

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

MANIPULACIÓN DE LA OLEADA FOLICULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
PROGESTERONA PARA INCREMENTAR LA TASA DE OVULACIÓN EN
OVEJAS PELIBUEY

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

ELOY JOSÉ CADENA FLORES

Asesores:

MVZ. PhD. Carlos G. Gutiérrez Aguilar

MVZ. MC. Hugo Pérez Ramírez

México D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Para mis padres, con amor y gratitud.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. REVISIÓN DE LITERATURA	7
Prolificidad y tasa de ovulación	7
<i>Época y nutrición</i>	7
Ciclo estral	11
Desarrollo folicular	12
<i>Oleadas de desarrollo folicular</i>	15
<i>Dominancia folicular</i>	17
<i>Progesterona y crecimiento folicular</i>	18
Manipulación de oleadas foliculares	20
<i>Estradiol</i>	21
<i>Inhibina</i>	27
Sincronización del ciclo estral	29
<i>Progesterona</i>	32
<i>Estradiol y GnRH</i>	33
<i>GnRH</i>	33
<i>Estradiol</i>	35
Protocolos de sincronización del ciclo estral	36
<i>Select synch</i>	36
<i>Cosynch</i>	37
<i>Ovsynch</i>	38
<i>Ovsynch modificado</i>	40
1.3. JUSTIFICACIÓN	42
1.4. HIPÓTESIS	42
1.5. OBJETIVO	42
2. MATERIAL Y MÉTODOS	43

CONTENIDO

	Página
2.1. LOCALIZACIÓN	43
2.2. ANIMALES Y DISEÑO EXPERIMENTAL	43
2.3. VARIABLES EVALUADAS	45
2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
3. RESULTADOS	46
4. DISCUSIÓN	50
5. CONCLUSIONES	52
6. LITERATURA CITADA	53
7. ANEXO	69

RESUMEN

CADENA FLORES ELOY JOSÉ. Manipulación de la oleada folicular mediante la aplicación de progesterona para incrementar la tasa de ovulación en ovejas Pelibuey (bajo la dirección de: MVZ. PhD. Carlos G. Gutiérrez Aguilar y MVZ. MC. Hugo Pérez Ramírez).

La hipótesis del estudio fue que si se induce el recambio folicular dos días antes del momento de la luteolisis resulta en la selección de dos o más folículos ovulatorios, aumentando la tasa de ovulación. Luego entonces el objetivo del estudio fue aumentar la tasa de ovulación por medio del uso estratégico de progesterona para sincronizar el reclutamiento folicular previo a la luteolisis. Se utilizaron 99 ovejas Pelibuey. Se detectó el estro de las ovejas (día 0) con machos vasectomizados y el día 5 del ciclo estral fueron asignadas aleatoriamente a uno de dos grupos. El grupo tratado con progesterona (n=40) donde a cada oveja se le administraron 50 mg de progesterona intramuscular y el grupo testigo (n=52) sin tratamiento. En el día 7 del ciclo estral se les administró PGF2 α a todas las ovejas y desde el día 9 del ciclo se detectaron celos y se dieron servicios por monta natural. Se determinó la tasa ovulatoria por conteo directo del número de cuerpos lúteos mediante ultrasonografía transrectal los días 6 a 14 después del ciclo. Para la variable tasa de ovulación se realizó una prueba de χ^2 . El grupo control presentó igual proporción de ovulaciones simples y dobles y no presentó ovulaciones triples. En contraste, el grupo tratado con progesterona presentó 12.5% de ovulaciones triples con la consecuente disminución en el porcentaje de ovulaciones simples (40%) y dobles (47.50%). La proporción de ovejas con ovulaciones simples, dobles o triples difirió estadísticamente entre grupos (P=0.03). Se concluye que la administración de 50 mg de progesterona al momento de la luteolisis es efectiva para incrementar la tasa de ovulación en ovejas Pelibuey.

1. INTRODUCCIÓN

La prolificidad es uno de los parámetros más importantes que determinan la eficiencia reproductiva de los ovinos. Prolificidad se define como el total de crías nacidas en relación con el número de hembras paridas¹. La tasa de ovulación es el factor más importante que determina la prolificidad.

La tasa de ovulación es el número de folículos liberados en cada ovulación. En la oveja se maduran de 1 a 3 folículos en cada estro y, en consecuencia, se liberan de uno a tres óvulos en cada estro². El número de ovulaciones está influenciado por la raza, la línea genética, la alimentación y la época del año. Se conoce que la tasa de ovulación aumenta hacia la mitad de la estación reproductiva¹.

El desarrollo folicular se ha clasificado en dos etapas. La etapa basal comprende el crecimiento del folículo y es independiente de las gonadotropinas. En la etapa tónica el crecimiento folicular se presenta en forma de oleadas constituidas por periodos de reclutamiento, selección y dominancia folicular. Cada oleada folicular comienza cuando un grupo de folículos antrales son estimulados a continuar su desarrollo, proceso conocido como reclutamiento. Posteriormente se produce la selección, durante la cual un folículo continúa creciendo, el folículo seleccionado se convierte en dominante, y las concentraciones circulantes de FSH disminuyen por efecto de la inhibina y estradiol, producidos por dicho folículo dominante. De esta forma, la concentración de FSH resulta insuficiente para el crecimiento de los

folículos subordinados y estos sufren atresia. En contraste, el folículo dominante continúa su desarrollo a pesar de haber bajos niveles de FSH. Esta característica puede deberse, al parecer, a que el folículo que ha alcanzado un cierto grado de desarrollo requiere principalmente LH para seguir creciendo. Esto es facilitado por el aumento de la síntesis de receptores para LH que se produce en las células de la granulosa del folículo dominante. Si el folículo dominante no llega a ovular sufre atresia, y se inicia una nueva oleada de desarrollo folicular. El folículo que es dominante en el momento en que ocurre la regresión natural del cuerpo lúteo llegará a convertirse en el folículo ovulatorio³.

La producción de estradiol del folículo preovulatorio provoca la liberación masiva de la hormona liberadora de gonadotropinas y ocurre el pico preovulatorio de la hormona luteinizante. Esta secreción de LH provoca la ovulación e inicia los cambios morfológicos, endócrinos y enzimáticos que ocurren en el folículo preovulatorio hasta que este se transforma en un cuerpo lúteo, proceso conocido como luteinización³.

En las ovejas se ha encontrado que durante la fase lútea (metaestro y diestro) del ciclo ocurren dos a tres oleadas de desarrollo folicular, mientras que durante la fase folicular (proestro y estro) solo ocurre una oleada. Se menciona que ocurren tres oleadas foliculares durante los 17 días del ciclo, pero es hasta la última oleada folicular que se induce de forma directa la ovulación. A pesar de lo reportado por los diferentes autores en lo referente a la cantidad de oleadas por ciclo, esto no parece tener influencia en la tasa de ovulación⁴.

El tamaño medio de las camadas, de muchas razas de ovejas es menor de dos. Esto representa una fuente potencial de pérdida reproductiva, lo que se puede remediar estimulando la tasa de ovulación de las hembras en estro; esto mediante la manipulación de desarrollo folicular⁵.

Las oleadas foliculares pueden estimularse con la suplementación de gonadotropinas que actúan estimulando el crecimiento, asegurando la presencia de un número máximo de folículos en desarrollo que lleguen a punto de ovulación⁶. La gonadotropina exógena más comúnmente utilizada para estimular la ovulación es la del suero de yegua gestante (eCG), que es de relativa larga duración y sólo requiere de una inyección; la dosis de eCG debe ser de 400 a 500 U. I. para hembras en época reproductiva y de 600 a 750 U. I. para ovejas fuera de época reproductiva⁵. Con el uso de esta hormona se logra aumentar la tasa de ovulación^{4,5,7}.

El uso de técnicas de inmunización es otro método para incrementar la tasa de ovulación. Las ovejas inmunizadas contra androstenediona presentan un incremento significativo en la tasa de ovulación. La inmunización contra androstenediona se puede hacer con el producto comercial Fecundin®, el cual requiere que durante el primer año de tratamiento se apliquen dos inyecciones, ocho y cuatro semanas antes del apareamiento. En los años siguientes las ovejas sólo necesitan de una aplicación cuatro semanas antes de introducirlas con el macho⁴.

Otro método es la inmunización con inhibina, en el que las hembras reciben un régimen inmunizador que reduce el efecto inhibitorio, tanto de los esteroides ováricos como de la inhibina del ovario, sobre el hipotálamo e hipófisis⁵. Cuando las ovejas son inmunizadas contra inhibina se cree que se reduce la supresión de FSH durante la fase folicular, de ese modo permite que más folículos alcancen a madurar⁴.

El efecto macho se puede utilizar conjuntamente con los métodos de sincronización de estro y también cuando se utiliza PMSG. La introducción de machos en grupos de hembras, puede estimular tanto la aparición de estro como la ovulación⁵.

Una práctica común en la reproducción de la oveja es la alimentación suplementaria con aumento en los niveles de energía (“flushing”) al inicio y al final de la época reproductiva, con lo que se aumenta la tasa de ovulación en las ovejas adultas y en menor grado en las primiparas¹. Recientemente se determinó que el período en que los animales son sensibles al “flushing” es al momento en que inicia la luteolisis y que un tratamiento de “flushing” limitado a este periodo aumenta la tasa de ovulación, indicando que la selección folicular ocurre al momento de la luteolisis⁸.

El tratamiento con hormonas esteroidales se ha usado para manipular el crecimiento folicular. La progesterona en concentraciones mayores a las observadas en la fase lútea promueve el recambio folicular y la emergencia de la

siguiente oleada folicular; igualmente la administración de estradiol exógeno induce atresia del folículo dominante, lo que conlleva a la emergencia de una nueva oleada folicular^{6,9}. Luego entonces la hipótesis es que si se induce el recambio folicular dos días antes de la luteolisis se puede aumentar la tasa de ovulación.

La administración de estradiol exógeno con implantes de progesterona en bovinos suprime al folículo dominante y resulta en una consecuente emergencia de una nueva oleada folicular, en promedio, 4.3 días después, a pesar del estado de desarrollo del folículo dominante al momento del tratamiento. Esto sugiere que un tratamiento con progesterona y 17β -estradiol, en combinación, puede usarse efectivamente en el control y sincronización del desarrollo de oleadas foliculares⁶.

Se ha demostrado que cabras con cuatro oleadas foliculares presentan altos niveles de progesterona durante la primera mitad de la fase lútea en comparación con aquellas que presentan dos ó tres oleadas¹⁰. De acuerdo con esto, la inducción de altas concentraciones de progesterona en el suero durante el principio de la fase lútea por la inserción de un CIDR-G (300 mg de progesterona) afecta la vida del folículo dominante de la primera oleada y adelanta la emergencia de la segunda oleada. En conjunto esta información demuestra que las concentraciones de progesterona en el suero juega un rol importante en el control del recambio folicular¹¹.

1. 2. REVISIÓN DE LITERATURA

PROLIFICIDAD Y TASA DE OVULACIÓN

La prolificidad es uno de los parámetros más importantes que determinan la eficiencia reproductiva. Prolificidad se define como el total de crías nacidas en relación con el número de hembras paridas¹. La tasa de ovulación es el factor más importante que determina la prolificidad.

Cueto *et al.* (2006)¹² mencionan que la domesticación y la selección son los procesos que incrementan la tasa de ovulación en borregos domésticos. Pero adicionalmente a esto, indican que en pequeños rumiantes, la prolificidad es esencialmente determinada por la tasa de ovulación, y que la tasa de ovulación es determinada por el desarrollo de un folículo ovárico preovulatorio. El aumento en la tasa de ovulación ha sido relacionado con una prolongación en el periodo del reclutamiento del folículo ovulatorio, tanto en borregas como en cabras. Después, el folículo seleccionado alcanza el estado de dominante y ejerce un efecto inhibitorio en el crecimiento del resto de los folículos.

ÉPOCA Y NUTRICIÓN

López Sebastian e Inskeep (1991)¹³ muestran de manera indirecta el efecto del fotoperiodo sobre la prolificidad en los ovinos, modificando la información

fotoperiodica de las hembras por medio de la aplicación de implantes de melatonina (Regulin®) a 3 diferentes razas de ovejas (Rasa Aragonesa, Churra y Talaverana) durante el anestro estacional. Encontrando que la melatonina incrementó la prolificidad solamente en las ovejas de la raza Churra ($P < 0.10$), por 0.24 en la granja A y 0.13 en la granja B, indicando que la respuesta de las ovejas a la aplicación de melatonina depende entre otros factores de la raza y la época de monta.

Galina *et al.* (1996)¹⁴ compararon el desempeño reproductivo de ovejas Pelibuey y Blackbelly bajo sistemas de manejo tropical en México y reportaron una prolificidad global de 1.46 corderos por nacimiento. La prolificidad por tipo racial fue de 1.37 para las Blackbelly y 1.55 para las ovejas Pelibuey. La tasa de parición global fue de 0.97 nacimientos por año por oveja. Divididos por tipo racial, la tasa de parición fue de 1.10 partos por año para las Blackbelly y 0.92 para las Pelibuey. La distribución por cuatrimestres de los partos fueron un 50% entre enero y marzo; 25% de abril a junio; 15% de julio a septiembre y 10% de octubre a diciembre. La tasa de parición fue significativamente diferente para la Blackbelly comparada con la Pelibuey ($P < 0.05$) mientras que la prolificidad fue mayor en la Pelibuey sobre la Blackbelly ($P < 0.05$). Adicionalmente, mencionan que las lluvias tuvieron una correlación significativa con la tasa de parición y la presentación del estro ($P < 0.05$) pero la temperatura y el fotoperiodo no la tuvieron, y que la disponibilidad del forraje aparenta ser el factor que determina el inicio de la actividad reproductiva en las ovejas. En un estudio realizado por Rosado *et al.* (1998)¹⁵ trataron a ovejas para la sincronización o inducción del estro con la administración de 500 U. I. de

