



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**COMPARACIÓN DE DOS PROGESTÁGENOS EN LA SINCRONIZACIÓN
DE CELOS EN OVEJAS PELIBUEY**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA:

J. GUADALUPE AVILA ONTIVEROS



JUNIO DE 2001

Chapingo, Estado de México

BIBLIOTECA ZOOTECNIA

DIRECCION ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

**COMPARACIÓN DE DOS PROGESTÁGENOS EN LA SINCRONIZACIÓN DE
CELOS EN OVEJAS PELIBUEY**

Tesis realizada por J. Guadalupe Avila Ontiveros bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como
requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR:



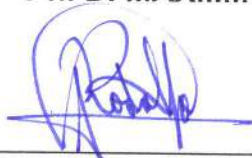
Ph. D. RAYMUNDO RANGEL SANTOS

ASESOR:



Ph. D. MAXIMINO HUERTA BRAVO

ASESOR:



Ph. D. RODOLFO RAMÍREZ VALVERDE

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada especialmente a la memoria de mi padre Florentino Avila Díaz, quien siempre estuvo dispuesto a sacrificarlo todo por la superación de cada uno de sus hijos. Este logro es fruto del gran empeño, apoyo, dedicación y sacrificios que me brindó, junto con mi madre, para hacer de mi una persona de bien.

A Diego y Jossué

A toda mi familia

A mis amigos

A la señorita Areli.

SINCERAMENTE

J. Guadalupe

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Zootecnia por permitirme cumplir una mas de mis metas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Al Dr. Raymundo Rangel Santos por la dirección de este trabajo, por el apoyo, amistad y consejos que siempre me ha brindado y por compartir conmigo sus experiencias.

Al Dr. Maximino Huerta Bravo por su valiosa asesoría en el desarrollo de la presente tesis.

Al Dr. Rodolfo Ramírez Valverde por su valiosa asesoría y por brindarme su amistad.

A todas las personas que contribuyeron de alguna manera en el desarrollo del trabajo de investigación.

RESUMEN

J. GUADALUPE AVILA ONTIVEROS

Comparación de dos progestágenos en la sincronización de celos en ovejas pelibuey

(junio de 2001)

(Bajo la dirección del Ph. D. Raymundo Rangel Santos)

Se evaluó la dosis y tipo de progestágeno en la sincronización de celos en ovejas Pelibuey. Se administraron 40, 50 ó 60 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP) en esponjas intravaginales y 500 U.I. de gonadotropina sérica de yegua gestante (PMSG) dos días antes de la remoción de la esponja (experimento I) y 50 mg de MAP o 40 mg de acetato de fluorogestona (FGA) más 500 U.I. de PMSG (experimento II). La incidencia de celos (93.3, 97.1 y 88.6 %), fertilidad (50.0, 69.7 y 67.7 %) y prolificidad (1.71, 1.70 y 1.86) fueron similares ($P > 0.05$) entre 40, 50 y 60 mg de MAP, respectivamente. La incidencia de celos (97.9 vs 95.8 %) y prolificidad (1.82 vs 1.73) fueron similares ($P > 0.05$) entre FGA y MAP, respectivamente. La fertilidad fue mayor ($P < 0.05$) para MAP que para FGA (71.7 vs 54.8 %). Es factible sincronizar celos en ovejas Pelibuey con 50 mg de MAP.

Palabras clave: Sincronización de celos, progestágenos, ovejas Pelibuey

ABSTRACT

J. GUADALUPE AVILA ONTIVEROS

Comparison of two progestagens in oestrus synchronization of Pelibuey ewes

(June 2001)

Under the direction of Ph. D. Raymundo Rangel Santos)

