



UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

RESPUESTA REPRODUCTIVA EN OVEJAS DE PELO
CRIOLLAS TRATADAS CON UN ANÁLOGO DE
PROSTAGLANDINA F2 α

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ZOOTECNIA

PRESENTA
JAVIER HERNÁNDEZ LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS
Dr. JAIME ARROYO LEDEZMA

PUERTO ESCONDIDO, OAX., NOVIEMBRE DE 2011.



UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

Puerto Escondido Oaxaca, Noviembre 2011

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la tesis “**RESPUESTA REPRODUCTIVA EN OVEJAS DE PELO CRIOLLAS TRATADAS CON UN ANÁLOGO DE PROSTAGLANDINA F₂ α** ”, presentado por el pasante de la **LICENCIATURA EN ZOOTECNIA, JAVIER HERNÁNDEZ LÓPEZ**, 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

Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano
Universidad del Mar
Revisor

M. C. Abelardo Bernabé Hernández
Universidad del Mar
Revisor

Dr. Marco Antonio Camacho Escobar
Universidad del Mar
Revisor

Dr. Noé Ruiz García
Universidad del Mar
Revisor

DEDICATORIA

A **Dios** por darme la oportunidad de culminar esta meta de mi vida.

Con todo el cariño y amor dedico esta tesis a mis padres **Sr. Apolinar Hernández Canseco y Sra. Victoria López Morales** por darme la vida, por sus consejos en cada etapa de mi formación y sobre todo por el apoyo incondicional que siempre me han brindado...Dios los bendiga.

A mis hermanos **Fermín, Rigoberto y Gerardo** por su gran amistad, apoyo y confianza; con cariño.

A mis **sobrinos y sobrinas** por ser tan maravillosos y llenarme de felicidad.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido**, por su contribución en el desarrollo de mi formación profesional. A todos los profesores que conforman la Licenciatura en Zootecnia por compartirme su amistad, experiencias y conocimientos.

Con gran admiración y respeto a mi Director de Tesis el **Dr. Jaime Arroyo Ledezma**, por su amistad, paciencia, enseñanzas, consejos y sugerencias en la realización del presente trabajo.

A la **Secretaría de Educación Pública**, a través del **Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP)**, por el financiamiento otorgado para la realización del presente estudio.

Al **Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano**, por sus consejos, sugerencias y colaboración en la parte estadística del estudio y revisión de la tesis.

Al **M.C. Abelardo Bernabé Hernández, Dr. Marco Antonio Camacho Escobar** y al **Dr. Noé Ruiz García**, por sus sugerencias, comentarios y colaboración en la revisión de la tesis.

A la **Dra. Clara Murcia Mejía, FMVZ, UNAM**, por el apoyo y las facilidades otorgadas para la realización del análisis de progesterona, mil gracias.

Al **PLZ Ángel Ríos Gallegos**, por el apoyo en la colecta de datos en campo y sobre todo por su amistad.

A mis amigos y compañeros de estudio **Ángel, Eddy Manuel, Libaldo Ignacio, Daniel, Daniela, Jannette e Ilse Ariadna**, muchas gracias por su amistad y experiencias compartidas.

A los miembros de la Comisión Revisora de tesis, por sus observaciones y correcciones realizadas en el presente trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera han participado en mi proceso formativo y han colaborado en la culminación del presente trabajo de investigación.

A todos ellos gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA OVINOCULTURA EN MÉXICO.....	3
2.2. CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DE LA OVEJA.....	4
2.2.1. Estacionalidad reproductiva.....	4
2.2.2. Ciclo estral.....	6
2.2.3. Neuroendocrinología del ciclo estral.....	7
2.2.4. Hormona folículo estimulante (FSH).....	7
2.2.5. Hormona luteinizante (LH).....	8
2.2.6. Prostaglandina (PGF ₂ α).....	8
2.2.7. Dinámica folicular.....	9
2.2.8. Ovulación.....	10
2.3. MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE ESTROS.....	10
2.3.1. Efecto macho.....	11
2.3.2. Efecto hembra.....	11
2.2.3. Sincronización con progestágenos.....	12
2.3.4. Sincronización con prostaglandinas.....	13
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
IV. OBJETIVOS.....	17
4.1. Objetivo general.....	17
4.2. Objetivos específicos.....	17
V. HIPÓTESIS.....	17
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
6.1. Localización geográfica.....	18
6.2. Animales experimentales.....	19
6.3. Diagnostico de gestación.....	19
6.4. Alimentación y manejo general de los animales.....	20
6.5. Diseño experimental.....	21
6.6. Muestreo sanguíneo.....	22

6.7. Determinación de la concentración plasmática de progesterona	22
6.8. Análisis estadístico	22
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
7.1. Proporción de ovejas con respuesta al tratamiento	23
7.2. Inicio del estro.....	25
7.3. Duración del estro.....	26
7.4. Concentración plasmática de progesterona (P ₄)	27
VIII. CONCLUSIONES	32
IX. LITERATURA CITADA	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Respuesta reproductiva a protocolos de sincronización de estros en ovejas de pelo criollas, utilizando dosis sencillas o repetidas de prostaglandina F2 alfa (PGF2 α)	25
Cuadro 2. Concentración de progesterona (P4) en ovejas de pelo criollas tratadas con prostaglandina F2 alfa (PGF2 α) en un protocolo corto de sincronización de estros	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la comunidad de Bajos de Chila Oaxaca, lugar donde se realizó el trabajo de investigación	18
Figura 2. Muestra de animales utilizados en el experimento.....	19

RESUMEN

La producción de ovinos en el trópico mexicano se orienta hacia la especialización y producción de razas de pelo, por lo tanto es necesario desarrollar técnicas que permitan incrementar la productividad en esta especie. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto luteolítico de la prostaglandina- $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) al utilizarla en tratamientos cortos de sincronización de estros, en ovejas de pelo criollas. Se utilizaron 20 ovejas adultas, multíparas, cíclicas con un peso corporal de 38 ± 0.5 kg, asignadas aleatoriamente a uno de dos tratamientos. Tratamiento 1 (n=10 ovejas) consistió en dos aplicaciones (0.5 mg IM/dosis) de cloprostenol sódico; análogo de prostaglandina- $F_{2\alpha}$, con intervalo de ocho días. Tratamiento 2 (n=10 ovejas): dos dosis (0.5 mg, IM/dosis) de cloprostenol sódico con intervalo de 8 h entre aplicaciones y ocho días después, dos dosis del mismo fármaco (0.5 mg, IM/dosis) con intervalo de 8 h. Los estros se detectaron utilizando machos adultos con mandil. Las variables: intervalo aplicación de cloprostenol a estro, duración del celo y concentración de progesterona, dentro y entre grupos se compararon a través de un Análisis de Varianza, utilizando el PROC GLM con comparación de medias entre tratamientos utilizando el estadístico de prueba Tukey (SAS 2002). Se realizó una prueba de Chi-Cuadrada para evaluar la proporción de ovejas que respondieron al tratamiento. La proporción de ovejas en estro fue similar ($P>0.05$), para el tratamiento 1 y 2 (90 y 100%, respectivamente). No hubo diferencia ($P>0.05$) en el intervalo aplicación de CPS - inicio del estro (34.4 ± 4.9 y 34.8 ± 3.7 h para tratamiento 1 y 2, respectivamente). La duración del celo fue mayor ($P<0.05$) en tratamiento 2 que en tratamiento 1 (49.0 ± 4.4 y 35 ± 4.2 h, respectivamente). La concentración plasmática de progesterona demostró la acción luteolítica del análogo de $PGF_{2\alpha}$. La administración de Cloprostenol sódico con intervalo de ocho días lisa el cuerpo lúteo en ovejas de pelo criollas e induce el estro y probablemente la ovulación.

Palabras Clave: Ovejas de pelo; Prostaglandina- $F_{2\alpha}$; Sincronización de estros.

ABSTRACT

Sheep production in the Mexican tropics is geared specialization and production of hair breeds, so it is necessary to develop techniques to increase the productivity in this species. The objective of present study was to evaluate the luteolytic effect of prostaglandin-F₂ α (PGF₂ α) used in short treatments of estrus synchronization, in Creole hair sheep. Were used 20 multiparous adult ewes, cyclic, with a body weight of 38 \pm 0.5 kg, which were assigned at random to one of two treatments. Treatment 1 (n= 10 ewes) consisted of two applications (0.5 mg IM/doses) of Cloprostenol sodium; analogue of prostaglandin-F₂ α with an interval of eight days. Treatment 2 (n= 10 ewes): two doses (0.5 mg IM/doses) of cloprostenol sodium with an interval of 8 h between applications and eight days later, other two was doses of same treatment (0.5 mg IM/doses) with an interval of 8 h. Estrus was detected using adult males apron. For variables interval to estrus Cloprostenol application, duration of estrus and progesterone concentrations within and between groups was compared through Analysis of Variance using the PROC GLM with mean compared between treatments using Tukey's arregment (P=0.05) (SAS 2002). Was performed Chi-squared test to evaluate the proportion of ewes responding to treatment. The proportion of ewes in estrus were similar (P>0.05), 90 and 100% for treatment 1 and 2. There were no differences (P>0.05) in the range of application of Cloprostenol sodium-estrus (34.4 \pm 4.9 y 34.8 \pm 3.7 h for treatment 1 and 2, respectively). The duration of estrus was higher (P<0.05) in treatment 2 that treatment 1 (49.0 \pm 4.4 and 35 \pm 4.2 h, respectively). The plasma concentration of progesterone showed luteolytic action of the analogue of PGF₂ α . The administrations of cloprostenol sodium with an interval of eight days break the corpus luteum in hair sheep creole and induces estrus and probably ovulation.

Key words: Hair sheep; Prostaglandin-F₂ α ; Synchronization of estrus.

I.INTRODUCCIÓN

La oveja (*Ovis aries*) es una especie ampliamente distribuida en todo el mundo, tiene una gran capacidad de adaptación, lo cual le permite sobrevivir en ambientes diversos, incluyendo zonas áridas, semidesérticas y frías, así como regiones montañosas (Combellas 1980).

Los sistemas de producción ovina demandan una mayor eficacia productiva, por lo que se deben optimizar los recursos genéticos, ambientales y de espacio en las explotaciones (De Lucas *et al.* 2009).

Actualmente, las razas de pelo están cobrando gran importancia en México porque se han adaptado a diferentes condiciones ambientales, se encuentran en todo el país, a diferencia de los ovinos de lana, los cuales se localizan en la zona centro y norte (Díaz *et al.* 1995, González-Garduño *et al.* 2010). El uso eficiente de los recursos forrajeros, permite la producción en pequeña, mediana y gran escala de esta especie (González-Garduño *et al.* 2002). Los genotipos de ovinos de pelo predominantes en las regiones tropicales de México son los pertenecientes a las razas Pelibuey y Blackbelly (Segura *et al.* 1996). Sin embargo, los recursos genéticos de los ovinos incluyen principalmente ganado criollo, el cual surgió a partir de cruces de razas cara negra, Suffolk, Hampshire, razas de pelo, entre otras (Galina *et al.* 1996).