PMSG y 2.5 mg de PGF₂α. Las hembras fueron expuestas a los machos 48-69 h después del retiro de la esponja y encontraron que la fertilidad estacional para las ovejas tratadas fue de 53.5% en primavera, 63.3% en verano, 70.3% en otoño y 74% en invierno y en los controles se observó 37.6%, 72.6%, 70% y 25%, respectivamente. El total de la prolificidad de las ovejas tratadas fue de 1.93±0.32 comparado con los controles 1.79±0.21. Las ovejas tratadas con la hormona tienen un mayor porcentaje de partos dobles, triples y cuádruples al compararlos con los controles. Los resultados de este estudio demuestran una distinta estacionalidad reproductiva en ovejas de pelo, con los porcentajes más bajos de fertilidad de enero a mayo pero esta es significativamente mejorada con el tratamiento hormonal. Galina *et al.* (1996)¹⁴ y Rosado *et al.* (1998)¹⁵ observaron una disminución en la presentación de estros de ovejas Pelibuey durante la primavera, coincidiendo con un incremento en las horas luz e indicaron que el efecto de la época de monta sobre la prolificidad parece estar más relacionada con la distribución de la precipitación pluvial, la cual provoca una variación en la cantidad y calidad de los forrajes disponibles, que con la cantidad de horas luz, ya que en México el inicio de la estación de días largos coincide con la época de mayor sequía. González *et al.* (1992)¹⁶ estudiaron el comportamiento reproductivo de ovejas Pelibuey observando una tasa mensual de ovulación de 1.72 cuerpos lúteos por oveja y que la proporción de ovejas que ovularon por mes fue de 69%. Los meses con más baja y alta ovulación y actividad estral fueron abril y mayo y junio, respectivamente. Los meses de abril y agosto fueron los meses con más baja y alta actividad, respectivamente. Indicando que esta disminución en la presentación de estros puede atribuirse al efecto del fotoperiodo, y que este puede

estar confundido con otras variables como son la temperatura, la humedad y el manejo nutricional. Estos trabajos realizados en México bajo condiciones tropicales donde el fotoperiodo es poco marcado, indican que el nivel nutricional de los ovinos de pelo representa el factor limitante de la productividad por encima de los factores climáticos. Sin embargo Cruz *et al.* (1994)¹⁷ señalan que la prolificidad de las ovejas de pelo es afectada por la época de monta y que esta podría estar afectada por la baja disponibilidad y calidad de los forrajes. Cruz *et al.* (1994)¹⁷ estudiaron las variaciones estacionales en relación a la tasa de ovulación y fertilización en ovejas Pelibuey, trabajaron con cuatro distintos grupos de ovejas, las cuales fueron servidas en abril, julio, octubre y enero. Observaron que las tasas de ovulación fueron significativamente menores en abril ($P < 0.05$) y que el número promedio de óvulos liberados por oveja fue de 1.25, 1.50, 2.0 y 2.0 para abril, julio, octubre y enero, respectivamente. El mayor número de óvulos sin fertilizar fue observado en las ovejas empadradas en abril ($P < 0.05$). Adicionalmente, señalan que las causas de las bajas tasas de ovulación y fertilización observadas en abril, podrían ser la baja disponibilidad y calidad de los forrajes presentes en la región entre febrero y mayo, que ocasionan pérdidas de peso y deterioro de las condiciones corporales de los ovinos.

El comportamiento productivo de las ovejas pone de manifiesto el gran impacto que el manejo nutricional ejerce sobre la prolificidad. Dicho comportamiento puede explicarse a través del incremento en la condición corporal de las ovejas durante la monta y la gestación temprana como consecuencia del “flushing” y la influencia que este ejerce sobre la tasa de ovulación, el número de óvulos fertilizados, la

supervivencia embrionaria y en consecuencia sobre el número de corderos nacidos¹⁸.

CICLO ESTRAL

El ciclo estral de la borrega tiene una duración de 17 ± 2 días y se ha dividido en cuatro etapas.

El proestro en la oveja tiene una duración de dos días¹⁹. Se caracteriza por el crecimiento folicular, siendo el periodo que sigue a la desaparición del cuerpo lúteo (CL) del ciclo anterior²⁰ y termina al iniciarse la receptividad sexual¹.

El estro tiene una duración de 30 a 40 horas²¹. En esta fase se presenta un periodo de receptividad sexual²². La ovulación ocurre durante la última mitad del estro, con frecuencia se producen dos o tres ovulaciones en el mismo ciclo estral, liberándose con dos o tres horas de diferencia entre ellos⁵.

El metaestro tiene una duración de dos días y se considera la fase postovulatoria⁵. Después de la ovulación el folículo de Graff se llena de sangre, constituyendo lo que se conoce como cuerpo hemorrágico. Aproximadamente a los cuatro días éste se transforma en CL²³.

El diestro tiene una duración de 11 a 12 días. También se le conoce como fase luteínica o progestágena y es el periodo durante el cual predomina la influencia de la progesterona²⁴. El cuerpo lúteo secreta la progesterona, hormona que prepara al útero para recibir el óvulo fertilizado o embrión²³.

DESARROLLO FOLICULAR

Los ovarios de todas las especies de granja contienen una gran provisión de folículos primordiales y una limitada población de folículos preantrales (100 a 1000) y antrales (50 a 300). El tiempo que se requiere para que estos folículos crezcan de primordiales y antrales, y luego hasta la ovulación es de varios meses y varias semanas, respectivamente²⁵.

El ovario de las ovejas adultas contiene entre 12 000 y 86 000 folículos primordiales y entre 100 y 400 folículos en crecimientos, esto presenta variaciones entre las razas²⁶.

González *et al.* (1999)²⁷ señalan que el crecimiento y desarrollo de folículos es un proceso dinámico, que toma lugar durante todo el ciclo estral y que implica eventos tales como reclutamiento de folículos dentro de la reserva, la selección de folículos ovulatorios, la dominancia del folículo seleccionado y la degeneración de folículos de cohorte y ovulación y atresia.

El desarrollo folicular precede a la ovulación y es caracterizada como una secuencia de reclutamiento, selección y dominancia. En muchos animales de granja estos eventos están restringidos a pocos días precedentes a la ovulación²⁵.

El desarrollo folicular en la borrega comienza con el crecimiento de algunos folículos primordiales, los cuales se forman durante la vida fetal o poco después del nacimiento^{4,28}. El crecimiento de estos folículos se inicia con la división de las células de la granulosa y la diferenciación del tejido conectivo que rodea al folículo, el cual da origen a la teca interna. El mecanismo que estimula el crecimiento de los folículos primordiales es independiente del estímulo de la FSH y la LH²³.

Driancourt (2001)²⁵ define al reclutamiento como el inicio de la foliculogénesis de folículos de cohorte sanos dependientes de gonadotropina. Menciona que la FSH es la hormona clave en inducir el reclutamiento. La asociación entre una oleada de FSH y el reclutamiento, se ha demostrado en vacas y borregos, en varios estados fisiológicos. El reclutamiento del cohorte contiene al futuro folículo preovulatorio, y que esto ocurre durante la “ventana de reclutamiento”, en el último día de la fase de reclutamiento en borregos. El total de folículos incluidos son estimados por el tamaño del cohorte, y sólo son recluidos aquellos folículos dependientes de gonadotropinas.

El proceso de selección ha sido extensamente estudiado y existen dos teorías que explican su mecanismo. En la primera, la selección es controlada por mecanismo

endocrinos únicamente (reducción en la FSH) y en la segunda, hay una producción de compuestos por parte del folículo dominante que inhibe directamente el desarrollo de otros folículos. Durante la mitad de la fase folicular, es el tiempo de selección, y como consecuencia, aparece un folículo dominante y otros folículos de cohorte sufren regresión y atresia. En adición durante la fase de dominancia, no ocurre reclutamiento. En la selección el folículo dominante es elegido y los folículos sobrantes del cohorte se convierten en los folículos subordinados y sufren atresia. Los parámetros (tamaño, maduración del folículo) en la selección del folículo ha sido estudiada de forma extensiva es un intento de volverse la pista sobre las causas de supervivencia del folículo dominante²⁵.

Driancourt (2001)²⁵ observó que durante la dominancia folicular, ocurre el crecimiento del folículo preovulatorio y la maduración. Los otros folículos del cohorte completan su regresión por atresia. Existe una relación directa entre la presencia de un folículo dominante y la ausencia de reclutamiento, a medida que se insensibiliza el folículo dominante inmediatamente se induce el reclutamiento. La magnitud de la dominancia es usualmente definida por la diferencia en el tamaño, entre el folículo dominante y el folículo subordinado. El tamaño en borregos puede ser solo de 2 ó 3 mm, como consecuencia, es mucho más fácil la identificación del folículo dominante por ultrasonografía. La LH es la hormona clave implicada en el crecimiento final del folículo dominante mientras que otros folículos completan atresia.

OLEADAS DE DESARROLLO FOLICULAR

Una de las funciones principales del ovario es la producción cíclica de óvulos fecundables. Ya que el folículo actúa como un compartimiento ovárico que permite al ovario cumplir con su función de gametogénesis, es importante mencionar que el desarrollo de estos folículos es a través de un patrón de crecimiento en oleadas²⁸. Este patrón se refiere a un crecimiento periódico y sincronizado de un grupo de folículos en las diversas etapas fisiológicas de la oveja, como las de prepuber, fase lútea, gestación y anestro estacional²⁹.

En ovejas se ha encontrado que durante la fase lútea (metaestro y diestro) del ciclo ocurren dos oleadas de desarrollo folicular, mientras que durante la fase folicular (proestro y estro) solo ocurre una oleada⁴. Driancourt (2001)²⁵ sugiere que en borregas ocurren de 3 a 4 oleadas y otros autores concluyen que en la mayoría de los ciclos de la oveja pueden existir hasta 4 o más oleadas foliculares³⁰. En general, ocurren tres oleadas foliculares durante los 17 días del ciclo, pero es hasta la última oleada folicular que se induce de forma directa la ovulación. A pesar de lo reportado por los diferentes autores en lo referente a la cantidad de oleadas por ciclo, esto no parece tener influencia en la tasa de ovulación⁴.

En estudios realizados por Driancourt *et al.* (1991)³¹ se plantea que los folículos antrales emergen de un modo continuo y la presencia de los folículos grandes durante la fase lútea se producen rápidamente, alcanzando algunos folículos un

tamaño de 4 a 6 mm para luego regresar. Por el contrario Noel *et al.* (1993)³² sostienen que la dinámica folicular en el ovino es similar a la observada en el bovino, es decir, en forma de oleadas de desarrollo. Esto último había sido previamente postulado por Brand y Jong (1973)³³ quienes infirieron que existían dos oleadas de desarrollo folicular durante el ciclo, luego de determinar las fluctuaciones de los niveles circulantes de estradiol.

En los primeros estudios ultrasonográficos realizados por López *et al.* (1997)³⁴ y Ravindra *et al.* (1994)³⁵, no encontraron evidencias que sostuvieran que el desarrollo folicular en la oveja se presentaba en oleadas. Sin embargo, ahora gracias a Evans *et al.* (2000)³⁶ y Leyva *et al.* (1999)³⁷ existe suficiente información demostrando que la emergencia de los folículos que crecen desde 3 hasta 5 mm ocurre en oleadas. Un rango de 2 a 5 oleadas foliculares ocurren en cada ciclo interovulatorio pero el patrón predominante es de tres oleadas que emergen respectivamente alrededor de los días 0, 6 y 11 del ciclo estral en el ovino; algunos autores encuentran una cuarta oleada y en este caso la oleada tres emerge mas tempranamente y la oleada cuatro emerge al día 14²⁶.

Baird *et al.* (1991)³⁸ con particular interés han determinado la relación que existe entre la FSH y la emergencia de las oleadas foliculares. Existe evidencia que las fluctuaciones de las concentraciones séricas de la FSH están asociadas con la emergencia de las oleadas, esto es, que un aumento de la FSH precede la emergencia de cada oleada. Esto seguido por un descenso correlacionado de

forma negativa con las concentraciones séricas de estradiol que es producido fundamentalmente por el folículo más grande de la oleada folicular.

DOMINANCIA FOLICULAR

En la vaca la dominancia folicular se caracteriza por dos fenómenos: la divergencia en el crecimiento entre el folículo mayor y el segundo mayor y una disminución del número de folículos chicos correlacionada con el crecimiento del folículo mayor. Sin embargo, en estudios ultrasonográficos en la oveja realizados por Ravindra *et al.* (1994)³⁵ y Schrick *et al.* (1993)³⁹, no fue posible demostrar esos indicadores, lo que llevo a sugerir que la dominancia era débil o no estaba presente durante la fase lútea. En una investigación posterior, Viñoles *et al.* (1999)⁴⁰ muestra que durante la fase lútea el fenómeno estaba presente. Observándose que el número total de folículos mayores de 2 mm de diámetro disminuye correlacionadamente con el desarrollo del folículo mayor de la oleada uno y sólo aumenta de nuevo cuando ese folículo comienza a regresar y una segunda oleada folicular emerge.

En la oveja el folículo(s) dominante(s) suprime, aunque no totalmente, la emergencia de nuevos folículos e impide el crecimiento subsecuente a los de gran tamaño. En cabras hay una gran incidencia de ciclos poliovulatorios, esto conduce a la introducción del concepto de codominancia, que explica la presencia de 2 grandes folículos en cada oleada del desarrollo folicular ovárico. De cualquier

manera, hay ciclos estrales donde algunos folículos ovulatorios surgen atrasados, crecen y hay ovulación subsecuente de estos folículos incluso en la presencia de folículos ovulatorios antes emergidos¹². En un estudio, Cueto *et al.* (2006)¹² reafirman que la dominancia durante el desarrollo folicular en cabras es muy similar al de borregos en que el folículo dominante inhibe el crecimiento pero no suprime la emergencia de nuevos folículos, aunque también inhiben su desarrollo subsecuente a los de gran tamaño. Igualmente, encontraron que en muchas de las cabras con ovulación doble, presentaban un folículo ovulatorio de gran crecimiento y que de cualquier manera el segundo folículo ovárico se presentaba el mismo día, y que esto es consistente con el concepto de codominancia que se explica con presencia de dos grandes folículos en cada oleada. Mencionan que hay ciclos estrales donde el segundo folículo ovulatorio emerge tarde, crece y ocurre la ovulación, en la presencia de un primer folículo ovulatorio. Lo encontrado confirma la descripción previa y refuerza la idea del efecto de dominancia similar al descrito para borregas. Además esto proporciona evidencia adicional de que el incremento en la tasa de ovulación no está relacionado con el reclutamiento de grandes folículos, si no a una extensión en el periodo de reclutamiento del folículo ovárico.

PROGESTERONA Y CRECIMIENTO FOLICULAR

De Castro *et al.* (1999)¹⁰ estudiaron la relación entre las concentraciones séricas de progesterona y el patrón de oleadas foliculares en la oveja y la cabra. En un primer trabajo observaron que las cabras con cuatro oleadas de desarrollo folicular

tenían durante la mitad del ciclo estral concentraciones más elevadas de progesterona que las cabras con 2 ó 3 oleadas. Rubianes *et al.* (1996)⁹ utilizaron diferentes tratamientos con progesterona en el ovino, estableciendo que los niveles de progesterona superiores a los observados durante la fase lútea afectan el crecimiento del folículo mayor en la oleada uno, promoviendo el recambio folicular. Por el contrario, Viñoles *et al.* (1999)⁴⁰ indican que cuando los niveles de progesterona son inferiores a los observados en la fase lútea normal y que son generados durante los días 6 y 9 del ciclo, la vida media del folículo mayor de la oleada uno se prolonga y el efecto de la dominancia sobre los folículos subordinados se extiende. En conjunto esta información sustenta la hipótesis que la concentración de progesterona circulante juega un rol preponderante en el recambio folicular de los pequeños rumiantes.

