pp 130-149.
- Leyva, V., Buckrell, C.C. & Walton, J. S. 1998. Regulation of follicular and ovulation in ewes by exogenous progestagen. Theriogenol 50:395-416.
- Lincoln, G.A. & Short, R.V. 1980. Seasonal breeding: Nature's contraceptive. Rec. Prog. Horm. Res. 36: 1-52.
- Lincoln, G.A. 1992. Photoperiod-pineal-hypothalamic relay in Sheep. Anim. Reprod. Sci. 28: 203-217.
- Lindsay, D.R. 1991. Reproduction in the Sheep and Goat. In: Cupps PT (ed) Reproduction in domestic animals. 4th ed. Academic Press, San Diego, California. pp 491-515.
- Liu, X., Dai, Q., Hart, E.J., Barrett, D.M.W., Rawlings, N.C., Pierson, R.A. & Bartlewski, P.M. 2007. Ultrasonographic characteristics on ovulatory follicles and associate

endocrine changes in cyclid ewes treated whit medroxiprogesterone acetate (MAP)-releasing intravaginal and equine chorionioc gonadotropin (eCG). *Reprod. Dom. Anim.* 42:393-401

Lunstra, D. D. & Christenson, R. K. 1981. Fertilization and Embryonic Survival in Ewes Synchronized with Exogenous Hormones during the Anestrous and Estrous Seasons. *J. Anim. Sci.* 53:458-466.

Lunstra, D. D. & Christenson, R. K. 1981. Sincronization of ewes during anestrous: Influence of time of year and interval to onset of estrus on conception rate. *J. Anim. Sci.* 53:448-457.

Macedo, R. & Alvarado, A. 2005. Efecto de la época de monta sobre la productividad de ovejas pelibuey bajo dos sistemas de alimentación en Colima, México. *Arch. Zootec.* 54:51-62.

Macedo, R. B. & Castellanos, J. 2004. Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovino en el trópico. *Avances de Investigación Agropecuaria* 8:1-9.

Martínez, R. R. D., Cruz, L. C. Rubio, G. I. & Zarco, Q.L. A. 1998. Influencia del carnero sobre la ocurrencia de estros en la oveja Pelibuey. *Vet. Méx.* 29:111-115.

Martínez, T. J. J., Izaguirre, F. F., Sánchez, O. L, García, C. G. C, Martínez, P. G. & Torres, H. G. 2007. Comportamiento reproductivo de ovejas barbados barriga negra sincronizadas con MPA y diferentes tiempos de aplicación de eCG durante la época de baja fertilidad. *FCV-LUZ* 17:47-52.

Martínez, T. J. J., Sánchez, T. E. M. T., Bucio, A. L, Rojo, R. R., Mendoza, M. G. D., Codero, M. J. L. & Mejia, V. O. 2006. Efecto de eCG e inseminación laparoscópica

sobre el comportamiento reproductivo en ovejas f1 (damara merino). FCV-LUZ 16:72-77.

Martínez, T. J. J., Sánchez, T.E.M.T., Torres, H. G., Herrera, J.G. H., Bucio, A.L., Rojo, R.R. & Hernández, M. J. 2008. Comportamiento reproductivo de ovejas F1 (Darama X Merino) sincronizadas con CIDR y dos tiempos de aplicación de GnRH. Universidad y Ciencia. 24:175-182.

Méndez, M. M., Hernández, C. J., Pacheco, R. N. O. & Porras, A. A. 2000. Los tratamientos sincronizadores de estros, utilizando progestágenos en combinación con estrógenos, inducen conducta estral en ovejas ovariectomizadas. Vet. Méx. 31:371-373.

Moses, D., Martínez, A. G., Iorio, G., Valcarcel, A., Ham, A., Pessi, H., Castanon, R., Macia, A. & Delasheras, A. 1997. A large-scale program in laparoscopic intrauterine insemination with frozen-thawed semen in Australia Merino sheep in Argentine Patagonia. Theriogenology 48:651-657.

Mutiga, E. R. & Mukasa-Mugerwa, E. 1992. Effect of the method of estrus synchronization and PMSG dosage on estrus and twinning in Ethiopian Menze sheep. Theriogenology 38:727-734.

Nottle, M.B., Seanmark, R.F. & Sutchell, B.P. 1990. Feeding lupin grain for six days prior to a Cloprostenol-induced luteolysis can increase ovulation rate in sheep irrespective of when in the oestrous cycle the supplementation commences. Reprod. Fertil. Dev. 2:189-192.

National Research Council, 2007. Nutrient Requirements of Sheep, 6a ed. National Academic Press, Washington, D.C. pp 99 .