Las ovejas de la raza Pelibuey se utilizan principalmente en los climas cálidos de México, donde la alimentación se basa en el uso de pastos nativos e introducidos (Macedo & Alvarado 2005). Durante los últimos años, el manejo reproductivo del ganado ovino mejoró mediante el empleo de tecnologías económicamente factibles, los cuales incrementaron la productividad en los rebaños (Martínez-Tinajero *et al.* 2008). Este desarrollo se caracteriza por la utilización de diferentes

métodos para sincronizar estros. Entre ellos, los métodos hormonales son importantes. Principalmente, se utilizan con regularidad los progestágenos (Córdova-Izquierdo *et al.* 1999, Cuevas-Estrada *et al.* 1993, Martínez-Tinajero *et al.* 2007) y las prostaglandinas (Hernández *et al.* 2001, Torres-Acosta *et al.* 1996). Dentro de los métodos biológicos, la bioestimulación sexual, incluyendo el efecto macho (Ochoa & Urrutia 1995, Álvarez & Zarco 2001) y el efecto hembra (Álvarez & Zarco 2001), se consideran relevantes. Los métodos de sincronización de estros utilizando prostaglandina F_{2α} o sus análogos se utilizan en ovejas cíclicas, pues su efecto biológico es la lisis del cuerpo lúteo (Douglas & Ginther 1973, Acritopoulou & Haresing 1980, Deaver *et al.* 1986, Zarco *et al.* 1988, Light *et al.* 1994, Wildeus 2000). Generalmente se emplea una doble aplicación del fármaco; sin embargo, el intervalo entre dosis aún se encuentra en discusión. De manera tradicional, se propuso un intervalo entre aplicaciones de 11 días (Wildeus 2000). Posteriormente, se evaluaron protocolos con un intervalo menor entre aplicaciones, diez, nueve, ocho, o menos días (Álvarez *et al.* 1994, Torres-Acosta *et al.* 1996, Naqvi *et al.* 1998, Hernández *et al.* 2001, Azevedo *et al.* 2002, Herrera-Camacho *et al.* 2008, Uribe-Velásquez *et al.* 2008), la efectividad de los mismos aún no se establece claramente. De manera endógena, la PGF_{2α} se libera en forma pulsátil al final de la fase lútea (Arosh *et al.* 2004, Rosales-Torres & Guzmán-Sánchez 2008). Por lo tanto, la administración exógena de la hormona, simulando la secreción natural (dos o tres aplicaciones del fármaco con intervalo de 4 a 8 h), puede inducir una mejor respuesta biológica en comparación con una sola dosis.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA OVINOCULTURA EN MÉXICO

México es un país cuya ovinocultura se caracteriza por estar en manos de pequeños productores rurales, con ingresos limitados, escaso acceso a insumos y tecnologías modernas; lo anterior limita la generación de estrategias de manejo que aumenten el potencial reproductivo y genético de los animales (De Lucas *et al.* 2003, González-Garduño *et al.* 2010).

La ovinocultura en México se enfoca principalmente a la producción de carne, la cual se ha incrementado en las últimas décadas; sin embargo, aun no se cubren las demandas de consumo de carne de la población nacional (Esqueda 2006); además, es una de las actividades del sector pecuario más rentable y tiene un futuro promisorio (González-Garduño *et al.* 2002).

En el año 2009 se reportó que en México existían alrededor de 8 millones de cabezas de ovinos, con una gran demanda, representando esta especie 0.71 % del inventario nacional ganadero. Una tercera parte de esta población se localiza en la zona centro del país; los estados de Hidalgo y México, tienen el mayor inventario a nivel nacional (SIAP 2009).

Los sistemas de producción predominantes son los de tipo semi-intensivo e intensivo, estos se encuentran entre los más tecnificados del país y se caracterizan por mantener los animales en estabulación, lograr una alta ganancia diaria de peso y conversión alimenticia; su viabilidad económica está sujeta a un alto precio de venta, así como al costo y disponibilidad de ingredientes alimenticios (Sánchez 2001).

Debido a las características del mercado, la producción ovina resulta atractiva para desarrollarse en sistemas de producción intensivos, desde la cría hasta la finalización. Recientemente han surgido nuevas formas de producción, tales como los sistemas intensivos de cría y la finalización de corderos con alimentos concentrados (De Lucas *et al.* 2003).

En las regiones tropicales, la comercialización de la carne de borrego corresponde principalmente a la venta de corderos en pie, con un peso de entre 30 y 40 kg. Al no existir ningún tipo de proceso industrial de la carne, como la venta y cortes de canales congelados que permita la exportación de la misma, adicionando valor agregado al producto, con el consiguiente beneficio económico para el productor (Macedo & Castellanos 2004).

2.2. CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DE LA OVEJA

2.2.1. Estacionalidad reproductiva

La oveja es una especie poliestrica estacional; las variaciones anuales en la amplitud del fotoperiodo regulan su ciclo reproductivo anual (Yeates 1949, Hafez 1952, Hansen 1985, Palacios-Riocerezo & Blanco-Linares 2000, Dogan & Nur 2006, Arroyo *et al.* 2007), en conjunto con factores endógenos como gestación, lactación, condición corporal, nutrición y raza (López-Sebastián *et al.* 1993).

El fotoperiodo es el factor ambiental primario que determina la ocurrencia de la época reproductiva en ovejas originarias de latitudes altas (>35° N). Los periodos de máxima actividad estral se observan durante el otoño e invierno (Hafez 1952).

Las razas originarias de latitudes altas (>35° N), donde la variación anual en la duración del fotoperiodo es amplia, muestran una marcada estacionalidad reproductiva. Generalmente el pico de la actividad ovárica ocurre durante el otoño, pero la duración de la época reproductiva varía ampliamente dependiendo de la raza (Hafez 1952, Morley 1985).

En regiones cercanas al ecuador, la duración del fotoperiodo varía menos durante el año, por lo que algunos autores (Hafez 1952, McDonald 1991, Cuevas-Estrada *et al.* 1993, Cerna-Cabrera *et al.* 2004, Arroyo *et al.* 2007, Martínez-Tinajero *et al.* 2007) han sugerido que los ovinos tropicales pueden reproducirse sin restricciones estacionales a lo largo del año. Arroyo *et al.* (2005) mencionaron que las ovejas de origen ecuatorial (razas de pelo) expresan un anestro estacional corto (2 a 3 meses) y algunos individuos son capaces de mostrar actividad ovulatoria durante todo el año (Arroyo *et al.* 2007).

Estudios realizados en México, (Macedo & Alvarado 2005, González-Garduño *et al.* 2010, Trujillo-Quiroga *et al.* 2007) indicaron que los ovinos de pelo, tal y como sucede en las razas de lana, presentan fluctuaciones en el comportamiento reproductivo, existiendo una época durante la cual la fertilidad se reduce sin llegar a considerarse un periodo de anestro; lo cual no ocurre en las razas de origen septentrional (Arroyo *et al.* 2006).

En contraste algunos autores (Castillo *et al.* 1972, González-Reyna *et al.* 1991, Delgadillo *et al.* 2003, Arroyo *et al.* 2007) sugirieron que las ovejas y cabras que habitan en latitudes ecuatoriales o cercanas al ecuador (por ejemplo 19° N), no presentan estacionalidad reproductiva siendo capaces de ovular todo el año y quedar gestantes, lo cual implica una característica productiva importante.

Sin embargo, otros autores (Hinojosa-Cuellar & Olivia-Hernández 2009) señalan que las ovejas de pelo muestran cierto grado de estacionalidad reproductiva, tanto en condiciones de fotoperiodo natural como artificial. Al parecer, ovejas Pelibuey expuestas a fotoperiodo largo (16h L: 8h O) por 90 días a partir del solsticio de invierno, pueden detectar los cambios en las horas luz y activar el mecanismo neuroendocrino que controla el anestro estacional, independientemente de su clasificación como no estacionales o estacionales; entonces, si las ovejas Pelibuey son transportadas a una zona de mayor latitud, probablemente presentarán anestro aunque no se sabe el grado de intensidad (Trujillo-Quiroga *et al.* 2007).

2.2.2. Ciclo estral

La duración del ciclo estral en los ovinos es aproximadamente de 15 - 19 días, con un promedio de 17 días; se divide en dos fases, una fase folicular de 2-3 días de duración y la fase lútea de 13-14 días (Padilla *et al.* 1988).

En la fase folicular del ciclo estral, el estradiol (E_2) ejerce un efecto de retroalimentación positiva a nivel central, se caracteriza por la presencia de uno o más folículos en crecimiento y maduración, conducta de estro, el cual tiene una duración aproximada de 36 h, y ovulación. Durante esta fase y en el proestro, se secretan altas concentraciones de estradiol-17 β (17- β E_2) (Navarro & Torres 1984, Frandson 1988). La fase lútea se caracteriza por la presencia de uno o más cuerpos lúteos en crecimiento, maduros o en regresión, que secretan progesterona (P_4); a esta fase corresponden las etapas de metaestro y diestro (González-Bulnes 2000).

2.2.3. Neuroendocrinología del ciclo estral

El control neuroendocrino del ciclo sexual de la hembra, se lleva a cabo mediante el eje hipotálamo-adenohipófisis, a través de la liberación de diferentes tipos de hormonas que controlan la función gonadal. El hipotálamo produce la hormona liberadora de la gonadotropinas (GnRH), la cual ejerce su acción a nivel de la adenohipófisis, quien sintetiza y libera las hormonas foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), que estimulan el crecimiento, la maduración folicular y la ovulación (Padilla *et al.* 1988, Goodman *et al.* 2002). El patrón de liberación de este factor esta dado por un sinergismo entre el estradiol y la progesterona producidos por las gónadas (Padilla *et al.* 1988).

El E₂ ejerce un efecto de retroalimentación positiva a nivel del hipotálamo mediobasal (HMB), incrementa la secreción de pulsátil de GnRH y de la hormona LH, e induce el pico preovulatorio de ambas hormonas, provocando la conducta de estro y la ovulación (Arroyo *et al.* 2006).

La P₄ es una hormona esteroide que secreta el cuerpo lúteo del ovario y es fundamental en la función de la regulación reproductiva cíclica. La P₄ inhibe la secreción pulsátil de GnRH/LH a nivel central, lo cual impide la maduración folicular y la ovulación. Este esteroide presenta un efecto contrario al de retroalimentación positiva del E₂ en la secreción de GnRH y LH (Padilla *et al.* 1988, Skinner *et al.* 2001, Arroyo *et al.* 2006).

2.2.4. Hormona folículo estimulante (FSH)

La hormona folículo estimulante (FSH) es una hormona de naturaleza glucoproteica, presenta un peso molecular de 32 000 Da, con una vida media de 2 a 4 h. Su estructura consta de dos subunidades (α y β), actúa directamente sobre

las células de la granulosa del folículo ovárico estimulando la síntesis y secreción de E_2 , necesario en el crecimiento y desarrollo del folículo ovulatorio (Recabarren *et al.* 2006). Es la responsable del crecimiento y desarrollo folicular, su concentración desciende dos o tres días antes del estro (Pijoan 1983).

2.2.5. Hormona luteinizante (LH)

La hormona luteinizante (LH) es una hormona glucoproteica secretada por la hipófisis anterior, actúa en conjunto con la FSH para inducir la secreción de estrógenos en los folículos preovulatorios que han alcanzado su máximo desarrollo. La síntesis y secreción de las hormonas FSH y LH es regulado a través de la acción conjunta de la P_4 y E_2 secretados en el cuerpo lúteo y en los folículos ováricos, respectivamente (Padilla *et al.* 1988). El pico preovulatorio de LH precede a la ovulación por aproximadamente 24 h. Esta hormona es la encargada de la ruptura de la pared folicular, desencadenando la ovulación (Padilla *et al.* 1988, Arroyo *et al.* 2006).