Callejas *et al.* (2006)⁴¹ mencionan que las concentraciones de progesterona (P_4) en la circulación sistémica hace el papel principal en la regulación de las poblaciones de folículos ováricos. Cuando la progesterona queda elevada, el folículo dominante alcanza su tamaño máximo, después este sufre regresión y es remplazado por otro folículo dominante de una nueva oleada folicular. Si, de cualquier manera, la concentración de progesterona en la circulación comienza a disminuir cuando el folículo dominante esta en su fase de crecimiento, entonces el folículo dominante ovula. Driancourt (2001)²⁵ señala que bajas dosis de progesterona reducen al máximo el tamaño del folículo dominante por aproximadamente 3 mm. y altas concentraciones de progesterona solo pueden inducir la salida del siguiente folículo dominante. El tiempo en que el siguiente

folículo llegue a ser dominante es algo variable, depende del estado del folículo dominante presente y del total de la cantidad de progesterona (endógena + exógena) circulante.

MANIPULACIÓN DE OLEADAS FOLICULARES

Diversos estudios demuestran la posibilidad de mejorar la reproducción de borregos con diferentes tratamientos hormonales, tales como corticoesteroides, prostaglandinas, progesterona y gonadotropinas, pero con diferentes resultados, porque hay la influencia de factores tales como: el estado reproductivo, factores ambientales, la longitud del periodo postparto, número de lactación, tamaño de camada y otros¹⁵.

Se ha establecido que el desarrollo folicular en muchos mamíferos está afectado por la nutrición. El efecto puede ser indirecto, actuando en el hipotálamo alterando la secreción de gonadotropinas; o puede ser directo, activando en el ovario la acción de gonadotropinas en el folículo. Un incremento en el consumo de nutrientes, en particular de proteína, resulta en un incremento en los niveles de estradiol y FSH, tal incremento en la FSH es capaz de producir un gran número de folículos en desarrollo⁴.

ESTRADIOL

Los problemas asociados con el uso de progestágenos para la sincronización del estro llegan a ser aparentemente transitorios, seguidos de una caracterización del patrón normal del crecimiento folicular que ocurre durante el ciclo estral. El patrón de la oleada de desarrollo folicular fue interrumpida por la administración de un progestágeno en la ausencia de un CL, resultando en la prolongación de la vida del folículo dominante presente al momento de la regresión lútea⁴². Después de ello se demostró que una menor concentración de P₄ a la mitad de la fase lútea, o a la administración de progestágenos a dosis típicamente usadas en la sincronización del estro en ganado, resultó en una mayor frecuencia de los pulsos de LH mas que cuando un CL esta presente⁴³. La mayor secreción de LH es asociada con la elevación en las concentraciones de estradiol⁴⁴, prolongando la vida del folículo dominante y el desarrollo de un folículo dominante persistente⁴⁵. La interrupción del tratamiento con progestágeno permite una oleada de LH⁴⁶ y la ovulación de folículos persistentes⁴⁷. Mientras que la sincronización del estro es típicamente muy exacta después del retiro de un progestágeno en ganado con folículos persistentes resulta en fertilidad reducida⁴⁸. Se ha demostrado que si la esperanza de vida de un folículo dominante de prolonga 4 días mas allá de lo normal la fertilidad se reduce⁴⁹.

Un planteamiento para superar el problema del desarrollo de folículos persistentes cuando se utilizan progestágenos para sincronizar el estro es manejar la población

normal de los folículos que existen en el ovario. Este planteamiento es diseñado para prevenir el desarrollo de folículos persistentes y coordinar la sincronización de la oleada folicular. Una herramienta para este propósito es el uso de estradiol para reajustar el desarrollo folicular a través de la inducción de atresia de folículos ováricos⁶.

Estudios iniciales se enfocaron en la fase temprana del ciclo estral, durante el desarrollo del primer folículo dominante⁶. Demostraron que una inyección de estradiol (17β) induce la atresia del folículo dominante y la emergencia de una nueva oleada folicular 4.3 ± 0.2 días después. El intervalo de una nueva oleada emergente era constante sin importar la etapa del crecimiento del primer folículo dominante a la hora del tratamiento del estradiol.

Los tratamientos basados en progesterona (dispositivo intravaginal de liberación de progesterona [PRID] y el dispositivo intravaginal controlador de la liberación de drogas [CIDR]) incluyeron rutinariamente una cápsula que contenía 10 mg de benzoato de estradiol (BE) para promover la luteolisis. La inclusión del estradiol perturbaba involuntariamente el desarrollo de la oleada del folículo en los ovarios. Esto fue demostrado claramente en una prueba con más de 1000 vacas lecheras⁵⁰. Estos animales fueron tratados con un CIDR insertado por 7 o 12 días, con o sin una cápsula de gelatina conteniendo 10 mg de BE, en forma tal que el estro ocurriera entre los días 20 y 24 después del estro precedente (estro = día 0). Las vacas fueron inseminadas posterior a la detección del estro. La inclusión del BE con inserción de un CIDR por 7 días disminuye la proporción de hembras

inseminadas 48 horas después de quitar el CIDR insertado, pero aumenta la proporción inseminada a las 48 horas en hembras tratadas con un CIDR por 12 días. Al cuidar la fertilidad hay un decaimiento mientras que el intervalo del retiro del CIDR y el estro precedente aumentó (20 a 24 días), mientras que la inclusión de BE aumentó la fertilidad sin tener en cuenta este intervalo.

Estos estudios de campo incitaron una serie de experimentos dirigidos a la caracterización de la respuesta ovárica de tratamientos que implican progesterona y estradiol^{51,52}.

El primero de estos estudios⁵¹ incluye 4 tratamientos en un diseño factorial 2x2. Los tratamientos son iniciados en el día 13 del ciclo estral e implican la inserción de un CIDR por 5 días con o sin una cápsula conteniendo 10 mg de BE, y un grupo control no tratado. La producción de una oleada folicular ocurrió en todos los animales tratados con BE y fue caracterizada por la emergencia de una nueva oleada folicular 4.0 ± 0.3 días después de iniciado el tratamiento. Así todas las vacas que recibían una cápsula de estradiol tenían ciclo estral con 3 oleadas de desarrollo folicular. En contraste, la proporción de 2 y 3 oleadas de desarrollo folicular durante el ciclo estral fue 1:1 cuando el estradiol no fue incluido en el régimen de tratamiento. Estos estudios previos demostraron que 1mg de BE administrados intravaginalmente fue efectivo en promover la producción de oleada folicular de un crecimiento de un folículo dominante sano durante el momento de las concentraciones pico en plasma de P_4 en vacas no lactantes.

Sin embargo, en un estudio de campo con múltiples rebaños de vacas lecheras lactando que iniciaron ciclicidad estral⁵³, las vacas tratadas con cápsulas de 10 mg de BE por vagina en conjunción con un CIDR redujo las tasas de concepción en comparación con vacas inseminadas al estro espontáneo. Estos resultados infirieron que el uso de la cápsula de estradiol no siempre previene el desarrollo de un folículo ovárico persistente en vacas lactantes. Mcmillan *et al.* (1997)⁵⁴ demostraron que una inyección intramuscular de 1mg de BE en los días 12, 13 o 14 del ciclo estral en vacas lecheras lactando sincronizó el estro parcialmente a un intervalo de 9 a 10 días después de ese tratamiento. Un reporte posterior⁵⁵ confirma que las máximas concentraciones de estradiol en sangre siguientes al tratamiento con un cápsula conteniendo 10 mg de BE fueron equivalentes a una inyección intramuscular de 0.5 mg de BE. En vacas lecheras lactando que iniciaban el ciclo estral e inyectadas intramuscularmente con 2 mg de BE, al inicio del día 7 tratadas con CIDR las tasas de concepción eran equivalentes a las de las vacas inseminadas en un estro espontáneo⁵⁶. Adicionalmente las tasas de concepción para vacas que recibieron una inyección conteniendo 1 mg de BE tendieron ser menores comparadas con aquellas que recibían 2 mg de BE en el mismo estudio. Colectivamente, estos resultados sugieren que la cápsula de 10 mg de BE proporciona una inadecuada señal para la producción folicular en vacas lecheras lactando pero este método puede ser suficiente en animales no lactantes.

La respuesta folicular a 1 mg de BE intramuscular son posteriormente investigadas usando el “modelo del día 13 para producir una oleada folicular” y se encontró efectiva en promover una nueva oleada de desarrollo folicular 4 a 5 días después

en vacas lecheras no lactantes⁵⁷. En un reciente experimento este modelo fue usado para comparar la eficacia de BE a dosis de 0.5, 1 o 2 mg / 500 kg de peso corporal a inducir la producción de oleada folicular en vacas de carne no lactando⁵². En este estudio ambas dosis de 1 y 2 mg de BE son sumamente efectivas en inducir la producción de oleada folicular usando el modelo del día 13. La producción de la oleada folicular también ocurrió seguida de una inyección de 1 mg de BE en conjunción con la inserción de un CIDR en novillas en la etapa temprana, media y tardía del ciclo estral⁵⁸.

La habilidad del estradiol para inducir la producción de una oleada folicular es dependiente en la elevación de las concentraciones de P_4 en la circulación. Esto es claramente demostrado en vacas que reciben una inyección de 1 mg de BE en el día 13 del ciclo estral y que no recibieron un tratamiento adicional, o una dosis luteolítica de $PGF2\alpha$ en cualquiera de las 0, 24 o 48 horas después de la inyección de BE⁵⁹. Tratamientos con $PGF2\alpha$ es efectivo en inducir una declinación precipitada en las concentraciones de P_4 dentro de las 24 horas de administración. La producción de una oleada folicular, cuando es indicada por la incidencia de animales que tenían 3 oleadas de desarrollo folicular fue inducido en todos los animales que no recibieron $PGF2\alpha$, y en todos esos que recibían $PGF2\alpha$ 48 horas después de la administración de BE. En contraste, esos que recibieron $PGF2\alpha$ en 0 o 24 horas después del BE tuvieron ciclos estrales con 2, 3 o 4 oleadas de desarrollo folicular y algunas prevalencias en el desarrollo de folículos enquistados que fracasan a la ovulación. Estos estudios demuestran que las concentraciones de P_4 circulante necesitaron permanecer elevadas por lo menos 48 horas

seguidas al tratamiento de estradiol para inducir una oleada folicular. Estas observaciones aumentan la posibilidad de la ocurrencia de luteolisis espontánea alrededor del momento que el tratamiento de sincronización progesterona/estradiol son iniciados y que pueden prevenir la habilidad del estradiol para inducir la producción de una oleada folicular. Por consiguiente, en un estudio posterior se investigó si una fuente exógena de P_4 con una inyección de 1 mg de BE durante “el modelo del día 13 de oleada folicular” induce luteolisis y sería suficiente para facilitar la producción de una oleada folicular inducida por estradiol⁶⁰. En este estudio, las vacas recibieron una dosis luteolítica de $PGF2\alpha$ en el día 13 del ciclo estral y entonces inmediatamente recibe 1 mg de BE, un CIDR se inserta solo por 6 días, o insertar un CIDR además de una inyección de 1 o 2 mg de BE. Todas las vacas que no recibieron la combinación de BE y un CIDR tienen ciclos estrales con 2 oleadas de desarrollo folicular. En contraste, todas las vacas recibieron la combinación de cualquiera de las dos dosis 1 o 2 mg de BE por inyección y un CIDR presentaron ciclos estrales con 3 oleadas de desarrollo folicular. En este estudio se demostró que en ausencia de progesterona endógena las concentraciones de P_4 en circulación son suficientemente elevadas por un tratamiento de CIDR para facilitar la producción de oleadas foliculares inducidas por estradiol.

INHIBINA

Findlay *et al.* (1990)⁶¹ mencionan que la inhibina constituye una hormona glicoproteínica producida en las células de la granulosa que tiene como función inhibir la secreción de FSH a nivel hipofisiario. Por su parte Leversha *et al.* (1987)⁶² y Roser *et al.* (1994)⁶³ indican que la inhibina se presenta en concentraciones elevadas en el líquido folicular en las diferentes especies domésticas. En estudios realizados por Miller *et al.* (1979)⁶⁴ y Hunter *et al.* (1988)⁶⁵, reportan que la administración sistémica de líquido folicular, libre de hormonas esteroides, disminuye las concentraciones circulantes de FSH y, en consecuencia, se observa una supresión del desarrollo folicular. Una fuente de inhibina es el líquido folicular equino libre de hormonas esteroides (LFE), el cual fue utilizado en un estudio realizado por Miller *et al.* (1979)⁶⁶, el LFE también suprime la secreción de FSH e inhibe el desarrollo folicular.

En un experimento realizado por Miller *et al.* (1993)⁶⁷ y Wallace *et al.* (1985)⁶⁸ las ovejas fueron tratadas con líquido folicular bovino (LFB) como fuente de inhibina, y se encontró que después de interrumpir su aplicación, se presenta una respuesta de rebote, caracterizada por un aumento en los niveles de FSH. Este efecto se ha asociado con el incremento en la tasa de ovulación observada en las hembras. Miller *et al.* (1993)⁶⁷ encontraron que en los animales tratados se incrementó la tasa de ovulación en un 40% desde 1.17 a 1.64 en las ovejas ($P < 0.05$). Wallace *et al.* (1985)⁶⁸ trataron a ovejas con inyecciones de líquido

folicular bovino durante la fase lútea por 2 (grupo FF2), 6 (grupo FF6) o 10 (grupo FF10) días antes de inducir la luteólisis con prostaglandina resultando en un incremento en la tasa de ovulación, de 2.6 en el grupo control a 3.4 para el grupo FF2, 3.4 para el grupo FF6 y 4.7 para el grupo FF10. En ambos estudios se encontró que en los animales tratados se incrementó la tasa de ovulación asociándolo con un incremento de las concentraciones de FSH, después de la finalización del tratamiento con LFB. Sin embargo en un trabajo realizado por García *et al.* (2001)⁶⁹ en el que las ovejas fueron tratadas con LFE no se observó un efecto del LFE sobre las concentraciones de FSH y tampoco fue posible observar un incremento después de suspender su administración, lo que permite sugerir que el efecto del LFE sobre la tasa de ovulación puede ser independiente de las concentraciones de FSH y que el incremento en la tasa ovulatoria puede deberse al efecto inhibitor del LFE sobre el desarrollo de los folículos. Ellos observaron que la tasa ovulatoria fue mayor ($P < 0.05$) en las ovejas tratadas (2.0 ± 0.29) que en las testigo (1.23 ± 0.12) y que la proporción de ovejas con ovulación múltiple para el grupo tratado fue de 69.23% y 23.07% para el grupo testigo ($P < 0.05$).

Hernández (1996)⁷⁰ utilizando el LFE en ovejas reporta que este es capaz de suprimir el crecimiento folicular particularmente de los folículos >4 mm de diámetro. Scaramuzzi *et al.* (1993)⁷¹ mencionan que es posible que el LFE provoque la eliminación del folículo dominante, lo que permitiría un aumento en el número de folículos potencialmente reclutables por la FSH. Findlay *et al.* (1996)⁷² ha demostrado que la tasa de ovulación puede incrementarse por un aumento en

el número de folículos dependientes de gonadotropinas, sin haber una modificación en las concentraciones de FSH.