The dosage and type of progestagen in oestrus synchronization of Pelibuey ewes was evaluated. Forty, fifty or sixty mg of medroxyprogesterone acetate (MAP) contained in intravaginal sponges plus 500 I.U. of pregnant mare's serum gonadotrophin (PMSG) two days before sponge removal, were administrated to each ewe (experiment I) and 50 mg of MAP or 40 mg of fluorogestone acetate (FGA) plus 500 I.U. of PMSG (experiment II). The oestrus response (93.3, 97.1 y 88.6 %), fertility (50.0, 69.7 y 67.7 %) and prolificacy (1.71, 1.70 y 1.86) were similar ($P>0.05$) for ewes treated with 40 50 or 60 mg of MAP, respectively. The oestrus response (97.9 vs 95.8 %) and prolificacy (1.82 vs 1.73) were similar ($P>0.05$) for FGA and MAP, respectively. The fertility was greater ($P<0.05$) for MAP (71.7 %) than for FGA (54.8 %) treated ewes. Oestrus synchronization in Pelibuey ewes with 50 mg of MAP is effective.

KEY WORDS: oestrus synchronization, progestagens, Pelibuey ewes

ÍNDICE

	Pag.
1.INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Estacionalidad reproductiva en ovinos	3
2.2. Descripción del ciclo estral	3
2.2.1. Eventos fisiológicos del ciclo estral	4
2.2.1.1. Dinámica folicular	5
2.2.1.2. Dominancia folicular	7
2.3. Sincronización de celos	9
2.3.1. Métodos de sincronización de celos	10
2.3.1.1. Sincronización de celos con progestágenos	12
2.3.1.1.1. Tipos de progestágenos para sincronizar celos	14
2.3.1.1.2. Dosis de progestágenos	15
2.3.1.2. Combinación de progestágenos y PMSG	17
2.3.2. Efectos negativos de la administración de progestágenos	19
2.3.2.1. Alteración de la dinámica folicular y fertilidad	19
2.3.2.2. Alteración de la dinámica folicular y prolificidad	22
2.3.2.3. Alteración de la sobrevivencia y transporte espermático	25
2.4. Factores que afectan la fertilidad en un celo sincronizado	27

2.4.1. Técnica de inseminación	27
2.4.2. Momento de inseminación	29
2.4.3. Tipo de semen	30
2.4.4. Número de espermatozoides por dosis	31
2.4.5. Método de congelación del semen	32
2.4.6. Tiempo de almacenamiento del semen	32
2.4.7. Efecto del semental	33
2.4.8. Época del año	34
2.4.9. Edad de la oveja	35
2.4.10. Condición corporal y nivel de alimentación.....	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS	38
4. RESULTADOS	41
5. DISCUSIÓN	46
6. CONCLUSIONES	52
7. LITERATURA CITADA	53

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Eficiencia de acetato de fluorogestona (FGA) y acetato de medroxiprogesterona (MAP) en la sincronización de celos en ovinos	14
Cuadro 2. Fertilidad de ovejas inseminadas con diferentes tipos de semen y técnicas de inseminación.....	28
Cuadro 3. Diferencias en fertilidad (%) entre machos utilizados en programas de inseminación artificial	33
Cuadro 4. Efecto de la dosis de acetato de medroxiprogesterona (MAP) en la distribución de celos en ovejas Pelibuey	41
Cuadro 5. Efecto de la dosis de acetato de medroxiprogesterona (MAP) en la fertilidad de ovejas Pelibuey.....	42
Cuadro 6. Efecto de la dosis de acetato de medroxiprogesterona (MAP) en la prolificidad de ovejas Pelibuey	42
Cuadro 7. Efecto del tipo de progestágeno en la incidencia de celos en ovejas Pelibuey	43
Cuadro 8. Efecto del tipo de progestágeno en la distribución de celos en ovejas Pelibuey.....	44

Cuadro 9. Efecto del tipo de progestágeno en la fertilidad de ovejas

Pelibuey 44

Cuadro 10. Efecto del tipo de progestágeno en la prolificidad de ovejas

Pelibuey..... 45

1. INTRODUCCIÓN

El control del estro y la ovulación, mediante la utilización en conjunto de progestágenos y gonadotropina sérica de yegua gestante (PMSG), ha permitido incrementar, de forma directa o indirecta, la eficiencia reproductiva de los rebaños en diversos países líderes en producción ovina. En México, la implementación de esta práctica ha sido limitada debido al alto costo de los insumos y a la poca importancia económica que en años anteriores había tenido esta especie (Avila *et al.*, 2000 a). Sin embargo, en los últimos años, el interés por la producción ovina ha incrementado, destacando la producción de razas de pelo (Arteaga, 2000). Aunado a ello, en la actualidad se ha despertado el interés por el uso de prácticas de reproducción asistida como sincronización de calores, inseminación artificial, y transferencia y división de embriones.