2.2.6. Prostaglandina ($PGF2\alpha$)

El término de la fase lútea ocurre alrededor del día 14 y 15 del ciclo estral, en esta etapa, desciende la concentración de P_4 circulante ($P_4 < 1$ ng/ml) como efecto de la acción biológica de la $PGF2\alpha$ liberada por el endometrio uterino, estimulando la liberación de oxitocina proveniente del cuerpo lúteo, misma que estimula al útero para la liberación de $PGF2\alpha$, causando la lisis o regresión del cuerpo lúteo y, en consecuencia, la presencia de estro, ovulación y el inicio de un nuevo ciclo (Frandsen 1988, Padilla *et al.* 1988, Baird 1992).

La PGF2 α ha sido usada ampliamente para inducir la regresión lútea prematura y sincronización del estro en bovinos y ovinos por varias décadas (Light *et al.* 1994).

2.2.7. Dinámica folicular

En los mamíferos, la hembra cuenta con una reserva de ovocitos que han interrumpido su crecimiento en los folículos primordiales, única fuente de ovocitos para ser ovulados durante su vida reproductiva (Espinoza-Villavicencio *et al.* 2007). El desarrollo de los folículos después de la pubertad ocurre en la mayoría de las especies domésticas en un patrón similar a olas, en donde de forma sincrónica, un grupo de folículos antrales tempranos, con un tamaño similar sufrirán un proceso de selección para dar lugar al o a los folículos dominantes (Ginther *et al.* 1989). El proceso de crecimiento continuo y regresión de folículos antrales que conduce al desarrollo del folículo preovulatorio se conoce como dinámica folicular y se refiere al crecimiento de dichas estructuras en forma de oleadas o grupos que acontecen en tres fases: reclutamiento, selección y dominancia folicular (Espinoza-Villavicencio *et al.* 2007). Por lo general se observan de dos o tres oleadas foliculares durante el ciclo estral de la oveja (Arroyo *et al.* 2006). Cada oleada se caracteriza por un pico transitorio de la FSH que estimula el crecimiento del folículo entre 4 y 5 mm de diámetro; periodo que se conoce como reclutamiento, una etapa de selección, en la cual uno de estos folículos es elegido para continuar su crecimiento (folículo dominante) y por último la dominancia que ejerce este folículo sobre el crecimiento de los folículos subordinados, los cuales sufren atresia (Espinoza-Villavicencio *et al.* 2007).

2.2.8. Ovulación

El pico preovulatorio de LH desencadena una serie de eventos que culminan con la ovulación (Rosales-Torres & Guzmán-Sánchez 2008). Este evento determina el inicio de la fase lútea; durante esta fase, el cuerpo lúteo es la principal estructura ovárica que se desarrolla y su función es la de secretar P_4 , la cual es esencial para el establecimiento y mantenimiento de la gestación en mamíferos (Frandsen 1988, Arosh *et al.* 2004). Después de la ovulación, la cavidad antral del folículo se llena de sangre, razón por la cual a la estructura se le denomina cuerpo hemorrágico, las células lúteas pequeñas, fibroblastos, y células endoteliales proliferan, y las células lúteas grandes duplican su tamaño, sin modificar su número, hasta formar una masa compacta de células a la que se le denomina cuerpo lúteo (CL) (Rosales-Torres & Guzmán-Sánchez 2008).

El cuerpo lúteo es una glándula endocrina temporal formada por el folículo ovulado; tiene su origen a partir de dos células esteroidogénicas, las células lúteas grandes que se originan de las células de la granulosa y las células lúteas pequeñas a partir de las células de la teca (Arosh *et al.* 2004).

2.3. MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE ESTROS

La sincronización del ciclo estral permite que un grupo de ovejas ajuste la ocurrencia del estro a un determinado momento, con lo cual, es posible realizar de manera programada montas naturales o inseminación artificial (Molina-Mendoza *et al.* 2005). De esta manera, es posible aumentar y concentrar la producción de corderos en ciertas épocas del año, y así obtener hasta tres partos por oveja en un periodo de dos años (Boscos *et al.* 2002).

Muchos métodos se han desarrollado en la sincronización del estro en ovejas durante el periodo reproductivo y en el anestro estacional (Hackett *et al.* 1981).

2.3.1. Efecto macho

Se refiere a la inducción de la actividad estral y ovulatoria que ejercen los carneros en las ovejas en anestro, o en aquellas próximas al inicio de la estación reproductiva (Ochoa & Urrutia 1995). Es útil en el manejo reproductivo del rebaño en sistemas intensivos (De Lucas *et al.* 2008). El efecto macho constituye un estímulo social que actúa para iniciar la actividad reproductiva tanto en ovejas como en cabras (Álvarez & Zarco 2001).

Martínez *et al.* (1998) mencionaron que el efecto macho puede inducir estro fértil en las ovejas durante la época de anestro estacional. La introducción repentina del macho resulta en un rápido aumento en la frecuencia de la liberación de pulsos de la hormona LH, seguido por un pico preovulatorio de la misma gonadotropina y ovulación (Álvarez & Zarco 2001).

2.3.2. Efecto hembra

Dentro de los fenómenos de bioestimulación sexual conocidos en ovejas y cabras, se ha reportado la existencia de un papel inductor de la actividad sexual por parte de las hembras de forma independiente de los machos. La respuesta al efecto hembra ha mostrado ser tan alta como la obtenida con el efecto macho o con la utilización de progestágenos (80 %). La condición esencial para que una hembra ejerza un papel inductor en la actividad reproductiva de otra es que se encuentren en estro o bajo un tratamiento de fotoperiodo artificial para inducir actividad estral entre sus compañeras. La primera evidencia de respuesta ante la introducción de

las hembras en estro es la elevación de la concentración plasmática de LH, provocando un pico preovulatorio de la misma y culminando con ovulación (Álvarez & Zarco 2001).

2.3.3. Sincronización con progestágenos

El uso de progestágenos (producto químico que ejerce un efecto biológico similar a la progesterona) en la sincronización del estro en ovejas, tiene la finalidad de simular la presencia de un cuerpo lúteo, de tal forma que el progestágeno pueda inhibir la secreción de pulsos de GnRH en el hipotálamo y de la FSH y LH en la hipófisis, deteniendo la maduración de folículos pre-ovulatorios y activándola al momento de su retiro. Estos fármacos pueden utilizarse incluso durante el periodo de anestro estacional (Wildeus 2000). El propósito de combinar dispositivos con P₄, más la aplicación de gonadotropina coriónica equina (eCG) o gonadotropina coriónica humana (hCG), es inducir el estro y la ovulación fuera de la época reproductiva, y así agrupar los estros en tiempos más cortos, concentrar los partos en determinada época del año y reducir en forma considerable el intervalo entre partos (Akif & Kuran 2003).

Las esponjas intravaginales han sido el tratamiento tradicional para la sincronización del estro en pequeños rumiantes durante la estación reproductiva y el anestro estacional. Estas se impregnan con progestágenos que son más efectivos en dosis reducidas que la progesterona natural (Wildeus 2000).

Los progestágenos sintéticos más utilizados son acetato de fluorogestona (FGA) y acetato de medroxiprogesterona (MPA) (Wildeus 2000).

La metodología consiste en aplicar el dispositivo durante 12 a 14 días, al momento de suspender el tratamiento, el celo se presenta después de 48 a 72 h

debido al aumento de la liberación de gonadotropinas hipofisiarias, lo cual estimula el crecimiento folicular y la ovulación (Córdova-Izquierdo *et al.* 1999, Deweese *et al.* 1970).

El uso de esponjas impregnadas con 65 mg de MPA más 200 U.I. de eCG 48 h antes del retiro y durante la monta del semental, sincronizan eficientemente el estro en ovejas de la raza Barbados (Blackbelly) durante la época de anestro estacional (Martínez-Tinajero *et al.* 2007).

Córdova-Izquierdo *et al.* (1999) obtuvieron una respuesta de 100 % al sincronizar ovejas criollas con esponjas impregnadas con 30 mg de FGA más la aplicación de 460 UI de gonadotropina de suero de yegua preñada (PMSG). Cuevas-Estrada *et al.* (1993) reportó una efectividad de 100 % al sincronizar ovejas Pelibuey con implantes subcutáneos de P₄ (Syncromate B[®]), 3 mg de Norgestomet[®] durante 11 días, más la aplicación de Valerato de estradiol (2.5 mg) en época reproductiva. De manera similar, Martínez-Tinajero *et al.* (2006) obtuvieron 100% de estros al sincronizar ovejas F1 (Damara x Merino) con CIDR-G impregnados con 0.3 g de progesterona natural. Uribe-Velásquez *et al.* (2007) encontraron una respuesta de 100 % al utilizar un tratamiento combinado de sincronización aplicando CIDR más 500 UI de eCG en ovejas.

2.3.4. Sincronización con prostaglandinas

La secreción uterina de PGF₂ α induce la luteólisis en ovejas cíclicas (Thorburn *et al.* 1973). Por lo tanto, una alternativa para la sincronización del estro es la aplicación exógena de esta hormona. Este método, como se mencionó anteriormente, se basa en la destrucción del cuerpo lúteo y por lo tanto, la disminución de la concentración natural de progesterona y un subsecuente

desarrollo sincronizado de los folículos, lo cual induce la ocurrencia de una fase folicular; así, la mayoría de las ovejas entran en celo en un periodo determinado (Wildeus 2000). La respuesta al fármaco, es diferente, dependiendo de la etapa del ciclo estral en la que se administre; por lo tanto, una doble aplicación con intervalo de 11 días es el tratamiento más comúnmente utilizado en cabras y ovejas (Wildeus 2000).

Aparentemente, el cuerpo lúteo sólo responde a las $PGF2\alpha$ entre los 5-14 días del ciclo estral en la oveja y 6-17 días en la cabra (Córdova-Izquierdo *et al.* 2008) y el estro se presenta de las 48 a 72 horas después del tratamiento.

Esta consideración es únicamente aplicable en hembras cíclicas y por lo tanto, el método basado en prostaglandinas se utiliza durante la época reproductiva (Wildeus 2000). La identificación y manipulación de la estructura química de la $PGF2\alpha$ permitió el desarrollo de hormonas análogas sintéticas, utilizadas principalmente para inducir la regresión del cuerpo lúteo y con ello, el retorno al celo de las ovejas (Urviola *et al.* 2005).

Las prostaglandinas sintéticas en forma inyectable, como el cloprostenol, son más potentes que la forma natural. Una dosis de 125 mg de cloprostenol es efectiva para producir la regresión del cuerpo lúteo en ovejas y cabras (Córdova-Izquierdo *et al.* 2008).