SINCRONIZACIÓN DEL CICLO ESTRAL

La sincronización del ciclo estral es una práctica que permite que un grupo de ovejas manifieste estro en determinado momento, para realizar la monta natural o inseminación artificial, agrupar nacimientos y programar destetes⁷³.

Una eficiente sincronización del estro, requiere de un protocolo de tratamiento que induzca atresia de todos los grandes folículos presentes en los ovarios en cualquier etapa del desarrollo, resulta en el reclutamiento de una nueva oleada folicular, el desarrollo de la sincronización de un nuevo folículo dominante en todas las hembras, y la ovulación en tiempo previsible²⁵.

Driancourt (2001)²⁵ indica que las estrategias del control del estro son basados principalmente en el control de la extensión en la vida del cuerpo lúteo, con prostaglandinas o la inducción de la ovulación con GnRH o sus agonistas, o la prevención del estro usando tratamientos con progestágenos. Y que sólo la aplicación de prostaglandinas no proporciona una sincronización aceptable, porque el tiempo de la ovulación depende del estado de desarrollo del folículo dominante en el tiempo que la prostaglandina induce la luteolisis. Señala que un tratamiento combinado de prostaglandina y GnRH proporciona un alto grado de

sincronización en el estro y la ovulación, una inyección inicial de GnRH motiva ovulación o luteinización del folículo presente en el ovario y la sincronización del reclutamiento de una nueva oleada folicular. Siete días después de la inyección de GnRH una inyección de prostaglandina induce la regresión del cuerpo lúteo y permite la maduración final del folículo dominante. Una segunda inyección de GnRH dada 48 horas después de la inyección de prostaglandina, sincroniza la ovulación del folículo dominante. Adicionalmente, la administración de progestágenos en la presencia de un cuerpo lúteo funcional, antes de la selección de un folículo dominante, permitirá que suceda la selección, pero después de la primera oleada (día 7 al 10), será pequeño y sufrirá regresión temprana. De otro modo, si bajas dosis de progestágenos son administradas, cuando es normalmente en los programas de sincronización del estro y la regresión del cuerpo lúteo durante el tratamiento, el folículo dominante presente, en el tiempo persistirá y continuará con el crecimiento.

Wheaton *et al.* (1993)⁷⁴ proponen que una forma de sincronizar el ciclo estral en la oveja es mediante un tratamiento con progesterona natural, en este caso se usa un dispositivo intravaginal controlador de la liberación de drogas (CIDR). La función de la progesterona es inhibir los eventos en el eje neuroendocrino, alterando el sistema reproductivo. Al respecto Skinner *et al.* (2000)⁷⁵ encontraron que una concentración mayor de 1 ng ml^{-1} de progesterona en circulación inhibe la secreción pulsátil de GnRH y LH. Viñoles *et al.* (1999)⁴⁰ mencionan que una deficiencia de progesterona durante la fase lútea propicia un incremento en la frecuencia de pulsos de GnRH y LH permitiendo un prolongado crecimiento del

folículo dominante, formando folículos persistentes, evitando la ovulación y comprometiendo el estado óptimo del folículo para su fertilización. A lo anterior Skinner *et al.* (2000)⁷⁵ agregan que esta deficiencia en la concentración de progesterona causa una elevación prematura del pulso preovulatorio de LH, no permitiendo suficiente tiempo para el desarrollo adecuado del folículo y una deficiente formación del cuerpo lúteo al darse la ovulación.

Mata *et al.* (2001)⁷⁶ mencionan que la persistencia del folículo dominante se debe a que los progestágenos utilizados en los tratamientos comerciales no logran por sí solos inhibir la pulsatilidad de la LH, como lo hace la progesterona durante la fase lútea; sin embargo cuando la administración del progestágeno coincide con la presencia de un cuerpo lúteo si se logra inhibir adecuadamente la secreción pulsátil de LH, permitiendo la atresia del folículo dominante y el recambio folicular subsiguiente.

La demostración del efecto de los niveles de progesterona sobre la dinámica folicular tiene importantes aplicaciones prácticas. Desde hace algunos años se han usado tratamientos con progestágenos para sincronizar el celo en la oveja; la duración de dichos tratamientos es prolongada, esto es de 12 a 14 días en ovinos⁷⁷. Ungerfeld y Rubianes (1999)⁷⁷ indican que si las oleadas foliculares emergen cada 4 a 6 días no parece justificado el uso de tratamientos hormonales tan prolongados, por lo que sus estudios se basan en la utilización de progestágenos por cortos periodos de tiempo (5 ó 6 días), ellos encontraron que los tratamientos cortos son al menos tan efectivos en inducir celos como los largos

y que son seguidos de una buena fertilidad. Por su parte Viñoles *et al.* (2001)⁷⁸ encontraron una menor fertilidad con los tratamientos largos lo cual esta asociada con la ovulación de folículos con vida media prolongada lo que sustenta la hipótesis que los tratamientos tradicionales promueven la ovulación de ovocitos viejos que tienen poca probabilidad de ser fertilizados.

PROGESTERONA

Reportes indican que las tasas de fertilidad son disminuidas después de un periodo largo de exposición a un progestágeno (acetofenida 16 α , 17 dihydroxyprogesterona)⁷⁹. Guthrie *et al.* (1970)⁸⁰ y Lamond *et al.* (1971)⁸¹ demostraron un crecimiento folicular y un aumento en folículos atrésicos después del tratamiento con acetato de melengestrol (MGA). Savio *et al.* (1993)⁴⁵ trataron a vacas Holstein no lactantes con implantes de 6 mg de norgestomet (progestágeno sintético) del día 8 al 23 del ciclo estral y encontró altas concentraciones de progesterona retardando la frecuencia de pulsos de LH que dan un aumento en la producción del folículo dominante. Adams *et al.* (1992)⁸² también concluyeron que la progesterona inhibió el folículo dominante (FD) de una manera dependiente de la dosis pero no afectó la secreción de FSH. Así, la progesterona previene la ovulación, pero no afecta en la aparición de oleadas foliculares. La dosis recomendada de progesterona usada en protocolos de sincronización es menor a los niveles fisiológicos normales durante la fase lútea.

ESTRADIOL Y GnRH

Sirois y Fortune (1988)⁸³ demostraron que el acontecimiento del estro es asociado con la presencia de un gran folículo dominante. El FD produce 17β -estradiol en proporción a su tamaño, el 17β -estradiol tiene retroalimentación en el hipotálamo e induce la actividad estral a través de la síntesis de andrógenos facilitando el camino de la delta-5 que en adición inhibe la producción de progesterona⁸⁴. Los estrógenos a través de una retroalimentación positiva en el hipotálamo, causan una nueva liberación de GnRH que activa en los gónadotrofos e induce la liberación pulsátil de LH y finalmente una oleada de LH que conduce a la ovulación del FD^{85,86}.

GnRH

Fogwell *et al.* (1986)⁸⁷ reportan que para dar una precisa manipulación en la sincronización del estro, se necesita un CL y oleadas foliculares. Thatcher *et al.* (1989)⁸⁸ demostraron que una inyección de 10 mg de buserelin, un potente agonista de GnRH, modula oleadas foliculares ováricas y la función del CL en gónadas. Mcmillan *et al.* (1985)⁸⁹ reportaron resultados similares usando 5 mg de buserelin. Así, la eficacia de los análogos de GnRH se ha demostrado para la manipulación de acontecimientos reproductivos.

Chenault *et al.* (1990)⁹⁰ trataron novillas Holstein con varias dosis (10 a 500 mg) de acetato de fertirelin, buserelin y gonadorelin y encontraron niveles de FSH y LH elevados hasta 2-5 horas después de la administración. Stevenson *et al.* (1993)⁹¹ encontraron resultados similares cuando el ganado fue inyectado con 8 mg de Receptal® y los niveles elevados de LH son mantenidos 1-5 horas después. Rettmer *et al.* (1992)⁹² también encontraron que 200 mg de acetato de fertirelin eleva los niveles de LH 1-4 horas después de la administración.

Una exposición previa del folículo dominante a altas concentraciones de P₄ puede provocar atresia y falla en la ovulación. Stock y Fortune (1993)⁴⁷ y Ginther *et al.* (1989)⁹³ prolongaron el ciclo estral con la administración intravaginal de P₄ mediante un mecanismo de liberación que mantiene los niveles subluteales de P₄. Ellos concluyen que la atresia de los grandes folículos ocurre a través de efectos de retroalimentación que elevan la P₄ lútea, y que prolongan el crecimiento folicular asociado con una reducción en la fertilidad. De este modo bajas concentraciones de P₄ impiden atresia e inducen folículos persistentes. Las acciones de P₄ pueden ser reducidas por pulsos en la frecuencia de LH. En contraste Roberson *et al.* (1989)⁴⁴ administró niveles subfisiológicos de P₄ a vacas y encontró que las concentraciones medias de LH aumentaron y la frecuencia en los pulsos se redujeron. Prescott *et al.* (1992)⁹⁴ demostraron que una vez que un folículo dominante entra en atresia no puede ser inducido a ovulación por el tratamiento del análogo de GnRH. Una cohorte nueva de folículos emergió dentro de 2 días después del tratamiento análogo de GnRH sin importar las estructuras ováricas a la hora del tratamiento⁹⁵.

Rettmer *et al.* (1992)⁹² midieron las concentraciones de FSH después del acetato de fertirelin en vaquillas lecheras y encontraron un incremento de la FSH dentro de los 15 minutos de administración y quedaron elevados por 300 minutos. Los niveles de la FSH se elevaron después de la desaparición del FD. Adams *et al.* (1992)⁹⁶ encontraron que los niveles de FSH se elevaron 2 a 4 días previos a la emergencia de una oleada folicular, el periodo después de la regresión del FD u ovulación.

ESTRADIOL

Bo *et al.* (1995)⁶ demostraron que cuando el 17 β -estradiol fue administrado a vacas implantadas con P₄ en los días 3, 6 ó 9 emerge una nueva oleada folicular 4 días después. Barros *et al.* (2000)⁹⁷ y Fernandes *et al.* (2001)⁹⁸ demostraron que una segunda inyección de GnRH en el protocolo de “ovsynch” se puede reemplazar por estradiol sin afectar la sincronía. Se ha demostrado que el benzoato de estradiol administrado durante periodos relativamente bajos de P₄ induce una oleada de LH aproximadamente 16-24 horas después de la administración^{99,100}.

El estradiol es usado habitualmente en Nueva Zelanda en el rebaño lechero para tratamiento de anestro en vacas lecheras, para facilitar la expresión de estro¹⁰¹. La respuesta al estro seguida al tratamiento con progesterona por la inserción de un CIDR incrementó del 70% al 90% por la adición de una inyección intramuscular de

1 mg de BE 24 horas después de retirada la progesterona. Mucho del progreso fue atribuido a la eliminación de “ovulaciones silenciosas” (ovulación no acompañada con un estro detectable), porque la tasa de concepción no fue alterada aunque más animales fueron inseminados. Así, la mejora total por la adición de estradiol fue considerada en gran parte debido a un aumento en los animales en los que se detectó estro y fueron sometidos a inseminación artificial^{56,102}.

PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DEL CICLO ESTRAL

SELECT SYNCH

“Select synch” fue el primer protocolo establecido utilizando análogos de GnRH. En el día 0 todas las vacas recibieron una inyección de un análogo de GnRH. Al comienzo del día 6 después de la inyección, y por 6 días sucesivos más, al rebaño se le monitorea su actividad estral, y se reproducen de 8-12 horas después de la detección del estro. En el día 7 las vacas a las que no se les detectó en estro se les dio una inyección de PGF2 α para inducir luteolisis. Este es un protocolo efectivo, pero la necesidad de la detección del estro todavía está presente¹⁰³, y la tasa de concepción encontrada por diversos autores varía del 20.8% (Lemaster *et al.*¹⁰⁴) a 40% (Kojima *et al.*¹⁰⁵) y 53% (Stevenson *et al.*¹⁰⁶). (Figura 1)

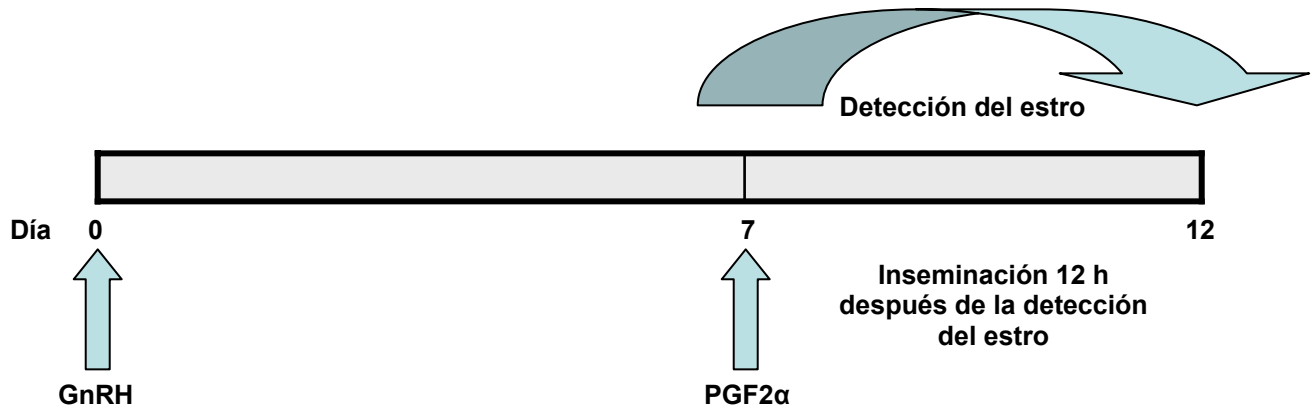


Figura 1. Protocolo “select synch”. Se aplica una dosis inicial de GnRH seguida de una aplicación de PGF2α 7 días después. La IA se realiza 12 h después de la detección del estro¹⁰⁷.

COSYNCH

“Cosynch” fue modelado después de “select synch”, sin embargo, la necesidad de la detección del estro fue eliminado con una segunda inyección de GnRH. En el día 0 todas las vacas reciben un análogo de GnRH. 7 días después todas las vacas reciben PGF2α para inducir luteolisis. 2 días después de la inyección de PGF2α, todas las vacas reciben una segunda inyección de GnRH seguida de una inmediata inseminación. La tasa de concepción después de “cosynch” fue de 40 a 54% (Lamb *et al.* 2001¹⁰⁸, Geary *et al.* 2001¹⁰⁹). Este sistema efectivamente reduce costos de trabajo y se obtienen altos niveles de fertilidad.