Los progestágenos comúnmente utilizados para la sincronización de celos en ovinos a través de esponjas intravaginales son el acetato de fluorogestona (FGA; Chrono-gest, Intervet) y el acetato de medroxiprogesterona (MAP; Upjhon) en dosis de 30-40 y 60 mg, respectivamente (Avila, 1999). Las esponjas de FGA son las que se distribuyen comercialmente en nuestro país. Las dosis de progestágenos se establecieron a partir de investigaciones realizadas a finales de la década de los 60's y durante los 70's (Robinson, 1965; Robinson *et al.*, 1968; Deweese *et al.*, 1970), pero en la actualidad se argumenta que las dosis son demasiado altas, particularmente cuando se utiliza MAP, lo que puede repercutir negativamente en la eficiencia de un programa de

sincronización (Greyling *et al.*, 1997), o no representar una ventaja la utilización de 60 mg de MAP con respecto a 40 mg (Simonetti *et al.*, 2000).

La eficiencia de uno u otro progestágeno para sincronizar celos en ovinos ha sido motivo de investigaciones y actualmente existen resultados discrepantes. Algunos autores reportan una eficiencia general similar para ambos progestágenos, en diferentes grupos genéticos (Crosby *et al.*, 1991; Romano *et al.*, 1996; Avila *et al.*, 2000 b), mientras que otros encontraron mayor eficiencia al utilizar FGA (Boland *et al.*, 1979; Hill *et al.*, 1998).

La decisión de utilizar FGA o MAP para la sincronización de celos en ovinos debe estar fundamentada principalmente en su nivel de eficiencia, por lo que los objetivos del presente estudio fueron los siguientes:

1. Evaluar la eficiencia de tres diferentes dosis del progestágeno MAP en la sincronización de celos en ovejas Pelibuey.
2. Evaluar el efecto de dos tipos de progestágenos en la sincronización de celos en ovejas Pelibuey.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Estacionalidad reproductiva en ovinos

La especie ovina es poliéstrica estacional; es decir, muestran actividad sexual durante una época del año (Hafez, 1952), en respuesta al fotoperíodo. En latitudes templadas (mayores a 20°), la actividad reproductiva se caracteriza por la alternancia de un estadio de reposo sexual en primavera y verano, y un período de actividad sexual en otoño e invierno (Yeates, 1949). Algunos autores sugieren que en regiones tropicales, donde la cantidad de horas luz es relativamente constante, las ovejas presentan capacidad reproductiva durante todo el año; con pequeñas variaciones en su actividad sexual determinadas por la disponibilidad de alimento (Bronson, 1989). Sin embargo, investigaciones realizadas en ovejas Pelibuey, donde se mantuvieron regímenes de alimentación constantes a lo largo del año, se observó una disminución en la actividad reproductiva durante los meses de enero a abril, sin observarse la existencia de un verdadero anestro estacional (González *et al.*, 1992; Fuentes y Perón, 1996).

2.2. Descripción del ciclo estral

El ciclo estral se define como el tiempo que transcurre entre dos períodos de estro, donde ocurren una serie de eventos regulados por el balance hormonal entre el hipotálamo, la pituitaria y el sistema gonadal-tracto reproductor. La duración del ciclo estral es de 14 a 18 días, con un promedio de 17 días (Hafez, 1952). Las variaciones existentes pueden ser debido a algunos factores como época del año, edad, raza de la oveja y condiciones de estrés (Lindsay, 1991).

El ciclo estral se divide en cuatro etapas, que son: estro, metaestro, diestro y proestro. El estro comprende el período de receptividad sexual de la hembra y presenta una duración promedio de 30 horas, con una variación de 24 a 36 horas, determinada por la edad de la oveja, la época del año, la presencia del macho y la raza de la oveja (Pearson y Hunter, 1967). Con fines prácticos, el estro se puede dividir en una fase folicular y una fase lútea. La fase folicular tiene una duración de dos a tres días y es caracterizada principalmente por la exhibición del comportamiento del estro, el surgimiento del pico preovulatorio de LH y la ovulación. La transición de la fase folicular a la fase lútea es marcada por la ovulación (Gordon, 1997).