Naqvi *et al.* (1998) reportaron una sincronización eficiente del estro en ovejas, administrando dosis de 10 ó 7.5 mg de $PGF2\alpha$ con un intervalo de 10 días, entre aplicaciones, independientemente del día del ciclo estral. Torres-Acosta *et al.* (1996), sincronizaron dos grupos de cabras criollas utilizando $PGF2\alpha$ (Dinoprost tromethamine[®]) con intervalos de aplicación de siete días, con lo cual se indujo de manera efectiva el estro. Uribe-Velásquez *et al.* (2008), encontraron una

respuesta de 100 % en la inducción del estro al aplicar dos inyecciones de PGF2 α (Ciosin[®]) en un grupo de ovejas Bergamacia con intervalos de nueve días. Herrera-Camacho *et al.* (2008) obtuvieron 99 % de ovejas Pelibuey en estro al utilizar un protocolo de PGF2 α (15 mg; Lutalyse[®]) con intervalos de nueve días entre aplicaciones y en cada día de administración dos dosis con intervalo de 24 h.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La reproducción es una de las principales áreas en qué se basa la economía de la producción pecuaria; por tal razón, es importante determinar en qué meses o épocas del año disminuyen o aumentan las concepciones y por ende los partos subsiguientes, eventos que representan los principales objetivos de la reproducción (Hinojosa-Cuellar & Olivia-Hernández 2009). Mediante el control de la reproducción se puede determinar la época más propicia de empadres para facilitar el manejo y proyectar el rendimiento del rebaño (Torres-Acosta *et al.* 1996).

Una alternativa desarrollada para incrementar la eficiencia reproductiva en la oveja, es el control de su ciclo reproductivo por técnicas que permiten inducir o sincronizar el estro (Cuevas-Estrada *et al.* 1993).

En la actualidad, se han desarrollado diversos métodos de sincronización de estros en ovejas; sin embargo, los más utilizados se basan en protocolos con progestágenos (Fitzgerald *et al.* 1985, Molina-Mendoza *et al.* 2005, Urviola *et al.* 2005, Camacho-Ronquillo *et al.* 2008, Rodríguez-Mendoza *et al.* 2009) y prostaglandinas (PGF2 α) (Álvarez *et al.* 1994, Torres-Acosta *et al.* 1996, Hernández *et al.* 2001, Herrera-Camacho *et al.* 2008, Uribe-Velásquez *et al.*

2008). El factor luteolítico en rumiantes es la $PGF2\alpha$; por lo tanto, son una alternativa de uso durante la estación reproductiva, ya que provocan la lisis del cuerpo lúteo para inducir una fase folicular con ovulación. La $PGF2\alpha$ es efectiva en presencia de un cuerpo lúteo, animales fuera de la estación reproductiva no responden al efecto causado por la administración exógena de la $PGF2\alpha$. Entonces, lo anterior justifica el uso de esta hormona o sus análogos como una alternativa viable en la sincronización de estros (Abecia *et al.* 2011). La efectividad del tratamiento, varía dependiendo de la forma de administración. Por ejemplo, la doble aplicación de $PGF2\alpha$ con intervalo de ocho días, provoca que del 40 - 60% de las ovejas tratadas presenten falla en la regresión lútea, posiblemente porque en el momento de la segunda aplicación, la efectividad de la hormona se reduce, sin tener una explicación para este evento (Álvarez *et al.* 1994, Hernández *et al.* 2001). En el estudio realizado por estos autores no se evaluó el efecto fisiológico, ni la respuesta endocrina del fármaco en las ovejas. Por lo tanto, evaluar la efectividad de la administración de una o dos dosis de $PGF2\alpha$ con intervalos de aplicación de 8 días, a través de la respuesta luteolítica y fisiológica en la hembra, resulta de interés.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta fisiológica de un método corto de sincronización de estros con $\text{PGF2}\alpha$ en ovejas de pelo criollas.

4.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto luteolítico de la $\text{PGF2}\alpha$ administrada en un protocolo corto de sincronización de estros en ovejas de pelo criollas.

Evaluar la efectividad de la $\text{PGF2}\alpha$ en un protocolo corto de sincronización de estros en ovejas de pelo criollas.

Evaluar el efecto fisiológico de una o dos dosis de $\text{PGF2}\alpha$ administradas con intervalo de ocho días en ovejas de pelo criollas.

V. HIPÓTESIS

Los métodos cortos de sincronización de estros con prostaglandinas- $\text{F2}\alpha$ inducen el estro y la ovulación en más de 80 % de las ovejas tratadas; porque el fármaco hormonal tiene un efecto luteolítico aun al ser administrado a intervalos de 8 días; sin embargo, una doble aplicación ajusta el estro en intervalos de tiempo menores.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Localización geográfica

El estudio se realizó en el Campo Experimental de la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, ubicado en el kilómetro 128.1 de la carretera federal Pinotepa Nacional - Puerto Escondido, en la población de Bajos de Chila; sus coordenadas geográficas son 15°55'25.71" Latitud Norte, 97° 92'.42" Longitud Oeste, con vegetación de palmar y clima cálido húmedo Am(f), con altitud menor a 8 msnm, temperatura promedio anual de 28°C, precipitación pluvial anual entre 800 y 1 200 mm, con topografía de planicie (Torres-Colín 2004).

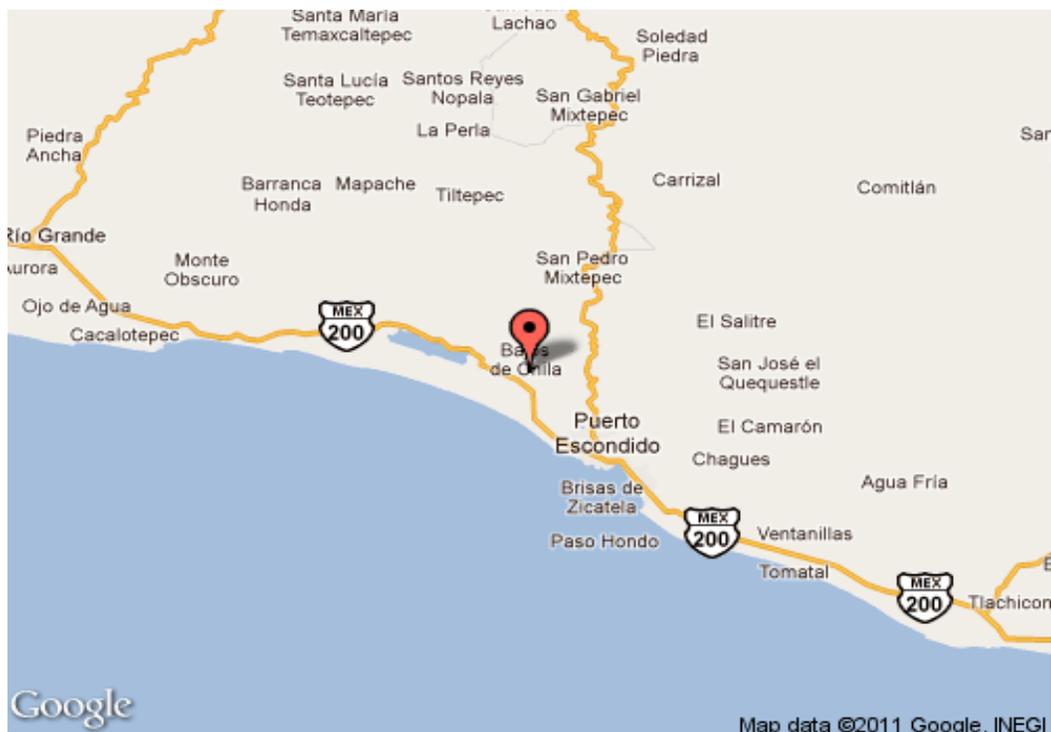


Figura 1. Ubicación de la comunidad de Bajos de Chila Oaxaca, lugar donde se realizó el trabajo de investigación.

Fuente: Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Oaxaca. Disponible en: <http://mexico.pueblosamerica.com/fotos-satelitales/bajos-de-chila>

6.2. Animales experimentales

Se utilizaron 20 ovejas adultas multíparas criollas de pelo, clínicamente sanas, con un peso promedio de 38 ± 0.5 Kg y una condición corporal de 3 - 3.5 en la escala de 1 a 5 (Thompson & Meyer 1994), en condiciones de semiestabulación (Figura 2).



Figura 2. Muestra de animales utilizados en el experimento.

6.3. Diagnóstico de gestación

Antes de iniciar el experimento, las ovejas se revisaron por ultrasonografía transrectal, utilizando un ultrasonógrafo marca Dramisky® (Polonia) y una sonda variable de 5 – 7.5 Mhz, con el propósito de confirmar que no estuviesen gestantes y fuese factible aplicar los tratamientos con $\text{PGF}_{2\alpha}$.

6.4. Alimentación y manejo general de los animales

Las ovejas se alimentaron con un 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 de MS en la dieta; para el Fe (33); Cu (4.4); Zn (21); Mn (12); Se (0.21); Co (0.2); I (0.5) los cuales se encuentran en mg/kg de MS de la dieta (NRC 2007).

Previo al presente estudio la alimentación de las ovejas consistió en pastoreo de 7:00 a 14:00 hrs en un sistema silvopastoril dentro de potreros establecidos con pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*; el cual representa 3 % del consumo total de MS. y 2 % PC), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), guacima (*Guazuma ulmifolia*) y cocuite (*Gliricidia sepium*); posteriormente, los animales se estabularon y adicional al concentrado, 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.; Chinoín[®], México); de manera adicional, se administró, vía IM, 1 ml/animal de vitamina ADE (Vigantol[®], Bayer).

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

6.5. Diseño experimental

Las hembras se asignaron de manera aleatoria a uno de dos tratamientos. El tratamiento 1 (PG-1; n=10 ovejas) consistió en un protocolo corto de sincronización de estros utilizando $\text{PGF2}\alpha$. Se administraron dos dosis de Cloprostenol sódico (análogo de $\text{PGF2}\alpha$, Celosil[®], Shering-Plough, México), vía intramuscular (dosis 0.5 mg contenidos en 2 ml del producto), con un intervalo de 8 días entre cada aplicación, el día de la primera aplicación se consideró el día 0. En el tratamiento 2 (PG-2; n=10 ovejas) se realizó un protocolo corto de sincronización de estros utilizando $\text{PGF2}\alpha$, pero se administraron cuatro dosis de Cloprostenol sódico (análogo de $\text{PGF2}\alpha$, Celosil[®], Shering-Plough, México), vía intramuscular (dosis 0.5 mg contenidos en 2 ml de producto), distribuidos de la siguiente manera: el día 0 (día de la primera aplicación) se administraron dos dosis del fármaco, con intervalo de 8 h; el día 8, se aplicaron las siguientes dos dosis, con intervalo de 8 h.

Doce horas después de la segunda aplicación del análogo de $\text{PGF2}\alpha$, en el grupo PG-1 y de la tercera dosis en el grupo PG-2, se inició la detección de estros en los animales de ambos grupos. Para la determinación del celo se utilizaron 2 machos criollos de pelo, adultos, provistos con mandil, los cuales fueron intercambiados cada 12 h. Los carneros se introdujeron al corral de las hembras durante 30 min, por la mañana (7:00 a 7:30) y tarde (6:00 a 6:30). Las hembras detectadas en celo fueron conducidas a otro corral de manera temporal, con el propósito de evitar que el macho se concentrara sólo en ellas. Se registró el intervalo en horas, entre la segunda (grupo PG-1) y tercera (grupo PG-2) aplicación de $\text{PGF2}\alpha$ y el inicio del estro. La duración del celo (h) se registró en ambos grupos.