- ONU-FAO. 1995. Manual de formación práctica para el trasplante de embriones en ovejas y cabras. Ed. FAO. Roma, Italia. pp. 1-68.
- Ortavant, R., Bocquier, F., Pelletier, J., Ravault, J.P., Thimonier, J. & Volland-Nail, P. 1988. Seasonality of reproduction in sheep and its control by photoperiod. Aust. J. Biol. Sci. 41: 69-85.
- Ortega, A. J. C. 2006. Comparación de dos métodos de sincronización del estro en ovinos de pelo. Tesis de maestria. Universidad Autonoma de Chihuahua. pp 62.
- Oyediji, G. O., Akusu, M. O. & Egbunike, G.N. 1990. Comparative studies on the effectiveness of sil-estrus implants, Vermix sheep sponges and prostaglandin F2alpha in synchronizing estrus in West African Dwarf sheep. Theriogenology 34:613-618.
- Palacios, R. C. & Blanco, L. M. C. 2000. Presentación del ovario y del útero en el ciclo sexual de la oveja, obtenida por grabación en video vía laparoscopia. Reproducción 25:575-580
- Pérez, G.T. 1987. El efecto murueco asociado a la administración de cloprostenol sódico en la sincronización del celo en la oveja. Ach. Zoot. 36:1-8.
- Pévet, P. 1987. Environmental control of the annual reproductive cycle in mammals. In: Pevet, P (Ed). Comparative Physiology of Environmental Adaptations. Switzerland pp. 82-100
- Phillips, C. J. C. 1992. Photoperiod. In: Phillips, C., Piggins, D. C. A. B (Ed). Farm Animals and the Environment. International. Oxon, UK. Pp 49-65.
- Picton, H. M., Tsonis, C.G. & McNelly, A.S. 1990. Causes a time dependent stimulation of preovulatory follicular growth in the absence of pulsatile LH secretion in ewes

chronically treated whit gonadotrophin-releasing Hormone Agonist. J. Endocrinol 126:297-307.

Porras, A. A., Zarco, Q. L. A. & Valencia, M. J. 2003. Estacionalidad reproductiva en ovejas. Ciencia Veterinaria 9:1-34.

Prieto-Gómez, B. & Velázquez-Paniagua, M. 2002. Fisiología de la reproducción: hormona liberadora de gonadotrofinas. Rev. Fac. Med. 45:252-257.

Pulido, A., Zarco, L., Galina, C.S., Murcia, C., Flores, G. & Posadas, E. 1991. Progesterone metabolism during storage of blood samples from Gyr cattle: effects of anticoagulant, time and temperature of incubation. Theriogenology 35:965–975.

Quispe, Q.T., Zarco, Q.L, Ortiz, H.A. & Valencia, M.J. 1995. Sincronización de estros en ovejas mediante un tratamiento corto con acetato de melengestrol (MGA) combinado con cipionato de estradiol (ECP). Vet. Méx. 26:23-29.

Ritar, A. J., Ball, P.D. & O'May, P.J. 1990. Artificial insemination of cashmere goats – effects on fertility and fecundity of intravaginal treatment, method and time of insemination, semen the absence of gonadotropin simulation. Theriogenology 42:1329-1336.

Rodríguez, C. J. C., Pro, M. A., Villanueva, C. J. A. & Gallegos, S. J. 2010. Duración del celo y pico preovulatorio de LH en cabras Boer x Nubia sincronizadas con diferentes hormonas en latitud tropical de México. Arch. Latinoam. Prod. Anm. 18:33-40.

Rodríguez, M.R. 1991. Efecto de la suplementación sobre el inicio de la pubertad en la borrega Tabasco ó Pelibuey. Tesis de Doctorado. Fac. De Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp 29-30.

- Romano, J.E. 1998. Effect of two doses of cloprostenol in two schemes of Oestrus synchronization in Nubian goats. *Small Ruminant Research* 30:99-103.
- Rubianes, E. 2000. Avances en el conocimiento de la fisiología ovárica de los pequeños rumiantes y su aplicación para el manejo reproductivo. *Actas de Fisiología* 6:93-103.
- Sadleir, R.M.F.S. 1972. Environmental effects. In: Austin, C.R., Short, R.V. (Ed) *Reproduction in Mammals*. Cambridge University Press. UK. pp 69-93.
- SAS. 2001. User's Guide (Release 8.12) Statistics SAS. Inst. Cary. NC.
- Scaramuzzi, R.J. & Radford, H.M. 1983. Factors regulating ovulation rate in the ewe. *J. Reprod. Fert.* 69:353-367.
- Scott, I. C. & Montgomery, G. W. 1990. Ovulation rates of synchronised Coopworth ewes over the peak of breeding season. *N. Z. J. Agric. Res.* 33:443-447.
- Sefidbakht, N. Makarechian, M. & Ghorban K. 1971. Hormonal Control of Reproductive Activity in Karakul Ewes. *J. Anim. Sci.* 33:623-628.
- Setchell, B. P. 1992. Domestication and reproduction. *Anm. Reprod. Sci.* 28:195-202.
- Thomas, G. B., Mercer, J. E., Karalis, T., Rao, J., Cummins, J. T. & Clarke, I.J. 1990. Effect of restricted feeding on growth hormone (GH), gonadotropin and prolactin (PRL) secretion, and a messenger ribonucleic acid concentrations of GH, gonadotropin subunits and PRL in adult ovariectomized ewes. *Endocrinology* 126:1361-1371.
- Thwaites, C.J. 1965. Photoperiodic control of breeding activity in the Southdown ewe with particular reference to the effects of an equatorial light regime. *J. Agric. Sci.* 65:57-64.