2.2.1. Eventos fisiológicos del ciclo estral

El ciclo estral se caracteriza por la aparición de una serie de eventos fisiológicos que concluyen con la ovulación. A partir de la ovulación, se inicia el crecimiento de un cuerpo lúteo (CL), el cual alcanza su máximo desarrollo alrededor de los días 5-7 del ciclo estral. Posteriormente, mantiene un tamaño constante, e inicia su regresión a partir del día 11 del ciclo y hasta el día 17 (Ravindra *et al.*, 1994; Leyva *et al.*, 1998). Paralelamente con el crecimiento del CL, los niveles de progesterona se incrementan, hasta alcanzar la máxima concentración alrededor de los días 10 a 12 y posteriormente disminuye paulatinamente para alcanzar su nivel más bajo en el día del celo (Cunningham *et al.*, 1975; Noel *et al.*, 1993; Ravindra *et al.*, 1994). Los niveles altos de progesterona durante el período de influencia del cuerpo lúteo y la presencia del estradiol, incrementan

la sensibilidad en el útero de los receptores a la oxitocina (Vallet *et al.*, 1990). Lo anterior ocasiona contracciones en el útero que permiten la síntesis y liberación de pulsos episódicos de prostaglandinas. Los pulsos duran alrededor de 1 hora y se presenta un promedio de 5 pulsos cada 24 horas (Thorburn *et al.*, 1973). La presencia de niveles altos de prostaglandinas ocasiona el inicio de la regresión del cuerpo lúteo y, en consecuencia, la reducción de los niveles plasmáticos de progesterona a partir del día 11 del ciclo estral (Leyva *et al.*, 1998). Conjuntamente con la disminución de la progesterona, se reduce el efecto de retroalimentación negativa que ejerce ésta hormona sobre el hipotálamo y la hipófisis, por lo que se incrementa la secreción de hormona folículo estimulante (FSH) y la frecuencia de pulsos de la hormona luteinizante (LH) (Cunningham *et al.*, 1975). El incremento en la frecuencia de secreción de pulsos de LH estimula el crecimiento folicular y la producción de estradiol, el cual ejerce una retroalimentación (positiva y negativa a la vez) a nivel de hipotálamo e hipófisis, lo que da origen a la descarga preovulatoria de hormonas liberadoras de la gonadotropina (GnRH) (Gallegos *et al.*, 1999).

2.2.1.1. Dinámica folicular

El concepto de crecimiento folicular en forma organizada en ondas foliculares, fue propuesto en bovinos por Rojaskoski (1969; citado por Evans *et al.*, 2000). Una onda folicular se caracteriza por el crecimiento sincronizado de un grupo de folículos pequeños a partir de un reservorio o banco (reclutamiento); posteriormente, algunos de los folículos reclutados experimentan un mayor desarrollo (selección) y, finalmente, de los folículos seleccionados surge

generalmente un folículo dominante que llegará a la ovulación, o sufrirá atresia, mientras que el resto de los folículos serán suprimidos (Webb *et al.*, 1999). La presencia de un folículo dominante elimina la posibilidad del surgimiento de una nueva onda folicular (Driancourt, 1991). En la actualidad, existen discrepancias entre los investigadores, acerca de la existencia de los eventos mencionados en ovinos; sin embargo, algunos estudios han demostrado la presencia de ondas foliculares durante el ciclo estral, mediante la medición de los niveles plasmáticos de algunas hormonas relacionadas con el crecimiento folicular, como el estradiol (Mattner *et al.*, 1972), y a través de la cuantificación del número de folículos en la superficie del ovario durante el ciclo estral mediante el uso de laparoscopia (Noel *et al.*, 1993) o ultrasonografía (Ginther *et al.*, 1995). En algunos estudios se ha observado la presencia de 2 a 4 ondas foliculares consecutivas durante el ciclo estral, predominando la existencia de 2 a 3 (Leyva *et al.*, 1998; Evans *et al.*, 2000), o 3 periodos de emergencia folicular (Noel *et al.*, 1993). En contraste, en otros estudios (Ravindra *et al.*, 1994; Ravindra y Rawlings, 1997) se observó emergencia de folículos durante todo el ciclo estral, excepto en los días 1, 5 y 15-17. Sin embargo, durante los días 2 y 11 se observó una significativa mayor emergencia de folículos, lo que puede coincidir con la presencia de 2 ondas foliculares.