6.6. Muestreo sanguíneo

Con el propósito de evaluar la concentración plasmática de P_4 y establecer el efecto luteolítico de la $PGF2\alpha$ se colectaron muestras sanguíneas diariamente a las 9:00 h, en todas las hembras, por punción de la vena yugular, usando tubos vacutainer heparinizados (Vacutainer®, Becton Dickinson, USA), del día 0, hasta el final del estro. En las primeras 2 h posteriores a la colección sanguínea, las muestras fueron centrifugadas a 1,500 g durante 15 minutos, el plasma se extrajo y almacenó a -20 °C hasta su análisis.

6.7. Determinación de la concentración plasmática de progesterona

Se determinó la concentración de P_4 mediante radioinmunoanálisis en fase sólida (Pulido *et al.* 1991), usando un kit comercial (Coat-A-Count®. Diagnostic Products Co., Los Angeles, CA) con sensibilidad analítica del ensayo de 0.02 ng/ml y coeficiente de variación intraensayo de 3.3 %.

Se consideró que las ovejas tuvieron un cuerpo lúteo funcional cuando las concentraciones de P_4 fueron superiores a 1 ng/ml y una concentración menor a 1 ng/ml, indicó lisis del cuerpo lúteo, con la cual se infirió que la hembra se encontraba en fase folicular.

6.8. Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza, PROC GLM (SAS 2002), en la comparación entre y dentro de grupos para las variables intervalo de la segunda y tercera aplicación de $PGF2\alpha$ a presentación del estro, la duración del estro y la concentración de progesterona, con comparación de medias a través del estadístico de prueba Tukey con un nivel de significancia de 0.05. Se realizó una

prueba de Chi-cuadrada utilizando el procedimiento FREQ del paquete estadístico SAS (SAS 2002) para comparar, entre grupos, la proporción de ovejas en estro que respondieron a cada tratamiento.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Proporción de ovejas con respuesta al tratamiento

No se observó diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos en el porcentaje de animales que respondieron al protocolo de sincronización. Noventa por ciento de los animales en PG-1 y 100 % en PG-2 presentaron conducta de estro (Cuadro 1). Resultados similares se reportaron por Torres-Acosta *et al.* (1996) quienes sincronizaron dos grupos de cabras criollas utilizando dos dosis de $\text{PGF2}\alpha$ (Dinoprost tromethamine[®]) con intervalo de siete días y 100 % de los animales respondieron al tratamiento. De manera similar, Cox *et al.* (1987) encontraron una respuesta de 100 % al sincronizar cabras criollas con un análogo de $\text{PGF2}\alpha$ (Tiaprost[®]). Uribe-Velásquez *et al.* (2008) encontraron respuesta de 100 % a un protocolo de sincronización de estros al aplicar dos inyecciones de $\text{PGF2}\alpha$ (Ciosin[®]) en un grupo de ovejas Bergamacia con intervalos de nueve días. Herrera-Camacho *et al.* (2008) encontraron que 99 % de las ovejas presentaron estro al utilizar un protocolo de sincronización con $\text{PGF2}\alpha$ (15 mg; Lutalyse[®]) administrada con intervalos de nueve días, distribuidas en dos aplicaciones de 24 h en ovejas Pelibuey. Greyling & Van Niekerk (1986) mostraron que dos inyecciones de Cloprostenol de 62.5, 125 ó 250 μg administrada con intervalos de catorce días, fueron efectivas en la sincronización de estros durante la estación reproductiva en cabras Boer. Azevedo *et al.* (2002) concluyeron que 100 % de

ovejas de la raza Churra X Ile de France respondieron al tratamiento de sincronización y presentaron estro al administrar dos inyecciones de PGF2 α con intervalo de nueve días, más la aplicación de 500 UI de PMSG.

Por otro lado, los resultados del presente estudio, difieren de las observaciones realizadas por Hernández *et al.* (2001) quienes encontraron que sólo 35.7 % de las ovejas respondieron a un protocolo de sincronización de estros basado en la administración de dos inyecciones de PGF2 α con intervalos de 8 días. Álvarez *et al.* (1994) encontraron que sólo 42.8 % de las ovejas respondieron al tratamiento con una doble inyección de PGF2 α con 8 días de intervalo entre cada aplicación. Los autores mencionaron que las ovejas no presentaron estro debido a una falla en la regresión del cuerpo lúteo; sin embargo, no explicaron de manera fisiológica este evento. Los resultados del presente estudio, demostraron que la administración de PGF2 α con intervalo de ocho días induce el estro en ovejas de pelo criollas en condiciones tropicales.

Cuadro 1. Respuesta reproductiva a protocolos de sincronización de estros en ovejas de pelo criollas, utilizando dosis sencillas o repetidas de un análogo de prostaglandina F2 alfa (PGF2 α).

Tratamiento	n	Ovejas con respuesta al tratamiento (%)	Intervalo final del tratamiento - Inicio del estro (h; Media \pm E.E.)	Duración del estro (h; Media \pm E.E.)
PG-1	10	90 ^a	34.4 \pm 4.9 ^a	35.0 \pm 4.2 ^a
PG-2	10	100 ^a	34.8 \pm 3.7 ^a	49.0 \pm 4.4 ^b

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

PG-1: Protocolo corto de sincronización de estros con la aplicación de dos dosis de Cloprostenol Sódico con intervalo de 8 días.

PG-2: Protocolo corto de sincronización de estros con la aplicación de 4 dosis de Cloprostenol Sódico con intervalo de 8 días. El día cero se administró una dosis de Cloprostenol Sódico y 8 h después, se aplicó la segunda dosis; el día 8 se administró la tercer dosis del fármaco y 8 h después se aplicó la cuarta dosis.

7.2. Inicio del estro

No se observó diferencia entre tratamientos (P>0.05), en el intervalo aplicación de PGF2 α - inicio del estro (Cuadro 1). El estro se presentó a las 34.4 \pm 4.95 y 34.8 \pm 3.7 h (Media \pm E.E.) en PG-1 y PG-2, respectivamente (Cuadro 1). Resultados similares se reportaron por Acritopoulou *et al.* (1977) y Acritopoulou & Haresing (1980) quienes aplicaron una inyección de PGF2 α (100 μ g; ICI 80,966) durante los días 3, 5, 8, 11, 14 y 16 del ciclo estral, en cuatro grupos de ovejas Clun Forest y reportaron el inicio del estro 32.8 \pm 2.4, 39.8 \pm 2.0, 45.7 \pm 1.5 y 37.0 \pm 1.5, h (Media \pm E.E.) después de la aplicación. Sin embargo, los resultados del presente estudio difieren de las observaciones realizadas por Uribe-Velásquez *et al.* (2008), quienes aplicaron dos inyecciones de PGF2 α (125 μ g; Ciosin[®]) con intervalo de nueve días en ovejas Bergamacia y determinaron que el inicio del

estro se presentó 53.42 ± 3.0 h; 19 h más tarde que lo observado en este estudio. Azevedo *et al.* (2002) reportaron que el inicio del estro se presentó a las 72 ± 4 y 60 ± 0 h, (38 h más que en el presente estudio) al sincronizar ovejas Churras con dos inyecciones de $\text{PGF2}\alpha$ (0.225 mg de Tiaprost[®]) con intervalo de nueve días, simultáneamente a la inyección de $\text{PGF2}\alpha$, se administraron 500 UI de PMSG. Hernández *et al.* (2001), al aplicar dos inyecciones de 15 mg de $\text{PGF2}\alpha$ (Lutalyse[®]) con intervalo de 8 días en ovejas Pelibuey, durante la época reproductiva, reportaron que el inicio del estro se presentó 60 ± 5.3 y 138 ± 13.7 h después de la segunda dosis. Akusu & Egbunike (1984), al aplicar en cabras, 5.0 y 10 mg de un análogo de $\text{PGF2}\alpha$ (Dinoprost tromethamine[®]), observaron el inicio del estro 43 y 59 h posteriores al tratamiento; 9 y 25 h más tarde que en el presente estudio. De manera similar, Torres-Acosta *et al.* (1996), reportaron que al sincronizar cabras criollas con dos dosis de $\text{PGF2}\alpha$ (Dinoprost tromethamine[®]) con intervalo de siete días, el estro se observó 48 y 60 h, después del tratamiento; 14 y 26 h más tardíamente que en el presente estudio.

7.3. Duración del estro

La duración del estro fue mayor ($P < 0.05$) en PG-2 (49 ± 4.4 h) al compararla con PG-1 (35 ± 4.2 h) (Cuadro 1). Esta diferencia puede atribuirse, a un gran número de folículos preovulatorios en PG-2, lo cual puede generar una alta concentración de estradiol y por lo tanto, un estro más largo; sin embargo, este evento podría provocar mayor variabilidad en el momento de la ovulación. Deaver *et al.* (1986) reportaron una duración del estro en ovejas, de 26, 30 y 29 h respectivamente, al aplicar dos inyecciones de $\text{PGF2}\alpha$ (5 mg; Lutalyse[®]) distribuidas en dos aplicaciones de 3 h durante los días 5, 8 y 11 del ciclo estral. Hanrahan & Quirke

(1975), Quirke *et al.* (1979), Fernández (1997), señalaron que la duración del estro varía de 24 a 56 h. Por lo tanto, la duración del estro en las ovejas del presente estudio se encuentra dentro de los indicadores establecidos previamente para esta especie.

7.4. Concentración plasmática de progesterona (P₄)

La evaluación del perfil de P₄ reveló de manera clara el efecto luteolítico de la PGF₂α (Cloprostenol Sódico) (Cuadro 2). La concentración de progesterona en el día 0, fue similar (P>0.05) entre grupos, con valores mayores a 1 ng/ml, lo cual indicó que una alta proporción de ovejas, al inicio del experimento, se encontraban en fase lútea (60 % para PG-1 y 90 % para PG-2). La concentración de P₄ disminuyó (P<0.05) el día 1, en comparación con el día 0, en ambos grupos; los valores registrados fueron menores a 1 ng/ml, lo cual indicó que el fármaco administrado lisó el cuerpo lúteo, observándose efectos similares (P>0.05) en PG-1 y PG-2 (Cuadro 2). La concentración de P₄ plasmática registrada permite inferir que del día 1 al 3 en PG-1 y del día 1 al 5 en PG-2 las ovejas estaban en fase folicular (Cuadro 2). En PG-1, del día 4 al 8 y en PG-2, del día 6 al 8, se observó una nueva fase lútea, pues los valores de progesterona fueron mayores a 1 ng/ml (Cuadro 2). Entonces, en PG-1, al aplicar la segunda dosis de Celosil[®], las hembras se encontraban en el día 5 de la fase lútea y en PG-2, al administrar la tercera dosis del fármaco, las ovejas estaban en el día 3 de la fase lútea (Cuadro 2). En ambos casos, se indujo la lisis del cuerpo lúteo, lo cual se infiere por la reducción (P<0.05) en la concentración P₄ observada el día 9 (menor a 1 ng/ml), en relación con el día 8. Esta disminución en el nivel de progesterona indicó el inicio de una fase folicular, la cual se extiende hasta el día 12. Lo anterior

coincidió con la manifestación conductual del estro y la receptividad sexual de las hembras. La fase folicular se caracteriza por altos niveles de E₂ secretados a nivel ovárico, los cuales ejercen un efecto de retroalimentación positiva a nivel del hipotálamo mediobasal (HMB), se incrementa la secreción pulsátil de GnRH/ LH y se induce el pico preovulatorio de ambas hormonas y 24 horas después, ocurre la ovulación (Arroyo *et al.* 2006).