La segunda inyección de GnRH a la inseminación puede causar ovulación prematura y reducir la tasa de concepción. Recientes reportes indican que una

inseminación a la inyección de GnRH puede no ser ideal. Dalton *et al.* (2000)¹¹⁰ reportan que la inseminación artificial (IA) de ganado superovulado 24 horas después del estro incrementa la tasa de fertilización comparada con la inseminación a la 0 a 12 horas después del estro. Dalton *et al.* (2001)¹¹¹ demostraron que la IA 12 horas postestro optimiza la fertilidad en ganado lechero. (Figura 2)

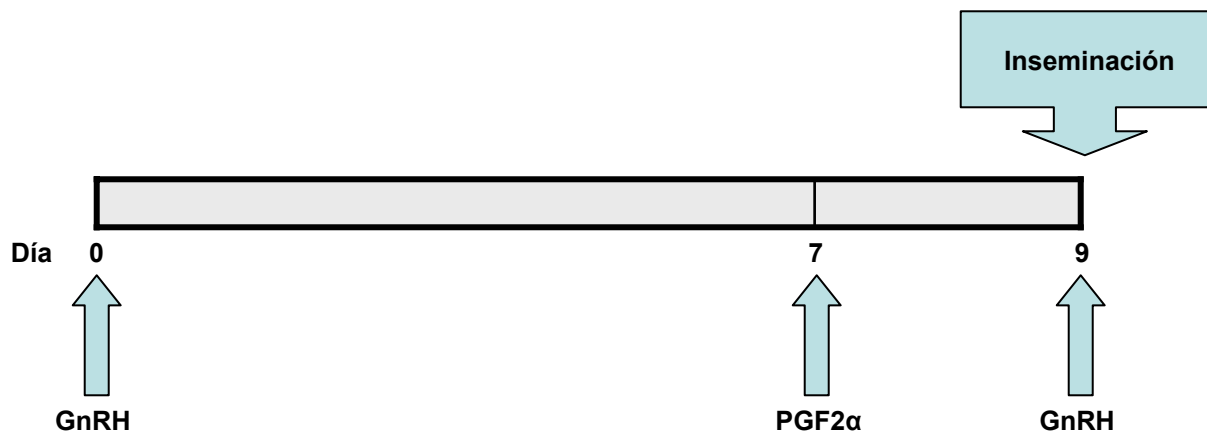


Figura 2. Protocolo “cosynch”. Una inyección de GnRH seguida 7 d después con PGF2α e inseminación y una inyección adicional de análogo de GnRH en el día 9, resultando en una tasa de concepción del 40 a 50%¹⁰⁸.

OVSYNCH

El protocolo de “ovsynch” es un tratamiento muy popular de la sincronización para el ganado de leche y carne utilizando análogos de GnRH, en combinación con PGF2α, puesto que la necesidad de la detección del estro se elimina. Las tasas de concepción son comparables con ganado no tratado después de este protocolo.

Las tasas de concepción después de la IA con este protocolo son similares para ganado de carne¹⁰³ y leche^{112,113} a estros no sincronizados. (Figura 3)

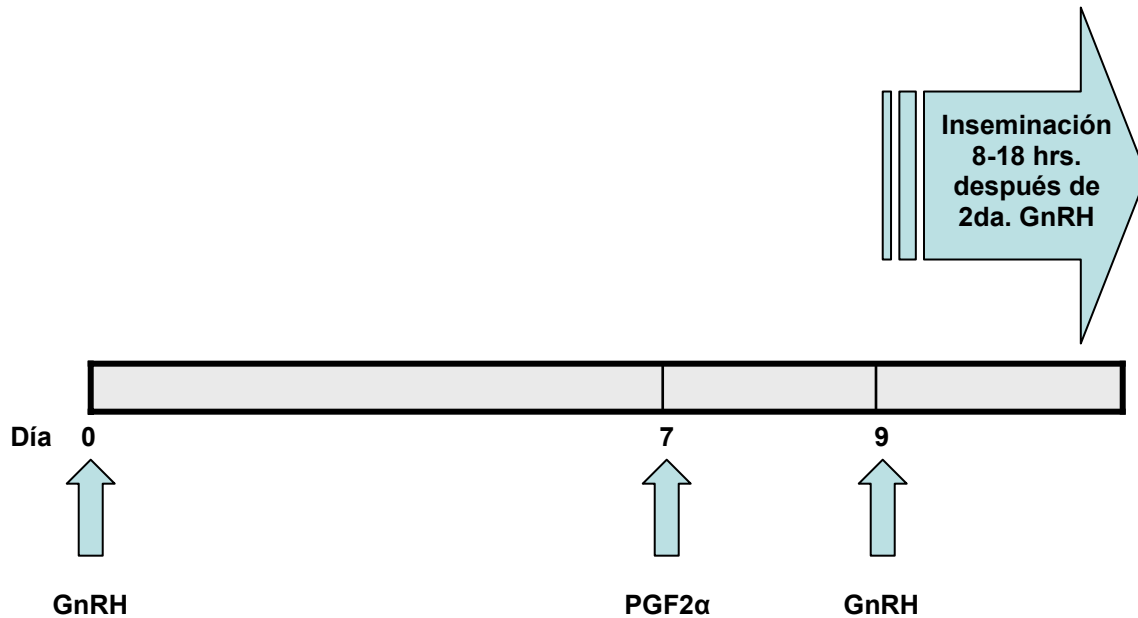


Figura 3. Protocolo “ovsynch”. El protocolo “ovsynch” como es descrito por Pursley et al. (1995)¹¹² demuestra que una inyección adicional de un análogo de GnRH 2 d después de la inyección de PGF2α elimina la necesidad de detección de estro. El ganado es inyectado con un análogo de GnRH seguido 7 d después con un tratamiento de PGF2α. 2 d después del tratamiento de PGF2α el ganado recibió una inyección secundaria de análogo de GnRH seguida por inseminación 8 a 18 h más tarde sin detección de estro.

OVSYNCH MODIFICADO

El protocolo “ovsynch” también ha sido modificado para ovinos por Deligiannis *et al.* (2005)¹¹⁴ y consistió en una inyección inicial de GnRH administrada al momento de la conducta estral (día 0) de la época reproductiva, seguida 5 días después por una inyección de PGF2 α . Treinta y seis horas más tarde una segunda inyección de GnRH se administró para sincronizar la ovulación, y la inseminación fue realizada 12-14 horas después. En este estudio se demostró que durante la época reproductiva el uso del protocolo “ovsynch” modificado resultó en una tasa de concepción del 50%. (Figura 4)

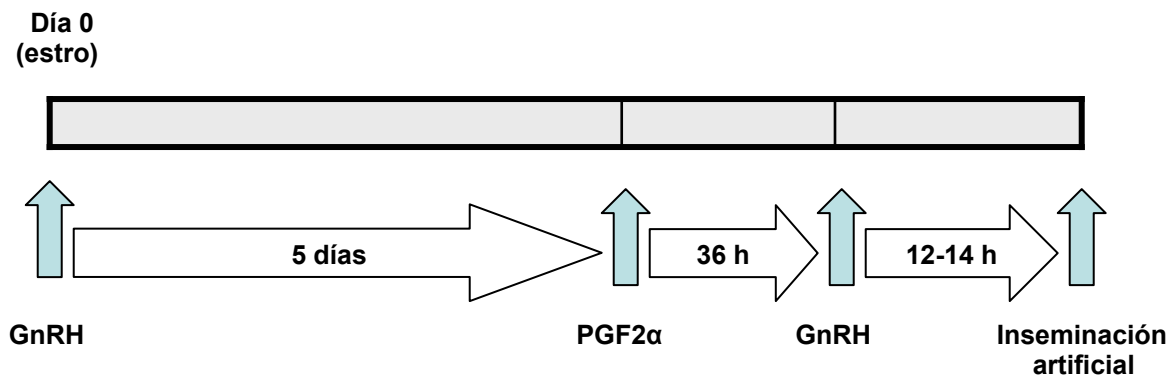


Figura 4. Protocolo “ovsynch” modificado para ovinos.

Posteriormente, Amiridis *et al.* (2005)¹¹⁵ sincronizaron el estro de 36 ovejas usando esponjas intravaginales impregnadas con 60 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP) y los animales fueron asignados aleatoriamente a uno de tres grupos. Los tratamientos comenzaron en los días 4, 9 y 14 (grupo A, B y C, respectivamente) del ciclo. A las ovejas se les administró dos inyecciones de

GnRH (8 µg por oveja), 5 días antes y 36 horas después de una inyección de prostaglandina F2α (100 µg de cloprostenol por oveja), y los animales fueron inseminados 12-14 horas después de la segunda inyección de GnRH (“ovsynch” modificado). En total, 21 ovejas concibieron a la inseminación artificial y mantuvieron la gestación a término (58.3%); siete (58.3%), nueve (75%) y cinco (41.6%) ovejas de los grupos A, B y C, respectivamente.

1. 3. JUSTIFICACIÓN

La tasa ovulatoria es el factor determinante de la prolificidad en ganado ovino. El aumento de la tasa de ovulación puede reflejarse en un aumento en la prolificidad.

1. 4. HIPÓTESIS

El provocar un nuevo reclutamiento folicular con la administración de 50 mg de progesterona dos días antes del momento de la luteolisis resulta en la selección de dos o más folículos ovulatorios, aumentando la tasa de ovulación.

1. 5. OBJETIVO

Aumentar la tasa de ovulación por medio del uso estratégico de progesterona previo al momento de la luteolisis y selección folicular.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2. 1. LOCALIZACIÓN

Este trabajo se realizó en el módulo de producción ovina “El Cenzontle”, perteneciente al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el kilómetro 5.5 de la carretera Martínez de la Torre – Tlapacoyan, en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. Se encuentra a 151 msnm en 20° 4' de latitud norte y 97° 3' longitud oeste. El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año, con precipitación pluvial anual de 1991 mm y temperatura promedio anual de 23.7° C (Af(m)w'e)¹¹⁶.

2. 2. ANIMALES Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en el empadre de febrero-marzo. Se utilizaron 99 borregas Pelibuey, mantenidas en un sistema de pastoreo rotacional en praderas con zacate insurgente (*Brachiara brizantha*), estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) y/o pastos nativos (*Paspalum spp* y *Axonopus spp*). Siete borregas no fueron utilizadas por que no presentaron conducta estral.

El diseño experimental se presenta en la figura 5. El estro de las borregas se detectó introduciendo a las borregas en un corral de manejo junto con un macho

vasectomizado. Posteriormente, en el día 5 del ciclo estral las borregas fueron aleatoriamente asignadas a uno de dos grupos. El grupo tratado con progesterona (n = 40) en el cual cada borrega se le administraron 50 mg de progesterona intramuscular ó el grupo testigo (n = 52) que no tuvo tratamiento. Posteriormente, en el día 7 del ciclo estral todas las borregas fueron inyectadas con una dosis luteolítica de PGF2 α (1 ml de 250 mcg de cloprostenol). A partir del día 9 del ciclo se detectaron celos y se dieron servicios por monta natural.

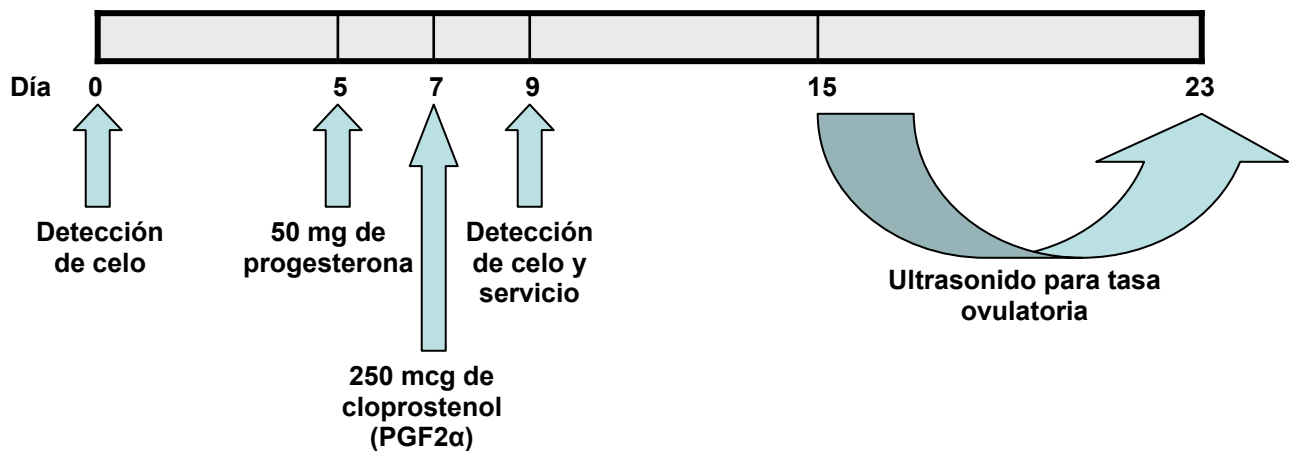


Figura 5. Diseño del experimento para manipular la oleada folicular mediante la aplicación de progesterona dos días antes de la luteolisis inducida por 250 mcg de cloprostenol en ovejas Pelibuey.

La tasa ovulatoria se determinó por el conteo directo del número de cuerpos lúteos presentes en los ovarios 6 a 14 días después del servicio. Esto se logró por medio de ultrasonografía transrectal¹¹⁷ utilizando un equipo de ultrasonografía de imagen

real ALOKA 500 con un transductor lineal de 7.5 Mhz, adaptado a un soporte rígido que permitió su manipulación por vía rectal.

2. 3. VARIABLES EVALUADAS

Las variables de respuesta evaluadas fueron: manifestación de conducta estral, tiempo (días) que tardaron las ovejas en presentar conducta estral posterior a la aplicación de la dosis luteolítica de PGF2 α , tasa de ovulación, porcentaje de gestación y prolificidad.

2. 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para las variables manifestación de conducta estral, tasa de ovulación, porcentaje de gestación y prolificidad se realizó una prueba de χ^2 . Mientras que para el tiempo que tardaron las ovejas en presentar conducta estral posterior a la aplicación de la dosis luteolítica de PGF2 α se realizó una prueba de “U de Mann-Whitney”.

3. RESULTADOS

Durante el presente estudio el 88.46% de ovejas del grupo testigo (T) y el 92.50% del grupo tratado con progesterona (P) manifestaron conducta estral. No existió diferencia estadística entre grupos en la manifestación de conducta estral ($P = 0.811$). (Figura 1 de anexo)

El tiempo en que las ovejas presentaron conducta estral posterior a la aplicación de la dosis luteolítica de PGF2 α fue de 2.7 días para el grupo testigo (T), mientras que para el grupo tratado con progesterona (P) fue de 3.3 días. Se encontró diferencia estadística entre grupos ($P = 0.001$). (Cuadro 1 y figura 2 de anexo)

Cuadro 1. Distribución de las ovejas conforme al tiempo (días) que tardaron en presentar conducta estral posterior a la aplicación de la dosis luteolítica de PGF2 α , y que recibieron (P) o no (T) 50 mg de progesterona dos días antes de la aplicación de la PGF2 α . El tiempo en que tardaron en presentar conducta estral difirió entre grupos ($P = 0.001$).