- Torres, A.J.F., Montes, P.R.C. & Loría, M.J.M.M. 1996. Sincronización de estros en cabras criollas utilizando dosis reducidas de prostaglandina F2 alfa. Vet Méx. 27:133-136.
- Turner, H. N.1970. Some aspects of sheep breeding In the tropics. Aust. J. Agric. Res. 22:31-37.
- Uribe-Velásquez, L. F., Oba, Eunice. & Lenz, S. M. 2007. Respuesta endocrina y ovárica a la sincronización del estro y de la ovulación utilizando CIDR y eCG en ovejas. Vet. Zootec. 1:9-17.
- Uribe-Velásquez, L. F., Lèns, S. M. & Loaiza, E. A. 2008a. Efecto de la sincronización del estro con prostaglandina- F2 α vs CIDR + %500 UI de eCG en ovejas bergamacia durante el inicio de la fase luteal. FCV-LUZ 8:368-373.
- Uribe-Velásquez, L.F., Oba, E. & Souza, M.I.L. 2008b. Población folicular y concentraciones plasmáticas de P4 (P4) en ovejas sometidas a diferentes protocolos de sincronización. Arch. Med. Vet. 40:83-88.
- Uribe-Velásquez, L. F., Oba, E., Souza, M. I. L., Vélez, M. M., & Correa, O.A. 2010. Desarrollo folicular en ovejas durante el ciclo estral natural e inducido con prostaglandinas. FCV-LUZ 20:417-421.
- Urviola, S. M., Leyva, V. V., Huamán, U. H. & García, V. W. 2005. Manipulación de la ovulación del folículo dominante con prostaglandina en diferentes estadios del ciclo estrual sobre las tasas reproductivas en ovinos Corriedale. Rev. Inv. Vet. Perú 16:103-113.

- Valencia, Z.M., Heredia, A.M. & González, P.E. 1981. Estacionalidad reproductiva en hembras Pelibuey. Memorias de la VIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Santo Domingo, República Dominicana. 4-10 de Octubre. pp. 137.
- Vasconcellos, C. A., Peña, S. P. & Sepúlveda, B. N. 2005. Estudio histomorfologico comparativo del endometrio de la oveja prepúber y en anestro bajo influencia hormonal cíclica. FCV-LUZ 15:334-337.
- Velázquez, LA., Cruz, L.C. & Álvarez, L.J.A. 1995. Efecto del nivel de suplementación sobre la presentación del primer estro en ovejas Tabasco nacidas en verano. Veterinaria Méx. 26:107-111.
- Velle, W. & Helle, O. 1979. Experiences whit estrus synchronization in sheep over a twelve-year period using oral Map treatment for ten days. J. Anim. Sci. 48:1015-1019.
- Vilaboa, A. J., Díaz, R. P., Platas, R. D. E., Ortega, J. O. & Rodriguez, C. M. A. 2006. Productividad y autonomía en sistemas de producción ovina: dos propiedades emergentes de los agroecosistemas. Interciencia 31:37-44.
- Wheaton, J. E., Carlson, K.M., Windles, H.F. & Johnston, L.J. 1993. CIDR-a new progesterone-releasing intravaginal device for induction of estrus and control in sheep and goats. Anim. Reprod. Sci. 33:127-141.
- Wildeus, S. 1999. Current concepts in synchronization of estrus: Sheep and goats. J. Anim. Sci. 77:1-14.
- Wood, I. G., D. L. Foster. 1998. Sexual differentiation of reproductive neuroendocrine function in sheep. J. Reprod. Fertil. 3:130-140.

- Wood, R. I., Ebling, F.J.P. & Foster, D.L. 1991. Sex differences in nutritional modulation of gonadotropin secretion during development: studies in the growth- retarded lamb. *Biology of Reproduction* 44:632-639.
- Woody, C. O., First, N. L. & Pope, A. L. 1967. Effect of exogenous progesterone on estrous cycle length. *J. Anim. Sci.* 26:139-141.
- Yeates, N.T.M. 1949. The breeding season of the sheep with particular reference to its modification by artificial means using light. *J. Agric. Sci.* 39:1-43.
- Zamiri, M. J. & Hosseini, M. 1998. Effects of human chorionic gonadotropin (hCG) and phenobarbital on the reproductive performance of fat-tailed Ghezel ewes. *Small Ruminant Res.* 30:157-161
- Závala, E. R., Ortiz, O. J. R., Ramón, U. J. P., Montalvo, M. P., Sierra, V. A. & Sangínes, G. J. R. 2008. Pubertad en hembras de cinco razas ovinas de pelo en condiciones de trópico seco. *Zootec. Trop.* 26:465-473.