Cuadro 2. Concentración de progesterona (P4) en ovejas de pelo criollas tratadas con un análogo de prostaglandina F2 alfa (PGF2 α) en un protocolo corto de sincronización de estros.

Día en el protocolo de sincronización	Tratamiento		Probabilidad
	PG-1	PG-2	
	Concentración de progesterona (ng/ml; media \pm E.E.)	Concentración de progesterona (ng/ml; media \pm E.E.)	
0	2.64 \pm 0.85 ^{ab}	5.24 \pm 1.02 ^a	NS
1	0.78 \pm 0.14 ^{cd}	0.56 \pm 0.08 ^c	NS
2	0.71 \pm 0.12 ^{cd}	0.25 \pm 0.04 ^c	*
3	0.97 \pm 0.19 ^{bcd}	0.26 \pm 0.4 ^c	NS
4	1.09 \pm 0.26 ^a	0.27 \pm 0.03 ^c	*
5	1.62 \pm 0.39 ^{abc}	0.62 \pm 0.07 ^{bc}	*
6	2.07 \pm 0.41 ^{abc}	1.04 \pm 0.12 ^{bc}	*
7	3.11 \pm 0.51 ^a	2.22 \pm 0.34 ^b	NS
8	2.02 \pm 0.28 ^{abc}	1.69 \pm 0.21 ^{bc}	NS
9	0.48 \pm 0.07 ^{cd}	0.22 \pm 0.03 ^c	*
10	0.21 \pm 0.05 ^d	0.17 \pm 0.05 ^c	NS
11	0.08 \pm 0.01 ^d	0.07 \pm 0.02 ^c	NS
12	0.12 \pm 0.00 ^d	0.26 \pm 0.10 ^c	NS

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

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

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

PG-1: Protocolo corto de sincronización de estros con la aplicación de dos dosis de Cloprostenol Sódico con intervalo de 8 días.

PG-2: Protocolo corto de sincronización de estros con la aplicación de 4 dosis de Cloprostenol Sódico con intervalo de 8 días. El día cero se administró una dosis del fármaco y 8 h después, se aplicó la segunda dosis; el día 8 se administró la tercera dosis de Cloprostenol Sódico y 8 h después se aplicó la cuarta dosis.

Entonces, la utilización de cloprostenol sódico, un análogo de $\text{PGF2}\alpha$, en protocolos cortos de sincronización de estros, lisa el cuerpo lúteo e induce una fase folicular acompañada de celo en ovejas de pelo criollas en condiciones de trópico; por lo tanto, este protocolo es efectivo.

Los resultados del presente estudio son similares a los de Torres-Acosta *et al.* (1996), quienes en un protocolo de sincronización de estros en cabras, reportaron valores de P_4 de 2.44 ± 0.89 y 2.04 ± 1.44 ng/ml al momento de la segunda aplicación de $\text{PGF2}\alpha$ (2.5 y 5.0 mg; Dinoprost tromethamine[®]), 24 h después de la administración del fármaco, los niveles de progesterona P_4 (0.30 ± 0.32 y 0.15 ± 0.16 ng/ml) indicaron regresión del cuerpo lúteo. De manera similar, Deaver *et al.* (1986), observaron, en ovejas, disminución en la concentración plasmática de progesterona (0.7 ng/ml) 30 h siguientes a la administración de dos inyecciones de $\text{PGF2}\alpha$ (5 mg; Lutalyse[®]) distribuidas en dos aplicaciones cada 3 h. Por otro lado, los resultados del presente estudio difieren de los obtenidos por Hernández *et al.* (2001) y Álvarez *et al.* (1994) quienes encontraron que sólo 35.7 y 42.8 % de las ovejas sincronizadas con dos inyecciones de Lutalyse[®] administradas con intervalo de 8 días, presentaron luteólisis y conducta de estro, en contraste con 64.3 y 57.2 % de hembras que presentaron falla en la regresión del cuerpo lúteo; una posible explicación del evento es que, no ocurre producción intralútea de $\text{PGF2}\alpha$ y por lo tanto, esto puede resultar en la resistencia del cuerpo lúteo inmaduro a la regresión promovida por la inyección de la $\text{PGF2}\alpha$, pues la mayor parte de los animales estuvieron entre los días 5 y 6 del ciclo estral al momento de la segunda aplicación, etapa en la cual, el cuerpo lúteo muestra insensibilidad a la $\text{PGF2}\alpha$ (Hernández *et al.* 2001, Córdova-Izquierdo *et al.* 2008). En especies en las que la $\text{PGF2}\alpha$ es el factor luteolítico, la administración de esta hormona o

sus análogos en la fase lútea temprana no causa regresión lútea (Tsai & Wiltbank 1998). Sin embargo, los mecanismos bioquímicos implicados en la resistencia del cuerpo lúteo a la $\text{PGF2}\alpha$ no están bien establecidos, pero se considera que puede existir interferencia en la vía del segundo mensajero, con lo cual se evita la acción de la $\text{PGF2}\alpha$ (Juengel *et al.* 1998). Por ejemplo, en el día 4 del ciclo estral, cuando el cuerpo lúteo es resistente a la $\text{PGF2}\alpha$, los niveles de ARNm que codifican los péptidos inhibidores de la proteína cinasa C se elevan (Juengel *et al.* 1998). En este mecanismo de resistencia a la luteólisis, la regulación de receptores para $\text{PGF2}\alpha$ parece no estar involucrada, porque la expresión de estos o el ARNm codificante para los mismos no se reducen durante el reconocimiento materno de la gestación o durante la preñez en ovejas y vacas (Sakamoto *et al.* 1995). La afinidad de los receptores para $\text{PGF2}\alpha$ no varía durante el ciclo estral de la oveja (Wiepz *et al.* 1992). Entonces, el mecanismo por medio del cual el cuerpo lúteo de los rumiantes adquiere resistencia a la actividad luteolítica de la $\text{PGF2}\alpha$, parece no involucrar la regulación de los receptores para la hormona. Por otro lado, es posible que el catabolismo de la $\text{PGF2}\alpha$ por el cuerpo lúteo esté involucrado en la resistencia de esta estructura a la hormona. La enzima que limita la acción biológica de las prostaglandinas de las series E y F participa en su inactivación es la 15-hidroxiprostaglandina deshidrogenasa (PGDH). Muchos tejidos expresan la PGDH para proporcionar protección local del efecto biológico de la $\text{PGF2}\alpha$ (Silva *et al.* 2000).

La resistencia del cuerpo lúteo puede también ocurrir por la reducción en la producción de $\text{PGF2}\alpha$ luteal (Silva *et al.* 2000). Al respecto, se demostró que el cuerpo lúteo puede convertir la $\text{PGF2}\alpha$ a 15-ceto-13, 14-dihidroxi-prostaglandina $\text{F2}\alpha$ (PGFM). Esto puede explicar, en parte, el mecanismo de resistencia lútea a

PGF2 α durante la preñez temprana y los primeros días del ciclo estral. El catabolismo de PGF2 α , de manera local en el cuerpo lúteo puede evitar que la PGF2 α de origen uterino alcance sus receptores en las células lúteas grandes (Silva *et al.* 2000). Por otro lado, Goravanahally *et al.* (2009) reportaron distinta expresión de genes en la etapa temprana y media del ciclo estral. Los genes CAMKK2, YWHAZ, GNB1 y RGS2, son importantes y pueden participar de manera esencial en la adquisición de sensibilidad lútea a la regresión, inducida por PGF2 α . Los autores indican que la manipulación de la expresión de estos genes, puede proporcionar una estrategia efectiva para el desarrollo de prácticas más efectivas de sincronización de estros en mamíferos, suprimiendo la limitante que representa la insensibilidad del cuerpo lúteo en desarrollo a la acción luteolítica de la PGF2 α (Goravanahally *et al.* 2009).

Sin embargo, es claro que en el presente estudio esa respuesta fisiológica no ocurrió, pues como se mencionó anteriormente, en ambos grupos, el Cloprostenol Sódico indujo luteólisis; lo cual indica que el cuerpo lúteo mostró sensibilidad a la acción de la PGF2 α exógena a pesar de que los animales se encontraban en los días 5 y 3 de la fase lútea.

Se debe considerar que la luteólisis es un proceso complejo que involucra cambios en la expresión de múltiples genes en por lo menos 3 tipos de células (células esteroideogénicas grandes, pequeñas y células endoteliales). La luteólisis natural o inducida con el tratamiento exógeno de PGF2 α reduce el ARNm codificante para productos que regulan la esteroideogénesis, incrementa el ARNm para genes apoptóticos y para factores involucrados en la respuesta inmune. La PGF2 α también incrementa el ARNm codificante de enzimas que estimulan la producción de esta hormona en el cuerpo lúteo ovino (Tsai & Wiltbank 1998).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, es posible inferir que los procesos descritos ocurrieron en las ovejas experimentales, pues la aplicación exógena del análogo de $\text{PGF2}\alpha$ indujo la luteólisis y sincronizó el estro en 95 % de las hembras. El conocimiento generado en estudios previos, indica que la liberación del ácido araquidónico de los fosfolípidos por la activación de la fosfolipasa A2, se considera el factor limitante en la síntesis de prostaglandinas. El ácido araquidónico liberado es transformado rápidamente a $\text{PGF2}\alpha$ por la sintetasa de prostaglandina, también llamada ciclooxigenasa (COX), la cual existe en una forma constitutiva (COX-1) y una inducible (COX-2) (McCracken *et al.* 1999). La $\text{PGF2}\alpha$, también causa cambios morfológicos y fisiológicos agudos en las células lúteas, tales como la disminución en la fluidez de la membrana, depleción de antioxidantes del cuerpo lúteo e incremento en la actividad de enzimas fosfolipasas y proteolíticas. La combinación de estos cambios, inducidos por la $\text{PGF2}\alpha$ resulta en la cesación de la producción de progesterona luteal e involución del tejido lúteo. La $\text{PGF2}\alpha$ ejerce su efecto biológico al unirse a un receptor de membrana (receptor FP) asociado a la proteína G, con siete dominios transmembranales (Tsai & Wiltbank 1998). Los mecanismos anteriores debieron ocurrir al inducirse la luteólisis en las ovejas experimentales en ambos grupos.

VIII. CONCLUSIONES

La administración de Cloprostenol Sódico (análogo de $\text{PGF2}\alpha$) utilizado en un protocolo corto de sincronización de estros, induce el celo en ovejas de pelo criollas en el trópico. Una doble administración del fármaco en cada día de aplicación, incrementa la duración del estro y no modifica el momento de su ocurrencia en comparación con una sola dosis. El Cloprostenol Sódico genera

lisis del cuerpo lúteo, a pesar de que éste se encuentre en etapas tempranas de desarrollo (días 3 y 5 de la fase lútea), lo cual se evidencia por la reducida concentración de progesterona plasmática observada 24 h después de la administración del fármaco. Por lo tanto, este protocolo de sincronización de estros es efectivo en ovejas de pelo criollas ciclando y puede ser factible su aplicación en los rebaños ovinos en regiones tropicales.