Grupo	n	Días que tardaron en presentar conducta estral				
		2	3	4	5	6
T	46	19	20	2	0	1
P	37	7	18	7	4	1

4 datos perdidos en el grupo testigo no fueron incluidos en este análisis.

La proporción de ovejas con ovulaciones simples, dobles o triples difirió entre el grupo testigo y el tratado con progesterona ($P = 0.03$). El grupo tratado con progesterona (P) presentó 12.5% de ovulaciones triples con la consecuente disminución en el porcentaje de ovulaciones simples (40%) y dobles (47.50%). (Cuadro 2 y figura 3 de anexo)

Cuadro 2. Porcentaje de ovejas con ovulación sencilla, doble o triple para el grupo testigo (T) y para el grupo tratado con 50 mg de progesterona (P) dos días antes de la aplicación de PGF2 α . La n se indica dentro del paréntesis. La proporción de ovejas con ovulaciones simples, dobles o triples difirió entre grupos ($P = 0.03$).

Grupo	n	Tipo de ovulación		
		Simple	Doble	Triple
		% (n)	% (n)	% (n)
T	50	48 (24)	52 (26)	0 (0)
P	40	40 (16)	47.50 (19)	12.50 (5)

A dos ovejas del grupo testigo no se les realizó el análisis ultrasonográfico.

El porcentaje de gestación en las ovejas del grupo testigo (T) fue de 58.70%, que resulta muy similar a la obtenida en el grupo tratado con progesterona (P) y que fue de 54.05%. No se encontró diferencia estadística en cuanto al porcentaje de gestación entre grupos ($P = 0.67$). (Cuadro 3 y figura 4 de anexo)

Cuadro 3. Porcentaje de ovejas que quedaron gestantes, en el grupo testigo (T) y en el grupo tratado con 50 mg de progesterona (P) dos días antes de la inyección de PGF2 α . La n se indica dentro del paréntesis.

Grupo	n	Gestantes	No gestantes
		% (n)	% (n)
T	46	58.7 (27)	41.3 (19)
P	37	54.05 (20)	45.95 (17)

No se encontró diferencia estadística entre grupos ($P = 0.67$).

La prolificidad de este estudio fue de 1.44 ± 0.11 para el grupo testigo (T) y de 1.35 ± 0.10 para el grupo tratado con progesterona (P). No existió diferencia estadística entre grupos ($P = 0.56$). (Figura 5 de anexo)

Finalmente, el número de crías nacidas fue de 66, de las cuales 39 corresponden al grupo testigo (T) y 27 al grupo tratado con progesterona (P). En el presente estudio no se observaron diferencias estadísticas en la distribución del tipo de parición entre grupos ($P = 0.66$). (Cuadro 4 y figura 6 de anexo)

Cuadro 4. Porcentaje de ovejas con parición simple, doble o triple del grupo testigo (T) y el grupo tratado con 50 mg de progesterona (P) dos días antes de la aplicación de PGF2 α . La n se indica dentro del paréntesis.

Grupo	n	Tipo de parto		
		Simple	Doble	Triple
		% (n)	% (n)	% (n)
T	27	59.26 (16)	37.04 (10)	3.7 (1)
P	20	65 (13)	35 (7)	0 (0)

No se encontró diferencia estadística entre grupos ($P = 0.66$).

4. DISCUSIÓN

El presente trabajo demuestra que la administración estratégica de 50 mg de progesterona previo al momento de la luteolisis y selección folicular aumenta el reclutamiento folicular y la tasa de ovulación en ovejas Pelibuey. Estos resultados ofrecen un método sencillo, rápido y eficaz para el incremento de la tasa de ovulación en ovejas.

Aunque en diversos estudios han incrementado la tasa de ovulación, mediante la aplicación de diversos métodos que estimulan el crecimiento folicular, el presente trabajo obtiene buenos resultados con un método tan sencillo como puede ser la administración de 50 mg de progesterona previo al momento de la luteolisis.

En los animales tratados se incrementó significativamente la tasa de ovulación. Estos resultados son similares a los reportados en otros estudios en los que se utilizó Líquido Folicular Bovino y Líquido Folicular Equino. Miller *et al.* (1993)⁶⁷ y Wallace *et al.* (1985)⁶⁸ asociaron el efecto sobre la tasa de ovulación con un incremento de las concentraciones de FSH, después de la finalización del tratamiento con LFB. Sin embargo, García *et al.* (2001)⁶⁹ indican que el mecanismo por el cual el tratamiento con LFE incrementó la tasa de ovulación puede deberse al efecto inhibitor del LFE sobre el desarrollo de los folículos, efecto similar al que pudo producir la progesterona en el presente estudio. Por lo cual es posible que la progesterona provoque la eliminación del folículo

dominante, lo que permitiría un aumento en el número de folículos potencialmente reclutables por la FSH.

En relación al porcentaje de gestación y a la prolificidad no se encontró una diferencia significativa. Las posibles causas del bajo porcentaje de gestación y prolificidad observadas en las ovejas tratadas con 50 mg de progesterona, podrían ser la baja disponibilidad y calidad de los forrajes presentes en la región entre febrero y mayo, que ocasionan pérdidas de peso y deterioro de las condiciones corporales de los ovinos¹⁴. Gunn *et al.* (1975)¹¹⁸ afirman lo anterior al mencionar que el deterioro de la condición corporal de las ovejas dado por la pérdida de peso, ocasiona una reducción en su desempeño reproductivo. En este sentido, se menciona que la desnutrición y la alimentación deficiente antes del empadre, durante la gestación y después del parto tienen un efecto negativo sobre la tasa de ovulación, la sobrevivencia embrionaria y el porcentaje de parición¹. Aunado a lo anterior, si durante este período existe un aumento gradual de la temperatura ambiental, esto en conjunto influye de forma directa sobre la tasa de fertilización, pues Alliston *et al.* (1961)¹¹⁹ y Dutt *et al.* (1963)¹²⁰ encontraron que si las ovejas son mantenidas a altas temperaturas en la época de empadre, estas presentaran bajos niveles de fertilidad y altos porcentajes de pérdidas embrionarias.

Con la finalidad de mejorar el porcentaje de gestación, la prolificidad y aún más la tasa de ovulación, sería beneficioso estudiar los factores limitantes para incrementar la productividad de las ovejas empadradas de febrero a marzo, principalmente los de tipo nutricional.

5. CONCLUSIONES

Del presente trabajo podemos concluir que el tratamiento con 50 mg de progesterona al momento de la luteolisis incrementa la tasa de ovulación en ovejas Pelibuey, posiblemente por que la progesterona provoca la eliminación del folículo dominante, lo que permite un aumento en el número de folículos potencialmente reclutables por la FSH. Es necesario realizar estudios en los que se mejoren las condiciones nutricionales y determinar si se mejoran el porcentaje de gestación y la prolificidad. De forma práctica, el presente trabajo aporta un método sencillo y eficaz para el incremento de la tasa de ovulación en ovejas Pelibuey.

6. LITERATURA CITADA

1. Galina HC. Reproducción de animales domésticos. 2ª ed. Limusa. México, D.F. 2006.
2. Hunter RHF. Reproducción de los animales de granja. 1ª ed. Acribia. España. 1987.
3. Aréchiga FCF, Galina HCS, Hernández CJ, Porras AAI, Rangel PLE, Romo GS, Saharrea MA, Valencia MJ, Zarco QLA. Mejoramiento animal: Reproducción bovinos. 2ª ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. FMVZ. UNAM. México. 2000.
4. Gordon I. Controlled reproduction in sheep and goats. First edition. Cab International. UK Cambridge. 1997.
5. Evans G, Maxwell WMC. Inseminación artificial de ovejas y cabras. 1ª ed. Acribia. España. 1990.
6. Bo GA, Adams GP, Caccia M, Martínez M, Pierson RA, Mapletoft RJ. Ovarian follicular wave emergence after treatment with progestogen and estradiol in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 1995; 39:193-204.
7. Driancourt MA. Ovarian features contributing to the variability of PMSG induced ovulation rate in sheep. *J. Reprod. Fert.* 1987; 80:207-212.
8. Martínez TMV. Efecto del tratamiento con una solución glucogénica oral sobre la tasa de ovulación en ovejas Pelibuey (tesis de maestría). México: UNAM. FMVZ. 2004.

9. Rubianes E, De Castro T, Carbajal B. Effect of high progesterone levels during the growing phase of the dominant follicle of wave 1 in ultrasonically monitored ewes. *Can. J. Anim. Sci.* 1996; 76:473-475.
10. De Castro T, Rubianes E, Menchaca A, Rivero A. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology.* 1999; 52:399-411.
11. Rubianes E. and Menchaca A. The pattern and manipulation of ovarian follicular growth in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 2003; 78:271-287.
12. Cueto M, Gibbons A, Alberio R, Taddeo H, Gonzalez-Bulnes A. Timing of emergence of ovulatory follicles in polyovulatory goats. *Anim. Reprod. Sci.* 2006; 91(3-4):275-284.
13. López Sebastian A. and Inskip EK. Response of ewes of Mediterranean sheep breeds to subcutaneous implants of melatonin. *Livest. Prod. Sci.* 1991; 27:177-184.
14. Galina MA, Morales R, Silva E, López B. Reproductive performance of Pelibuey and Blackbelly sheep under tropical management systems in México. *Small Rumin. Res.* 1996; 22:31-37.
15. Rosado J, Silva E, Galina MA. Reproductive management of hair sheep with progesterone and gonadotropins in the tropics. *Small Rumin. Res.* 1998; 27:237-242.
16. González A, Murphy BD, Foote WC, Ortega E. Circannual estrous variation and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Rumin. Res.* 1992; 8:225-232.

17. Cruz L, Fernández-Baca S, Álvarez JA, Pérez H. Variaciones estacionales en presentación de ovulación, fertilización y sobrevivencia embrionaria de ovejas Tabasco en el trópico húmedo. *Vet. Méx.* 1994; 25:19-38.
18. González RA. Reproduction in Peligüey sheep in the mexican tropic (tesis de maestría). E. U. A.: Utah State University. 1977.
19. Crowder ME, Nett MT. Pituitary content of gonadotropins and receptors for gonadotropin-releasing hormone (GnRH) and hypothalamic content of GnRH during the periovulatory period of the ewe. *Endocrinology.* 1984; 114 (1): 234-238.
20. McDonald EE, Pineda MH, Dooley MP. Veterinary endocrinology and reproduction. 5th edition. Iowa State Press. USA. 2003.
21. Padilla RJ, Mapes SG, Jiménez KF. Perfiles hormonales durante el ciclo estral de la oveja. *Téc. Pec. Méx.* 1988; 26(1): 96-105.
22. Sanabria CM, Torres GF. Estudios morfológicos del ovario y la vagina durante el ciclo estral y la gestación en ovejas y cabras (tesis de licenciatura). México: UNAM. FES Cuautitlán. 1985.
23. Hernández PJE, Fernández RF. Reproducción de siete especies domésticas. 1ª edición. UAM. México. 1999.
24. Rodríguez MR. Efecto de la suplementación sobre el inicio de la pubertad en la borrega Tabasco o Pelibuey (tesis de doctorado). México: UNAM. FMVZ. 1991.
25. Driancourt MA. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology.* 2001; 55:1211-1239.

26. Rubianes E. Avances en el conocimiento de la fisiología ovárica de los pequeños rumiantes y su aplicación para el manejo reproductivo. *Actas de fisiología*. 2000; 6: 93-103.
27. González RA, Márquez GE, Lizárraga TH, Martínez GJC. Dose response effects of PMSG on ovulation rate and follicular development in Pelibuey ewes treated with Syncro-mate-B implants. *Small Rumin. Res.* 1999; 31:149-155.
28. Hafez ESE. Reproduction in farm animals. 7th edition. Lippincott Williams and Wilkins Inc. USA. 2000.
29. Ginther OJ. Selections of the dominant follicle in cattle and horses. *Anim, Reprod. Sci.* 2000; 60-61:61-79.
30. González BA, Santiago MJ, García GRM, Del Campo A, Gómez BA, López SA. Origin of the preovulatory follicle in Mouflon sheep (*Ovis gmelini musimon*) and effect on growth of remaining follicles during the follicular phase of oestrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 2001; 65:265-272.
31. Driancourt, MA, Webb R, Fry RC. Does follicular dominance occur in ewes? *J. Reprod. Fert.* 1991; 93:63-70.
32. Noel B, Bister JL, Paquay R. Ovarian follicular dynamics in Suffolk ewes at different periods of the year. *J. Reprod. Fert.* 1993; 99:695-700.
33. Brand A, De Jong WHR. Qualitative and quantitative micromorphological investigations of the tertiary follicle population during the oestrous cycle in sheep. *J. Reprod. Fert.* 1973; 33:431- 439.
34. Lopez-Sebastian A, Gonzalez BA, Santiago MJ, Gomez BA, Townsend EC, Inskip EK. Patterns of follicular development during the estrous cycle in monoovular Merino del Pais ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 1997; 48:279-291.

35. Ravindra JP, Rawlings NC, Evans ACO, Adams GP. Ultrasonographic study of ovarian follicular dynamics in ewes during the oestrous cycle. *J. Reprod. Fertil.* 1994; 101:501-509.
36. Evans ACO, Duffy P, Hynes N, Boland MP. Waves of follicle development during the estrous cycle in the sheep. *Theriogenology.* 2000; 53:699-715.
37. Leyva V, Buckrell BC, Walton JS. Regulation of follicular activity and ovulation in ewes by exogenous progestagen. *Theriogenology.* 1999; 50:395-416.
38. Baird DT, Campbell BK, Mann GE, Mc Neilly AS. Inhibin and oestradiol in the control of FSH secretion in the sheep. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 1991; 43:125-138.
39. Schrick FN, Surface RA, Pritchard JY, Dailey RA, Townsend EC, Inskeep EK. Ovarian structures during the estrous cycle and early pregnancy in ewes. *Biol. Reprod.* 1993; 49:1133- 1140.
40. Viñoles C, Meikle A, Forsberg M, Rubianes E. The effect of subluteal levels of exogenous progesterone on follicular dynamics and endocrine patterns during the early luteal phase of the ewe. *Theriogenology.* 1999; 51:1351-1361.
41. Callejas SS, Alberio R, Cabodevila J, Dulout F, Aller J, Catalano R, Teruel M. Influence of different doses of progesterone treatments on ovarian follicle status in beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 2006; 91(3-4):191-200.
42. Sirois J and Fortune JE. Lengthening the bovine estrous cycle with low levels of exogenous progesterone: a model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology.* 1990; 127:916-925.