De acuerdo a resultados generados por diversos investigadores (Noel *et al.*, 1993; Ginther *et al.*, 1995; Evans *et al.*, 2000), comúnmente se presentan 1 a 2 ondas foliculares (para ciclos con 2 y 3 ondas, respectivamente) durante la fase lútea, caracterizadas principalmente por la presencia de folículos grandes, los

cuales sufren atresia por efecto de los altos niveles de progesterona y, una última onda durante la fase folicular (período de disminución en la concentración de progesterona e incremento en los pulsos de LH), la cual concluye con la ovulación de uno o más folículos dominantes. Noel *et al.* (1993) encontraron que la duración de cada onda folicular es de 6 días aproximadamente, con emergencia en los días 1.6, 7.6 y 14 en promedio, para las ondas 1, 2 y 3, respectivamente. Similarmente, Leyva *et al.* (1998) encontraron que la emergencia ocurre durante los días 0.4, 5.5 y 11.1 para las ondas 1, 2 y 3; respectivamente, con intervalo de tiempo promedio entre emergencias de 5.3 días. Sin embargo, es necesario considerar que el tiempo de emergencia de cada onda y el intervalo de tiempo entre cada emergencia puede variar en función del número de ondas foliculares y el tiempo de duración del ciclo estral.

2.2.1.2. Dominancia folicular

La presencia de ondas foliculares en ovinos, como ocurre en bovinos ha sido demostrada. Sin embargo, existen diferencias marcadas en la fase de dominancia folicular y el número de folículos dominantes. Ginther *et al.* (1989) identificaron un folículo dominante en el segundo día de la emergencia de la onda folicular en bovinos, mientras que Driancourt *et al.* (1991) y Ravindra *et al.* (1994) sugieren que la dominancia folicular en ovinos no existe, o se presenta como un "fenómeno débil" (Ravindra y Rawlings, 1997), únicamente uno o dos días antes de la ovulación. En un estudio realizado por Castongay *et al.* (1990), se observó una tasa de ovulación similar en ovejas de grupos genéticos

prolíficos después de eliminar, o no eliminar los folículos grandes, al momento de la remoción de una esponja impregnada con progesterona, lo que demuestra una ausencia de dominancia folicular en ovejas prolíficas. Sin embargo, existen evidencias que apoyan la presencia de dominancia folicular en ovinos (Baird *et al.*, 1991; Campbell *et al.*, 1995; Evans *et al.*, 2000). Por otro lado, Ginther *et al.* (1995) y Viñoles *et al.* (1999) mencionan que la dominancia se presenta únicamente en la primera y la última onda folicular del ciclo, mientras que en las ondas intermedias no se presenta.

Los mecanismos de dominancia folicular no son totalmente claros. Existen evidencias de una retroalimentación negativa ejercida por el estradiol e/o inhibina producidos por el (los) folículo (s) ovulatorio (s) sobre la secreción de FSH hipofisiaria (Baird *et al.*, 1991), lo que reduce la cantidad de FSH disponible para los folículos subordinados, mientras que los folículos ovulatorios transfieren su dependencia de FSH a LH (Campbell *et al.*, 1995). Otro mecanismo de dominancia es la secreción de factores (esteroides ováricos e inhibina) producidos por los folículos ovulatorios, que inhiben directamente el desarrollo de los folículos subordinados (O'Shea *et al.*, 1994). Por último, se ha propuesto la posibilidad de un incremento en la permeabilidad vascular a FSH en los folículos ovulatorios; o bien, la secreción autocrina de factores (probablemente IGF-1) que amplifican la acción de FSH en las células de los folículos dominantes (Driancourt, 1991).