IX. LITERATURA CITADA

Abecia, J.A., F. Forcada. & A. González-Bulnes. 2011. Pharmaceutical Control of Reproduction in Sheep and Goats. *Vet. Clin. Food. Anim.* 27:67-79.

Acritopoulou, S., W. Haresing. J.P. Foster. & G.E. Lamming. 1977. Plasma progesterone and LH concentrations in ewes after of an analogue of prostaglandin F-2 α . *J. Reprod. Fert.* 49:337-340.

Acritopoulou, S. & W. Haresing. 1980. Response of ewes to a single injection of an analogue of PGF-2 α given at different stages of the oestrous cycle. *J. Reprod. Fert.* 58:219-223.

Álvarez, R.L. & Q.L.A. Zarco. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet. Méx.* 32:117-129.

Álvarez, R.A.G., R.O. Rodríguez. & L.J.J. Hernández. 1994. Sincronización del estro en la borrega Pelibuey con la utilización de la PGF2 α . *Téc. Pec. Méx.* 32:24-29.

Akif, C. & M. Kuran. 2003. Effects of a single injection of eCG or GnRH agonist on day 12 postmating on fetal growth and reproductive performance of sheep. *Vet. Méx.* 80:81-90.

- Akusu, M.O. & G.N. Egbunike. 1984. Fertility of the West African Dwarf goat in its native environment following PGF₂ alpha induced estrus. *Vet. Q.* 6:173-175.
- Arroh, J.A., S.K. Banu., P. Chapdelaine., E. Madore., J. Sirois. & M.A. Fortier. 2004. Prostaglandin Biosynthesis, Transport, and Signaling in Corpus Luteum: A Basis for Autoregulation of Luteal Function. *Endocrinology* 145:2551-2560.
- Arroyo, L.J., J. Gallegos-Sánchez., J.M. Berruecos., J. Perera. & J. Valencia. 2005. Actividad ovulatoria anual en ovejas Pelibuey y Suffolk. XXIX Congreso Nacional de Buiatria. Puebla. México 8 pp.
- Arroyo, L.J., J. Gallegos-Sánchez., A. Villa-Godoy., J.M. Berruecos. & J. Valencia-Méndez. 2006. Sistemas neurales de retroalimentación durante el ciclo reproductivo anual de la oveja: Una revisión. *Interciencia* 31:8-15.
- Arroyo, L.J., J. Gallegos-Sánchez., A. Villa-Godoy., J.M. Berruecos., J. Perera. & M.J. Valencia. 2007. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Anim. Reprod. Sci.* 102:24-30.
- Azevedo, J.M., T.M. Correia., J.C. Almeida., R.C. Valentim., P. Fontes., A. Coelho. & A.L. Mendonça. 2002. Sincronización de celos y diagnóstico precoz de gestación en ovejas Churras Da Terra Quente e Ile de France. *Reproducción* 973-977.
- Baird, D.T. 1992. Luteotropic control of the corpus luteum. *Anim. Reprod. Sci.* 28:95-102.
- Boscós, C.M., F.C. Samartzi., S. Dellis., A. Rogge., A. Stefanakis. & E. Krombovitis. 2002. Use of progestagen gonadotrophin treatments in estrus synchronization of sheep. *Theriogenology* 58:1261-1272.

- Castillo, R.H., O.M. Valencia. & J.M. Berruecos. 1972. Comportamiento reproductivo del borrego Tabasco mantenido en clima tropical o subtropical. I. Índices de fertilidad. *Téc. Pecu. Méx.* 20:52-56.
- Camacho-Ronquillo, J.C., J.C. Rodríguez-Castillo, J.E. Hernández-Hernández., A. Pro-Martínez., C.M. Becerril-Pérez. & J. Gallegos-Sánchez. 2008. Características reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas e inducidas a la pubertad. *Arc. Latinoam. Prod. Anim.* 16:18-24.
- Cerna-Cabrera, C., A. Porrás-Almaraya., L.A. Zarco-Quintero. & J. Valencia-Méndez. 2004. Efecto del fotoperiodo artificial sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto en la oveja Pelibuey. *Vet. Méx.* 35:179-185.
- Combellas, J. 1980. Production and reproduction parameters of tropical sheep breeds in improves production systems. *Trop. Anim. Prod.* 5:266-272.
- Córdova-Izquierdo, A., G. Ruiz-Lang., J. Saltijeral-Oaxaca., J.F. Pérez-Gutiérrez. & T. Degefa-Dadi. 1999. Inducción y sincronización de celos en ovejas criollas anéstricas estacionales con esponjas vaginales impregnadas con FGA y PMSG inyectable. *Arch. Zootec.* 48:437-440.
- Córdova-Izquierdo, A., M. Córdova-Jiménez., C.A. Córdova-Jiménez. & J.E. Guerra-Liera. 2008. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras. *Rev. Vet.* 19:67-79.
- Cox, J.F., A. Santa-María., R. Rodríguez. & A. Islas. 1987. Oestrus synchronization in criollo goats by means of Tiaprost. *Agrociencia* 3:167-172.
- Cuevas-Estrada, A., V. Rodríguez-Hernández., R. Gutiérrez-Vargas., Soto-Camargo & R.D. Martínez-Rojero. 1993. Sincronización de estro en ovejas Pelibuey con implantes nuevos y reciclados de Norgestomet. *Vet. Méx.* 24:327-330.

- Deaver, D.R., N.J. Stille., R.A. Dailey., E.K. Inskeep. & P.E. Lewis. 1986. Concentrations of Ovarian and Pituitary Hormones Following Prostaglandin F₂ α -Induced Luteal Regression in Ewes Varies with Day of the Estrous Cycle at Treatment. *J. Anim. Sci.* 62:422-427.
- Delgadillo, S.J.A., C.J.A. Flores., D.F.G Veliz., M.G. Duarte., S.J. Vielma., M.P. Poindron. & B. Malpoux. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. Méx.* 34:69-79.
- Deweese, W.P., H.A. Glimp. & R.H. Dutt. 1970. Comparison of medroxyprogesterone acetate orally and in vaginal sponges for synchronizing estrus in ewes. *J. Anim. Sci.* 31:394-397.
- De Lucas, T.J., Q.L.A. Zarco., P.E. González., P.J. Tórtora., G.A. Villa. & P.C. Vásquez. 2003. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Vet. Méx.* 34:1-21.
- De Lucas, T.J., Q.L.A. Zarco. & P.C. Vásquez. 2008. El efecto macho como inductor de la actividad reproductiva en sistemas intensivos de apareamiento en ovinos. *Vet. Méx.* 39:117-127.
- De Lucas, T.J., Q.L.A. Zarco., P.E. González., P.J. Tórtora. & P.C. Vásquez. 2009. Evaluación biológica de dos sistemas de apareamiento en ovinos de raza Columbia en producción intensiva. *Vet. Méx.* 40:105-122.
- Díaz, R.P., H.G. Torres., J.G. Herrera., M.M. Morales. & A.A.R. Pulido. 1995. Características de crecimiento predestete en corderos Pelibuey, Florida y sus cruza (F1) en el trópico de México In: *Memorias del VII Congreso Nacional*

- de producción Ovina. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinos (AMTEO). Toluca, México. 8-10 pp.
- Dogan, I. & Z. Nur. 2006. Different estrous induction methods during the non-breeding season in Kivircik ewes. *Veterinari Medicina* 51:133-138.
- Douglas, R.H. & O.J. Ginther. 1973. Luteolysis Following a Single Injection of Prostaglandin F 2a in Sheep. *J. Anim. Sci.* 37:990-993.
- Espinosa-Villavicencio, J.L., R. Ortega-Pérez., A. Palacios-Espinoza., J. Valencia-Méndez. & C.F. Aréchiga-Flores, 2007. Crecimiento folicular ovárico en animales domésticos: Una Revisión. *Interciencia* 32:93-99.
- Esqueda, C.M.H. 2006. La ovinocultura como una alternativa para la diversificación ganadera en el estado de Chihuahua. Consultado el 30 de octubre 2010: www.ugrch.org/publicaciones/
- Fernández, A., D. Baru., V. López., M.M. Rey., M. M. Urioste. & M. Villegas. 1997. Studies on the duration of oestrus in the ewe outdoors. *Producción Ovina* 10:53-62.
- Frandsen, R.D. 1988. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. Aspectos fisiológicos de la reproducción de la hembra. Cuarta edición. McGraw-Hill. México. 560 pp.
- Fitzgerald, J.A., A.J. Ruggles., J.N. Stellflug. & W. Hansel. 1985. A seven-Day Synchronization Method for Ewes Using Medroxyprogesterone Acetate (MAP) and Prostaglandin F2 α . *J. Anim. Sci.* 61:466-469.
- Galina, M.A., R. Morales., E. Silva. & B. Lopez. 1996. Reproductive performance of Pelibuey and Blackbelly sheep under tropical management systems in Mexico. *Small Rumin. Res.* 22:31-37.

- Ginther, O.J., J.P. Kastelic. & L. Knopf. 1989. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 20:187-200.
- González-Bulnes, A. 2000. Relationship between ultrasonographic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentration during the oestrus cycle in monovular ewes. *Reprod. Dom. Anim.* 35:65-68.
- González-Garduño, R., G. Torres-Hernández. & M. Casillo Álvarez. 2002. Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Vet. Méx.* 33:443-453.
- González-Garduño, R., G. Torres-Hernández. & J. Arece-García. 2010. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadres al año. *Zoot. Trop.* 28:51-56.
- González-Reyna, A., J. Valencia., W.C. Foote. & B.C. Murphy. 1991. Hair Sheep in México: Reproduction in the Pelibuey Sheep. *Anim. Breed. Abstr.* 59:509-524.
- Goodman, R.L., M. Gibson., D.C. Skinner & M.N. Lehman. 2002. Neuroendocrine control of pulsatile GnRH secretion during ovarian cycle: evidence from the ewe. *Reproduction* 59:41-56.
- Goravanahally, M.P., M. Salem., J. Yao., E.K. Inskeep. & J.A. Flores. 2009. Differential gene expression in the bovine corpus luteum during transition from early phase to midphase and its potential role in acquisition of luteolytic sensitivity to prostaglandin F2 alpha. *Biol. Reprod.* 80: 980-988.

- Greyling, J.P.C. & C.H. Van Niekerk. 1986. Synchronization of oestrus in the Boer goat doe: Dose effect of prostaglandin in the double injection regime. *J. Anim. Sci.* 16:146–150.
- Hackett, A.J., H.A. Robertson. & M.S. Woynetz. 1981. Effects of Prostaglandin F2 alpha and Pregnant Mare's Serum Gonadotropin (PMSG) on the Reproductive Performance of Fluorogestone Acetate-PMSG-Treated Ewes. *J. Anim. Sci.* 53:154-159.
- Hafez, E.S.E. 1952. Studies on the breeding season and reproduction of ewe. *J. Agric. Sci.* 42:189-265.
- Hansen, P.J. 1985. Photoperiodic regulation of mammals breeding during short days. *Anim. Reprod. Sci.* 9:301-305.
- Hanrahan, J.P. & J.F. Quirke. 1975. Repeatability of the duration of oestrus and breed differences in the relationship between duration of oestrus and ovulation rate of sheep. *J. Reprod. Fert.* 45: 29-36.
- Hernández, C.J., M.J. Valencia. & Q.L. Zarco. 2001. Regresión del cuerpo lúteo y presentación del estro en ovejas con dos inyecciones de prostaglandina con ocho días de intervalo. *Téc. Pec. Méx.* 39:53-58.
- Herrera-Camacho, J., R.A. Ké-López., J.C. Ku-Vera., G.L. Williams. & J.A. Quintal-Franco. 2008. Respuesta ovulatoria, estado de desarrollo y calidad de embriones de ovejas Pelibuey superovuladas y suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados. *Téc. Pecu. Méx.* 46:107-117.
- Hinojosa-Cuellar, J.A. & J. Olivia-Hernández. 2009. Distribución de partos por estación en ovejas de razas de pelo y cruces en un ambiente tropical húmedo. *Revista Científica FCV-LUZ* 19:288-294.