43. Kinder JE, Kojima FN, Bergfeld EGM, Wehrman ME, Fike KE. Progestin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistent ovarian follicles in cattle. *J. Anim. Sci.* 1996; 74:1424-1440.
44. Roberson MS, Wolfe MW, Stumpf TT, Kittok RJ, Kinder JE. Luteinizing hormone secretion and corpus luteum function in cows receiving two levels of progesterone. *Biol. Reprod.* 1989; 41:997-1003.
45. Savio, JD, Thatcher WW, Morris GR, Entwistle K, Drost M, Mattiacci MR. Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing device on follicular turnover and fertility in cattle. *J. Reprod. Fert.* 1993; 98:77-84.
46. Kesner JS, Padmanabhan V, Convey EM. Estradiol induces and progesterone inhibits the preovulatory surges of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in heifers. *Biol. Reprod.* 1982; 26:571-578.
47. Stock AE and Fortune JE. Ovarian follicular dominance in cattle: Relationship between prolonged growth of the ovulatory follicle and endocrine parameters. *Endocrinology.* 1993; 132:1108-1114.
48. Sanchez T, Wehrman ME, Bergfeld EG, Peters KE, Kojima FN, Cupp AS, Mariscal V, Kittok RJ, Rasby RJ, Kinder JE. Pregnancy rate is greater when the corpus luteum is present during the period of progestin treatment to synchronize time of estrus in cows and heifers. *Biol. Reprod.* 1993; 49:1102-1107.
49. Mihm M, Baguisi A, Boland MP, Roche JF. Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers. *J. Reprod. Fertil.* 1994; 102:123-130.

50. Macmillan KL and Burke CR. Effects of oestrous cycle control on reproductive efficiency. *Anim. Reprod. Sci.* 1996; 42:307-320.
51. Burke CR, Boland MP, Macmillan KL. Ovarian responses to progesterone and oestradiol benzoate administered intravaginally during dioestrus in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 1999; 55:23-33.
52. Bogacz VL, Huston JE, Grum DE, Day ML. Identification of the optimal dose of estradiol benzoate in combination with a progestin to program follicular turnover in cyclic cattle. *J. Anim. Sci. Suppl.* 1999; 77:124.
53. Xu ZZ, Burton LJ, Macmillan KL. Reproductive performance of lactating dairy cows following oestrus synchronization with progesterone, oestradiol and prostaglandin. *New Zealand Vet. J.* 1996; 44:99-104.
54. Macmillan KL and Taufa VK. Oestradiol concentrates the synchrony pattern in heifers treated with progesterone and prostaglandin F2 α . *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 1997; 57:238.
55. O'Rourke M, Diskin MG, Shreenan JM, Roche JF. The effect of dose and route of oestradiol benzoate administration on plasma concentrations of oestradiol and FSH in long-term ovariectomised beef heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 2000; 59:1-12.
56. Day ML, Burke CR, Taufa VK, Day AM, Macmillan KL. The strategic use of estradiol to enhance fertility and submission rates of progestin based estrus synchronization programs in seasonal dairy herds. *J. Anim. Sci.* 2000; 78:523-529.

57. Burke CR, Day ML, Bunt CR, Macmillan KL. Use of a low dose of estradiol benzoate during diestrus to synchronize development of the ovulatory follicle in cattle. *J. Anim. Sci.* 2000; 78:145-151.
58. Bogacz VL, Huston JE, Grum DE, Day ML. Effect of estradiol benzoate in combination with progesterone to induce follicular turnover at varying stages of the estrous cycle. *J. Anim. Sci. Suppl.* 2000; 78:211.
59. Burke CR, Day ML, Clark BA, Bunt CR, Rathbone MJ, Macmillan KL. Effect of luteolysis on follicle wave control using oestradiol benzoate in cattle. *Proc. New Zealand Soc. Endocrinology.* 1997; 40:134.
60. Burke CR, Morgan SR, Clark BA, Rhodes FM. Effect of luteolysis on control of ovarian follicles using oestradiol benzoate and progesterone in cattle. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 1998; 58:89-91.
61. Findlay JK, Clark IJ, Robertson DM. Inhibin concentration in ovarian and jugular venous plasma and relationship of inhibin with follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone during the ovine estrous cycle. *J. Endocrinology.* 1990; 126:528-535.
62. Leversha LJ, Robertson DM, Vos FL, Morgan FJ, Hearn MTW, Wettenhall REH. Isolation of inhibin from ovine follicular fluid. *J. Endocrinology.* 1987; 113:213-221.
63. Roser JF, McCue PM, Hoye E. Inhibin activity in the mare and stallion. *Dom. Anim. Endocrinology.* 1994; 11:87-100.
64. Miller K, Crister JK, Rowe RF, Ginther OJ. Ovarian effects of bovine follicular fluid treatment in sheep and cattle. *Biol. Reprod.* 1979; 21:537-544.

65. Hunter MG, Southee JA, Lamming GE. Function of abnormal corpora lutea in vitro after Gn-RH-induced ovulation in the anoestrous ewe. *J. Reprod. Fertil.* 1988; 84:139-148.
66. Miller KF, Wesson JA, Ginther OJ. Changes in concentrations of circulating gonadotropins following administration of equine follicular fluid to ovariectomized mares. *Biol. Reprod.* 1979; 21:867-872.
67. Miller DW, Martin GB. Increases in ovulation rate and gonadotrophin concentration in goats and Merino sheep after treatment with bovine follicular fluid. *Anim. Reprod. Sci.* 1993; 31:225-236.
68. Wallace JM, McNeilly AS, Baird DT. Ovulation rate and embryo survival in Damline ewes after treatment with bovine follicular fluid in the luteal phase of the oestrous cycle. *J. Reprod. Fertil.* 1985; 75:101-109.
69. García AA, Hernández CJ, Valencia MJ. Efecto de la administración de líquido folicular equino libre de esteroides durante la fase lútea sobre la tasa de ovulación en ovejas Rambouillet. *Vet. Méx.* 2001; 32(1):1-5.
70. Hernández CJ. Control de la longitud de la fase lútea en ovejas mediante la administración de líquido folicular equino libre de esteroides (tesis de doctorado). México: UNAM. FMVZ. 1996.
71. Scaramuzzi RJ, Adams NR, Baird DT, Campbell BK, Downing JA, Findlay JK. A model for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. *Reprod. Fertil. Dev.* 1993; 5:459-478.
72. Findlay JK, Drummond AE, Fry RC. Intraovular regulation of follicular development and ovulation. *Anim. Reprod. Sci.* 1996; 42:321-331.

73. Molina MP, Sánchez TET, García FEO, Martínez GA, Cárdenas LM, Peralta OJ, Cordero MJL, Hizarza EA, Ortega CME. Manipulación de la presencia del cuerpo lúteo en la sincronización de estro en ovejas Dorset. *Agrociencia*. 2005; 39:11-18.
74. Wheaton JE, Carlson KM, Windels HF, Johnston LJ. A new progesterone-releasing intravaginal device for induction of estrus and cycle control in sheep and goats. *Anim. Reprod. Sci.* 1993; 33(1-4):127-141.
75. Skinner CD, Harris TG, Evans NP. Duration and amplitude of luteal phase progesterone increment times the estradiol-induced luteinizing hormone surge in ewes. *Biol. Reprod.* 2000; 63(4):1135-1142.
76. Mata CFA, Hernández CJ, González PE. Efecto del norgestomet inyectado sobre el folículo dominante persistente y la formación del cuerpo lúteo en vacas sincronizadas con implantes de norgestomet. *Vet. Méx.* 2001; 32(1):19-25.
77. Ungerfeld R and Rubianes E. Effectiveness of short-term progestogen priming for the induction of fertile oestrus with eCG in ewes during late seasonal anoestrus. *Anim. Sci.* 1999; 68:349-353.
78. Viñoles C, Forsberg M, Banchero G, Rubianes E. Effect of long term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*. 2001; 55(4):993-1004.
79. Wiltbank JN, Shumway RP, Parker WR, Zimmerman DR. Duration of estrus, time of ovulation and fertilization rate in beef heifers synchronized with dihydroxyprogesterone acetophenide. *J. Anim. Sci.* 1967; 26(4):764-767.

80. Guthrie HD, Lamond DR, Hendricks DM, Dickey JF. Ovarian follicular changes in heifers treated with melengestrol acetate. *J. Reprod. Fertil.* 1970; 22:363-364.
81. Lamond DR, Dickey JF, Hendricks DM, Hill JR, Leland TM. Effect of progestin on the bovine ovary. *J. Anim. Sci.* 1971; 33:77-82.
82. Adams GP, Matteri RL, Ginther OJ. Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle-stimulating hormone in heifers. *J. Reprod. Fertil.* 1992; 96:627-640.
83. Sirois J and Fortune JE. Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol. Reprod.* 1988; 39:308-317.
84. Fortune JE, Sirois J, Quirk SM. The growth and differentiation of ovarian follicles during the bovine estrus cycle. *Theriogenology.* 1988; 29:95-109.
85. Clarke IJ. Control of GnRH secretion. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 1987; 34:1-8.
86. Nett TM. Function of the hypothalamic-hypophysial axis during the post-partum period in ewes and cows. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 1987; 34:201-213.
87. Fogwell RL, Kanyima BM, Villa-Gody A, Enright WJ, Ireland JJ. Enhanced precision of estrus and luteinizing hormone after progesterone and prostaglandin in heifers. *J. Dairy Sci.* 1986; 69:2179-2194.
88. Thatcher WW, Macmillan KL, Hansen PJ, Drost M. Concepts for regulation of corpus luteum function by the conceptus and ovarian follicles to improve fertility. *Theriogenology.* 1989; 31:149-164.

89. Macmillan KL, Day AM, Taufa VK, Gibb M, Pearce MG. Effects of an agonist of gonadotropin releasing hormone in cattle. I. Hormone concentrations and oestrous cycle length. *Anim. Reprod. Sci.* 1985; 8:203-212.
90. Chenault JR, Kratzer DD, Rzepkowski RA, Goodwin MC. LH and FSH response of Holstein heifers to fertirelin acetate, gonadorelin and buserlin. *Theriogenology.* 1990; 34:81-98.
91. Stevenson JS, Phatak AP, Rettmer I, Stewart RE. Postinsemination administration of Receptal: follicular dynamics, duration of cycle, hormonal responses, and pregnancy rates. *J. Dairy Sci.* 1993; 76:2536-2547.
92. Rettmer I, Stevenson JS, Corah LR. Endocrine responses and ovarian changes in inseminated dairy heifers after an injection of a GnRH agonist 11 to 13 days after estrus. *J. Anim. Sci.* 1992; 70:508-517.
93. Ginther OJ, Knopf L, Kastelic JP. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrus cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 1989; 20:187-200.
94. Prescott RE, Silcox RW, Byerley DJ, Caudle AB, Kiser TE. Effect of GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in beef cows. *J. Anim. Sci. Suppl.* 1992; 70:254.
95. Twagiramungu H, Guilbault LA, Dufour JJ. Synchronization of ovarian follicular waves with a gonadotropin-releasing hormone agonist to increase the precision of estrus in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 1995; 73:3141-3151.
96. Adams GP, Matteri RL, Kastelic JP, Ginther OJ. Association between surges of follicle-stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *J. Reprod. Fertil.* 1992; 94:177-188.

97. Barros CM, Moreira MBP, Figuerdo RA, Teixeira AB, Trinca LA. Synchronization of ovulation in beef cows (*Bos indicus*), using GnRH, PGF2 α and estradiol benzoate. *Theriogenology*. 2000; 53:1121-1134.
98. Fernandes P, Teixeira AB, Crocci AJ, Barros CM. Timed artificial insemination in beef cattle using GnRH agonist, PGF2 α and estradiol benzoate (EB). *Theriogenology*. 2001; 55:1521-1532.
99. Bo GA, Adams GP, Pierson RA, Tribulo HE, Caccia M, Mapletoft RJ. Follicular waves dynamics after estradiol-17 β treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology*. 1994; 41:1555-1569.
100. Lammoglia MA, Short RE, Bellows RE, Bellows RA, MacNeil MD, Hafs HD. Induced and synchronized estrus in cattle: dose titration of estradiol benzoate in peripubertal heifers and postpartum cows after treatment with an intravaginal progesterone-releasing insert and prostaglandin F2 α . *J. Anim. Sci.* 1998; 76:1662-1670.
101. McDougall S, Burke CR, Macmillan KL, Williamson NB. The effect of pretreatment with progesterone on the oestrous response to oestradiol-17 β benzoate in the post-partum dairy cow. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 1992; 52:157-160.
102. Macmillan KL, Taufu VK, Day AM, McDougall S. Some effects of using progesterone and oestradiol benzoate to stimulate oestrus and ovulation in dairy cows with anovulatory anoestrus. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 1995; 55:239-241.

103. Twagiramungu H, Guilbault LA, Dufour JJ. Synchronization of estrus and fertility in beef cattle with two injections of buserelin and prostaglandin. *Theriogenology*. 1992; 38:1131-1144.
104. Lemaster JW, Yelich JV, Kempfer JR, Fullendwider JK, Barnett CL, MD Fanning, Selph JF. Effectiveness of GnRH plus prostaglandin F2 α for estrus synchronization in cattle of *Bos indicus* breeding. *J. Anim. Sci.* 2001; 79:309-316.
105. Kojima FN, Salfen BE, Bader JF, Ricke WA, Lucy MC, Smith MF, Patterson DJ. Development of an estrus synchronization protocol for beef cattle with short-term feeding of melengestrol acetate: 7-11 synch. *J. Anim. Sci.* 2000; 78:2186-2191.
106. Stevenson JS, Thompson KE, Forbes KL, Lamb GC, Grieger DM, Corah LR. Synchronizing estrus and (or) ovulation in beef cows after combinations of GnRH, norgestomet, and prostaglandin F2 α with or without timed insemination. *J. Anim. Sci.* 2000; 78:1747-1758.
107. Valencia MJ y Aguilar MCU. Influencia del sitio de depósito del semen y el momento de la inseminación artificial sobre la fertilidad. XI Curso Internacional de Reproducción Bovina. México. UNAM. FMVZ. 2006.
108. Lamb GC, Stevenson JS, Kesler DJ, Garverick HA, Brown DR, Salfen BE. Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F2 α for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 2001; 79:2253-2259.

109. Geary TW, Whittier JC, Hallford DM, MacNeil MD. Calf removal improves conception rates to the Ovsynch and Co-Synch protocols. *J. Anim. Sci.* 2001; 79:1-4.
110. Dalton JC, Nadir S, Bame JH, Nofsinger M, Saacke RG. The effect of time of artificial insemination on fertilization status and embryo quality in superovulated cows. *J. Anim. Sci.* 2000; 78:2081-2085.
111. Dalton JC, Nadir S, Bame JH, Nofsinger M, Nebel RL, Saacke RG. Effect of time of insemination on number of accessory sperm, fertilization rate, and embryo quality in non-lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2001; 84:2413-2418.
112. Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF 2α and GnRH. *Theriogenology.* 1995; 44:915-923.
113. Schmitt EJP, Diaz TC, Drost M, Roomes C, Thatcher WW. Use of a GnRH agonist or human chorionic gonadotropin for timed insemination in cattle. *J. Anim. Sci.* 1996; 74:1084-1091.
114. Deligiannis C, Valasi I, Rekkas CA, Goulas P, Theodosiadou E, Lainas T, Amiridis GS. Synchronization of ovulation and fixed time intrauterine insemination in ewes. *Reprod. Dom. Anim.* 2005; 40:6-10.
115. Amiridis GS, Valasi I, Menegatos I, Rekkas C, Goulas P, Papanikolaou T, Deligiannis C. Luteal stage dependence of pituitary response to gonadotrophin-releasing hormone in cyclic dairy ewes subjected to synchronisation of ovulation. *Reprod. Fertil. Dev.* 2005; 17:769-774.
116. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2^a ed. UNAM. México, D. F. 1981.