En general, las discrepancias existentes entre los investigadores, en cuanto a la existencia o no de dominancia folicular en ovinos puede ser debida a la gran variabilidad en los eventos fisiológicos (por ejemplo, niveles de FSH, inhibina, activina y esteroides ováricos) y estructuras foliculares (por ejemplo, numero de células de la granulosa) entre ovejas de alta prolificidad (Bindon *et al.*, 1996), y que probablemente son responsables también, de las diferencias en el número de folículos grandes entre ovejas prolíficas y no prolíficas (Cahill *et al.*, 1979; Lahlou-Kassi y Mariana, 1984). Lo anterior sugiere una actividad mayor de los mecanismos de la dominancia folicular en ovejas con baja prolificidad.

2.3. Sincronización de celos

La sincronización de celos consiste en obtener un grupo de hembras dentro de la misma fase del ciclo estral, de manera que los estros se presenten en la mayoría de los animales al mismo tiempo, en períodos cortos de duración (Gastelum y Briceño, 1985). Los principales beneficios de un programa de sincronización de celos (Espinoza y Esquivel, 1995; Amaya, 1999) son los siguientes:

1. Facilita el uso de la inseminación artificial. Posiblemente el principal factor que ha popularizado el uso de la sincronización de celos es la factibilidad de llevar a cabo el servicio mediante la técnica de inseminación artificial, ya que en forma práctica es necesario realizarla en un período corto de tiempo, aspecto que se cumple cabalmente con la sincronización de celos.
2. Permite el uso de transferencia de embriones.

3. Permite el manejo en grupo de los animales, por lo que es factible programar actividades, así como un uso más eficiente de la mano de obra y las instalaciones dedicadas a cada actividad.
4. Permite proporcionar un manejo nutricional acorde a la etapa fisiológica de la oveja.
5. Permite programar los partos en la época más propicia del año desde el punto de vista de condiciones climáticas, disponibilidad de forraje y demanda de corderos en el mercado.
6. La utilización de tratamientos apropiados de sincronización genera la factibilidad de incrementar la tasa reproductiva de las hembras ya que permiten realizar el empadre en época de anestro, así como incrementar el tamaño de camada.

Es necesario considerar que las ventajas de la sincronización de celos no son válidas para todas las explotaciones, por lo que se debe tomar en cuenta las características y necesidades de cada explotación en particular.

2.3.1. Métodos de sincronización de celos

Existe una gran diversidad de métodos para sincronizar celos en ovinos y se pueden clasificar como farmacológicos y naturales (Evans y Maxwell, 1990). Los métodos naturales incluyen la regulación del fotoperíodo y el efecto macho. Los métodos farmacológicos consisten en la administración de algún tipo de droga como prostaglandinas, progesterona, progestágenos o melatonina (Evans y Maxwell, 1990). En general, los métodos farmacológicos generan mejores

resultados en los parámetros de sincronización; sin embargo, el tipo de droga a utilizar depende de la época del año, la localización geográfica (Espinoza y Ezquivel, 1995), el costo, el grado de sincronización requerido y la disponibilidad del producto (Avila, 1999).

En la actualidad, la sincronización de celos se realiza comúnmente mediante la administración de progestágenos o progesterona a través de dispositivos intravaginales, o progestágenos mediante el uso de implantes subcutáneos. La utilización de prostaglandinas es limitada, debido a que presenta algunas limitantes con respecto a otras alternativas de sincronización. Dichas limitantes han sido discutidas ampliamente por Thimonier (1981), Gordon (1997) y Avila (1999). De igual manera, la administración de progestágenos vía oral, o progesterona vía parenteral se encuentran prácticamente en desuso debido a algunas implicaciones de carácter práctico, económico y de eficiencia. Gordon (1997) mencionan que el costo, la cantidad de mano de obra requerida y el tiempo que implica la administración oral de progestágenos hacen a este método comercialmente impráctico. Duane (1992) menciona que cuando el progestágeno se administra a través del alimento, es difícil controlar el consumo por animal en un rebaño, lo que ocasiona heterogeneidad en la cantidad individual del progestágeno consumido. Por otro lado, tanto la administración oral de progestágenos (Quispe *et al.*, 1994), como parenteral de progesterona (Casillas, 1989), generan una eficiencia inferior a la que se obtiene con esponjas intravaginales.