- Juengel, J.L., M.H. Melner., J.A. Clapper., A.M. Turzillo., G.E. Moss., T.M. Nett. & G.D. Niswender. 1998. Steady-state concentrations of mRNA encoding two inhibitors of protein kinase C in ovine luteal tissue. *J. Repro. Fertil.* 113: 299-305.
- Light, J.E., W.J. Silvia. & R.C. Reid. 1994. Luteolytic effect F2 alpha and two metabolites in ewes. *J. Anim. Sci.* 72:2718-2721.
- López-Sebastián, A., Santiago-Moreno., A.G. De Bulnes. & M. García-López. 1993. Aspectos característicos de la fisiología reproductiva de la oveja. *Rev. Científ. FCV-LUZ* 2:124-133.
- Macedo, R. & Y. Castellanos. 2004. Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovino en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 3:1-9.
- Macedo, R. & A. Alvarado. 2005. Efecto de la época de monta sobre la productividad de ovejas Pelibuey bajo dos sistemas de alimentación en Colima, México. *Arch. Zoot.* 54:51-62.
- Martínez, R.R.D., L.C. Cruz., G.I. Rubio. & Q.L.A. Zarco. 1998. Influencia del carnero sobre la ocurrencia de estros en la oveja Pelibuey. *Vet. Méx.* 29:111-115.
- Martínez-Tinajero, J.J., S.M.T. Torres-Esqueda., L. Bucio-Alanís., R. Rojo-Rubio., G. D. Mendoza-Martínez., J.L. Cordero-Mora. & O. Mejía-Villanueva. 2006. Efecto de eCG e inseminación laparoscópica sobre el comportamiento reproductivo en ovejas F1 (Damara x Merino). *Revista Científica FCV-LUZ* 1:72-77.
- Martínez-Tinajero, J.J., F. Izaguirre-Flores., L. Sánchez-Orozco., C.G. García-Castillo., G. Martínez-Priego. & G. Torres-Hernández. 2007. Comportamiento reproductivo de ovejas Barbados Barriga Negra sincronizadas con MPA y

- diferentes tiempos de aplicación de eCG durante la época de baja fertilidad. *Revista Científica FCV-LUZ* 17:47-52.
- Martínez-Tinajero, J.J., S.M.T. Torres-Esqueda., G. Torres-Hernández., L. Herrera-Haro., L. Bucio-Alanís., R. Rojo-Rubio. & J. Hernández-Martínez. 2008. Comportamiento reproductivo de ovejas F1 (Damara x Merino) sincronizadas con CIDR y dos tiempos de aplicación de GnRH. *Trópico Húmedo* 24:175-182.
- McDonald, L.E. 1991. Patrones de reproducción. In: McDonald, L. E., Pineda, M. H. editores. *Endocrinología veterinaria y reproducción*. México (DF): Interamericana-McGrawHill. 337-387 pp.
- McCracken, J.A., E.E. Custer. & J.C. Lamsa.1999. Luteolysis: a neuroendocrine-mediated event. *Physiological Reviews* 70: 263-323.
- Molina-Mendoza, P., E.T. Sánchez-Torres., O. García-Flores., A. Martínez-García, M. Cárdenas-León., J. Peralta-Ortiz., J.L. Cordero-Mora., A. Hizarza-Espinoza. & M. Ortega-Cerilla. 2005. Manipulación de la presencia del cuerpo lúteo en la sincronización de estro en ovejas Dorset. *Agrociencia* 39:11-18.
- Morley, F.H.W. 1985. Some seasonal factors affecting fertility among Merino ewes in the Trangie district of New South Wales. *J. Austr. Vet.* 24:106-111.
- Naqvi, S.M.K., R. Gulyani. & J. Pmittal. 1998. Estrus synchronization response in Kheri ewes treated with prostaglandin F_{2α}. *J. Anim. Sci.* 68:564-565.
- Navarro, L. & A. Torres. 1984. Duración, frecuencia e incidencia natural del estro en ovejas West African en la mesa de guanipa. *Zoot. Trop.* 2:39-49.
- National Research Council. 2007. *Nutrient Requirements of Sheep*, 6^a. ed., National Academy Press, Washington, D. C.

- Ochoa, C.M. & M.J. Urrutia. 1995. Efecto macho en la raza Rambouillet durante la estación considerada de anestro. *Téc. Pecu. Méx.* 33:39-42.
- Padilla, R.F., S.G. Mapes. & K.F. Jiménez. 1988. Perfiles hormonales durante el ciclo estral de la oveja. *Téc. Pec. Méx.* 26:96-108.
- Palacios-Riocerezo, C. & M.C. Blanco-Linares. 2000. Presentación del ovario y del útero en el ciclo sexual de la oveja, obtenida por grabación en video via laparoscopia. *Reproducción* 25:575-580.
- Pijoan, J.J. 1983. Aspectos endocrinos en diversas fases reproductivas de la oveja: Ciclo estral. *Rev. Vet. Méx.* 14:229-234.
- Pulido, A., L. Zarco., C.S. Galina., C. Murcia., G. Flores. & E. Posadas. 1991. Progesterone metabolism during storage of blood samples from Gyr cattle: effects of anticoagulant, time and temperature of incubation. *Theriogenology* 35:965-975.
- Quirke, J.F., J.P. Hanrahan. & J.P. Gosling. 1979. Plasma progesterone levels throughout the oestrus cycle and release of LH at oestrus in sheep with different ovulation rates. *J. Reprod. Fert.* 55:37-44.
- Recabarren, S.E., P. Muños., A. Lobos., C. Vilches. & J. Parilo. 2006. Análogo de GnRH disminuye la secreción de hormona folículo estimulante (FSH) en ovejas prepúberes. *Arch. Med. Vet.* 38:39-46.
- Rodríguez-Mendoza, M., H.M. Montaldo., J.A. Balcázar-Sánchez. & J. Hernández-Cerón. 2009. Niveles de progesterona sérica en ovejas Pelibuey y Suffolk sometidas a estrés térmico. *Vet. Méx.* 40:197-202.
- Rosales-Torres, A.M. & A. Guzmán-Sánchez. 2008. Apoptosis en la atresia folicular y la regresión del cuerpo lúteo. *Revisión. Téc. Pecu. Méx.* 46:159-182.

- Sakamoto, K., K. Miwa., T. Ezashi., E. Okuda-Ashitaka., D. Okuda., T. Houtani., S. Ito. & O. Hayaishi. 1995. Expression of mRNA encoding the prostaglandin F₂ α receptor in bovine corpora lutea throughout the oestrous cycle and pregnancy. *J. Repro. Fertil.* 103: 99-105.
- Sánchez, C. 2001. Estrategias para la engorda de corderos en canales. *Revista del borrego* 2:10-11.
- SAS. 2002. SAS User's Guide (Release 9.0). Statistics SAS Inst. Inc., Cary. NC.
- Segura, J.C., L. Sarmiento. & O. Rojas, 1996. Productivity of Pelibuey and Blackbelly ewes in Mexico under extensive management. *Small Rumin. Res.* 21:57-62.
- Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2009. Situación actual y perspectiva de la población ganadera en México 2000-2009. Consultado el 20 de febrero 2011. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/ventana.php?idLiga=991&tipo=1>.
- Silva, P.J., J.L. Juengel., M.K. Rollyson. & G.D. Niswender. 2000. Prostaglandin metabolism in the ovine corpus luteum: catabolism of prostaglandin F₂ α (PGF₂ α) coincides with resistance of the corpus luteum to PGF₂ α . *Biol. Reprod.* 63: 1229-1236.
- Skinner, D.C., A. Caraty. & R. Allingham. 2001. Unmasking the progesterone receptor in the preoptic area and hypothalamus of the ewe: no colocalization with gonadotropin-releasing neurons. *Endocrinology* 142:573-579.
- Thompson, J. & H. Meyer. 1994. Condición corporal de las ovejas. Oregon State University Extension Service.
- Thorburn, G.D., R.C., Cox, W.C. Currie., B.J. Restall. & W. Schneider. 1973. Prostaglandin F₂ α and progesterone concentrations in the utero-ovarian

- venous plasma of the ewe during the oestrous cycle and early pregnancy. *J. Reprod. Fert.* 18:151-160.
- Torres-Acosta, F.J., R.C. Montes-Pérez. & J.M.M. Loria-Méndez. 1996. Sincronización de estros en cabras Criollas utilizando dosis reducidas de prostaglandina F2 alfa. *Vet. Méx.* 27:133-136.
- Torres-Colín R. 2004. Tipos de vegetación. In: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez, M. Briones-Salas, (eds), biodiversidad de Oaxaca; Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-Word Wildlife Fund, México. 105-117 pp.
- Trujillo-Quiroga, M.J., J. Gallego-Sánchez., A. Porrás-Almeraya. & J. Valencia-Méndez. 2007. Los días artificiales largos inducen el anestro estacional en ovejas Pelibuey con patrón reproductivo continuo. *Agrociencia* 41:513-519.
- Tsai, S.J. & C. Wiltbank. 1998. Prostaglandin F2 α regulates distinct physiological changes in early and mid-cycle bovine corpora lutea. *Biology of Reproduction* 58: 346-352.
- Uribe-Velásquez, L.F., Eunice-Oba. & M.I. Lenz-Souza. 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., M.I. Lenz-Souza. & A.M. Loaiza-Echeverri. 2008. Efecto de la sincronización del estro con prostaglandina-F2 α + 500 UI de eCG en ovejas Bergamacia durante el inicio de la fase luteal. *Revista Científica FCV-LUZ* 18:368-373.
- Urviola, S.M., V.V. Leiva., U.H. Huamán. & V.W. García. 2005. Manipulación de la ovulación del folículo dominante con prostaglandinas en diferentes estadios

del ciclo estrual sobre las tasas reproductivas en ovinos Corriedale. Rev. Inv. Vet. 16: 103-113.

Wiepz, G.J., M.C. Wiltbank., T.M. Nett., G.D. Niswender. & H.R. Sawyer. 1992.

Receptors for prostaglandins F_{2α} and E₂ in ovine corpora lutea during maternal recognition of pregnancy. Biol. Reprod. 47: 984-991.

Wildeus, S. 2000. Current concepts in synchronization of estrus: Sheep and goats.

J. Anim. Sci. 77: 1-14.

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.

Zarco, L., G.H. Stabendfeldt., J.F. Quirke., H. Kindahls. & G.E. Bradford. 1988.

Release of prostaglandin F-2_α and the timing of events associated with luteólisis in ewes with oestrus cycles of different lengths. J. Reprod. Fert. 83:517-526.