117. Lassala A, Hernández CJ, Rodríguez MR, Gutiérrez CG. The influence of the corpus luteum on ovarian follicular dynamics during estrous synchronization in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 2004; 84(3-4):369-375.
118. Gunn RG and Doney JM. The interaction of nutrition and body condition at mating on ovulation rate and early embryo mortality in Scottish Blackface ewes. *J. Agric. Sci. Camb.* 1975; 85:465-470.
119. Alliston CW, Egli GE, Ulberg LC. Loss of potential young in the ewe due to high ambient temperature. *J. Appl. Physiol.* 1961; 16:253-256.
120. Dutt RH, Ellington EF, Carlton WW. Fertilization rate and early embryo survival in unshorn ewes following exposure to elevated air temperature. *J. Anim. Sci.* 1963; 18:1308-1315.

7. ANEXO

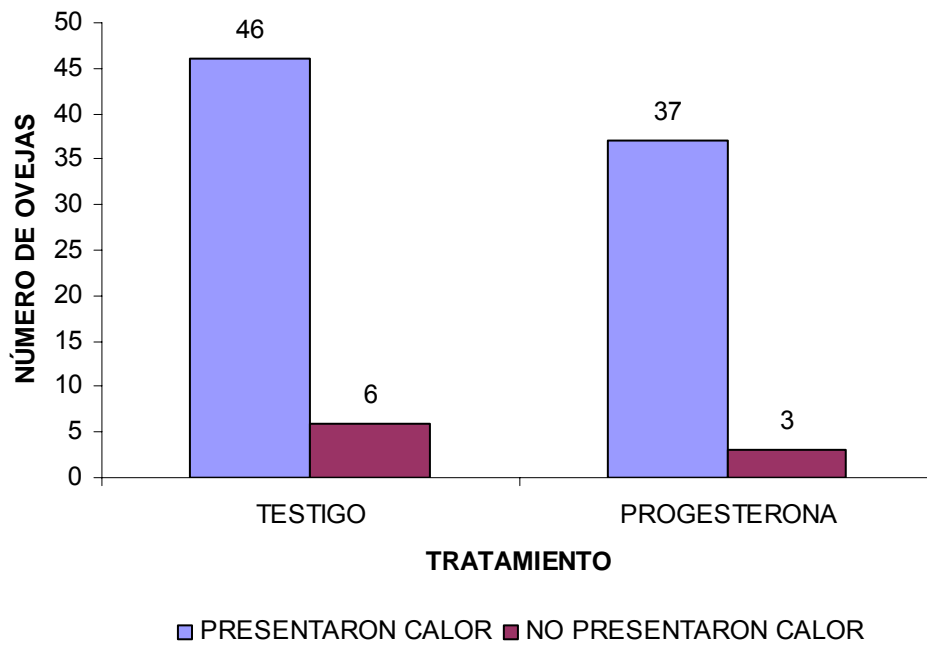


Figura 1. Número de ovejas que manifestaron conducta estral después de ser tratadas (P) o no (T) con 50 mg de progesterona dos días antes de la inyección de PGF2 α . No se encontró diferencia estadística entre grupos (P = 0.811).

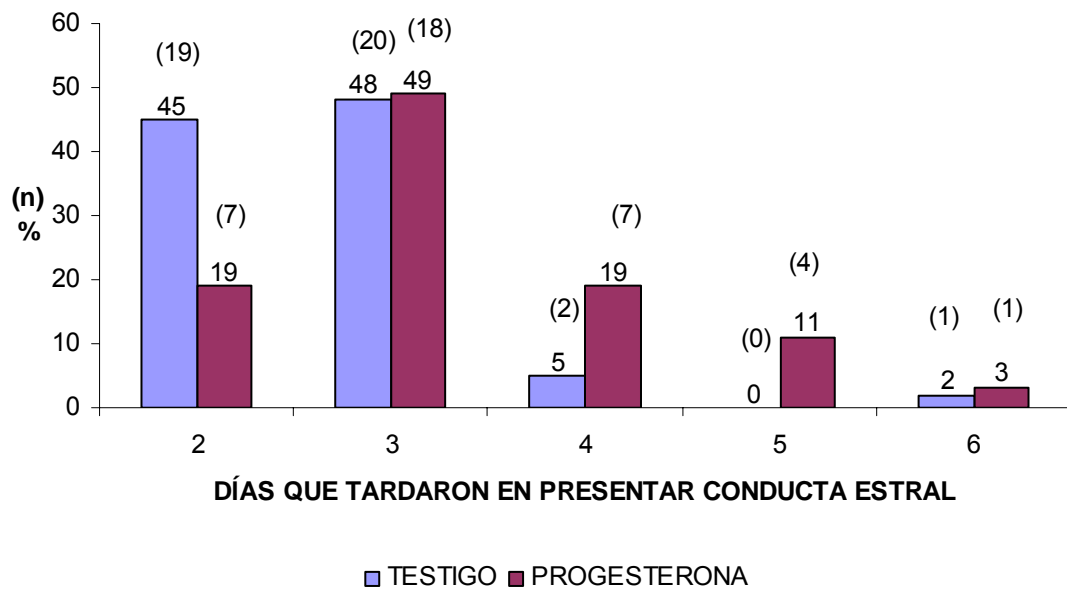


Figura 2. Distribución en porcentaje de las ovejas conforme al tiempo (días) que tardaron en presentar conducta estral posterior a la aplicación de la dosis luteolítica de $\text{PGF}_{2\alpha}$, y que recibieron (P) o no (T) 50 mg de progesterona dos días antes de la aplicación de la $\text{PGF}_{2\alpha}$. La n se indica dentro del paréntesis.

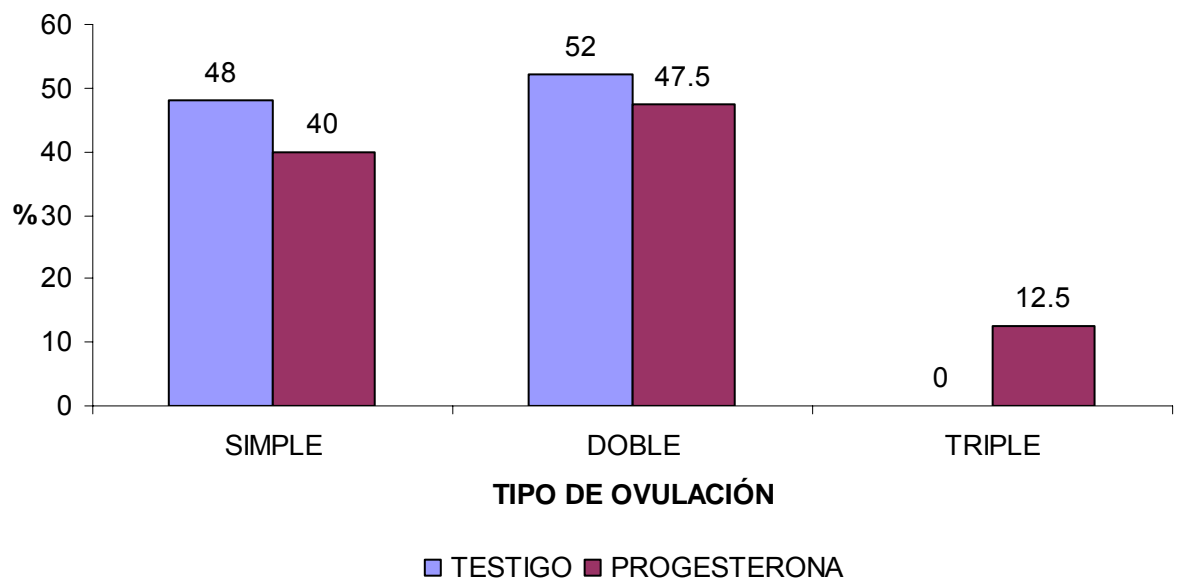


Figura 3. Porcentaje de ovejas con ovulación sencilla, doble o triple para el grupo testigo (T) y para el grupo tratado con 50 mg de progesterona (P) dos días antes de la aplicación de PGF₂ α .

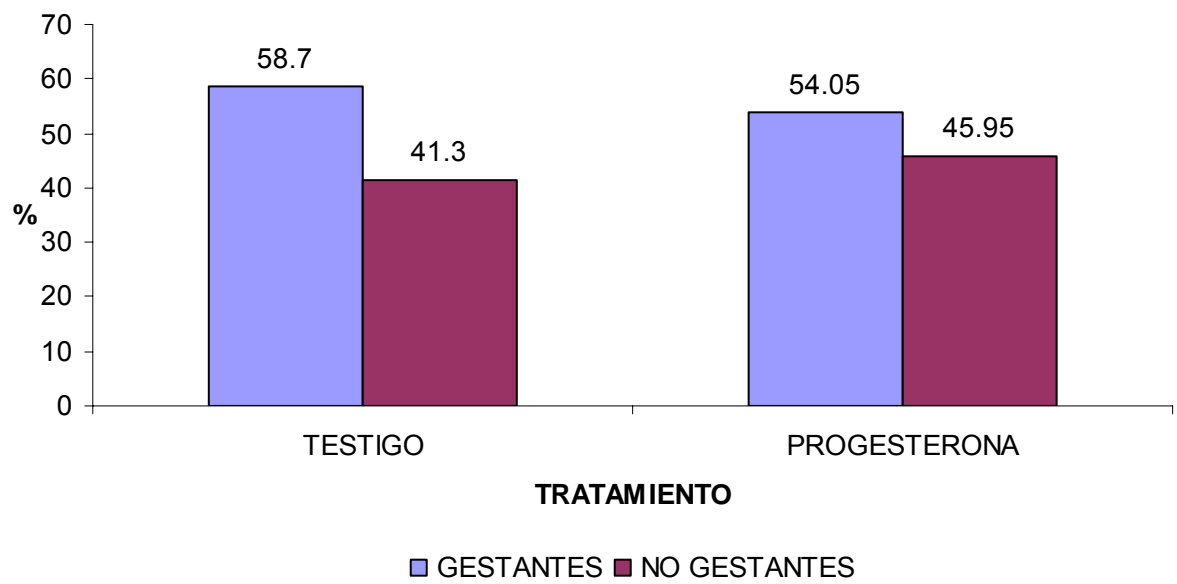


Figura 4. Porcentaje de ovejas que quedaron gestantes, en el grupo testigo (T) y en el grupo tratado con 50 mg de progesterona (P) dos días antes de la inyección de PGF₂α.

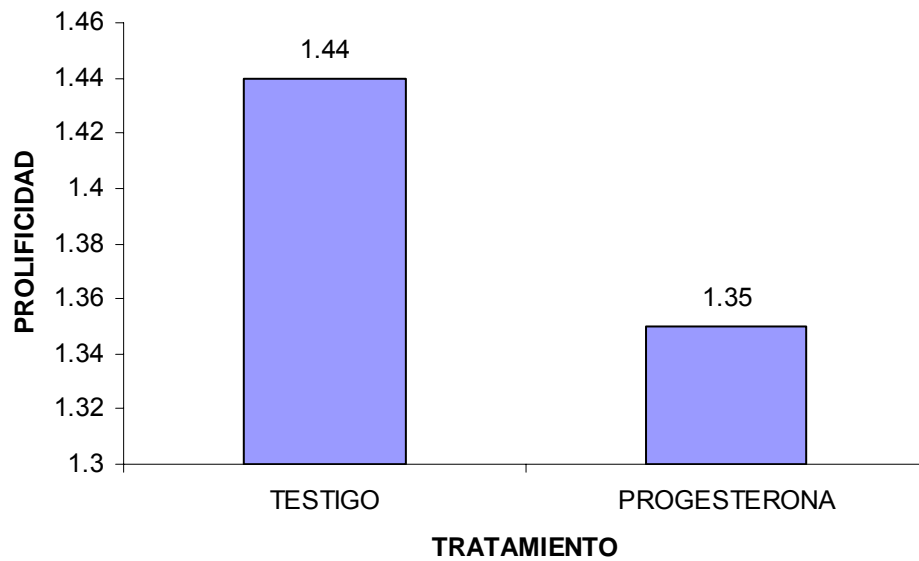


Figura 5. Prolificidad para el grupo testigo (T) y para el grupo tratado con 50 mg de progesterona (P) dos días antes de la aplicación de PGF2 α .

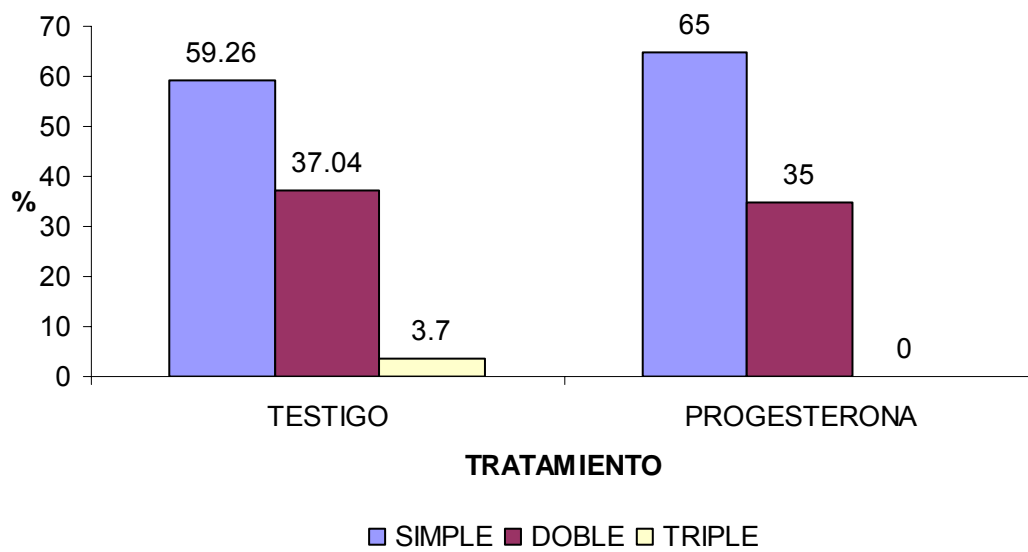


Figura 6. Porcentaje de ovejas con parición simple, doble o triple del grupo testigo (T) y el grupo tratado con 50 mg de progesterona (P) dos días antes de la aplicación de PGF2 α .