Los resultados de estudios realizados por diversos investigadores (Mc Millan, 1986; Smith *et al.*, 1989) han evidenciado que la administración de progesterona en dispositivos intravaginales de liberación controlada internamente (CIDRs) o progestágenos en esponjas intravaginales, presenta una eficiencia similar. Sin embargo, Crosby *et al.* (1991) reportan niveles de fertilidad inferiores cuando se administra progesterona en CIDRs (56 %) que cuando se administra FGA (88 %) o MAP (80 %) en esponjas intravaginales. En otro estudio (Greyling y Brink, 1987) se observó una mayor pérdida de CIDRs (13.5 %) que de esponjas impregnadas con MAP (6.7 %) y la fertilidad fue de 72.2 y 79.3 para CIDRs y esponjas, respectivamente. La utilización de CIDRs merece dos consideraciones importantes: Algunos autores (Carlson *et al.*, 1989) argumenta a favor del uso del CIDR, que se reduce las secreciones vaginales y el mal olor que estas despiden al momento de su remoción, por lo que es más estético que la esponja. Por otro lado, cuando la sincronización se realiza utilizando CIDRs, se reduce el intervalo de tiempo de la remoción del dispositivo al inicio del celo en aproximadamente 8 horas, comparativamente con el uso de esponjas (Smith *et al.*, 1989) y este factor tiene gran importancia cuando se realiza inseminación a tiempo fijo.

2.3.1.1. Sincronización de celos con progestágenos

Con el descubrimiento de progestágenos con alta actividad biológica en ovinos, la posibilidad de administrar dichos progestágenos en esponjas vaginales para el control del estro (Robinson, 1965) y el continuo perfeccionamiento de esta técnica, se ha generado el método de control hormonal de la reproducción más

utilizado en ovinos por ser práctico, económico y eficiente (Crosby *et al.*, 1991). Más recientemente, se han administrado progestágenos mediante el uso de implantes subcutáneos con resultados aceptables (Ainsworth y Wolinetz, 1982). Sin embargo, la utilización de implantes ha sido limitada debido a que las operaciones quirúrgicas que se requieren consumen mucho tiempo, estresan al animal y dejan heridas que pueden infectarse (Evans y Maxwell, 1990); por lo que su uso se restringe principalmente a aquellos países o lugares donde la disponibilidad de esponjas es limitada (Gordon, 1997).

La administración de progestágenos, ya sea en esponjas o implantes, se realiza por un período de 12 a 14 días. Durante este período, los progestágenos, al igual que la progesterona, ejercen una retroalimentación negativa en la secreción de LH, para que los eventos endocrinos que conducen a la maduración de los folículos ovulatorios en el ovario y la subsiguiente ovulación sean inhibidos (Hansel y Convey, 1983). Al eliminar el cuerpo lúteo simulado por los progestágenos, se incrementan los niveles de LH y se reinicia el crecimiento folicular, concluyendo con la presentación del estro en la mayoría de las ovejas tratadas en un período de 48 a 72 horas y la ovulación a las 55 horas, en promedio, después de la suspensión del tratamiento (Cognie y Mauleon, 1989).

2.3.1.1.1. Tipos de progestágenos para sincronizar celos

En la actualidad, existen diversos tipos de progestágenos para sincronizar celos en ovinos (Espinoza y Ezquivel, 1995). Los más utilizados son el acetato de fluorogestona (FGA) y el acetato de medroxiprogesterona (MAP) administrados en esponjas intravaginales y el norgestomet administrado en implantes subcutáneos (Avila, 1999). La eficiencia de FGA o MAP para sincronizar celos reportada en algunos estudios se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Eficiencia de acetato de fluorogestona (FGA) y acetato de medroxiprogesterona (MAP) en la sincronización de celos en ovinos.

Tipo de progestágeno	Dosis (mg)	Incidencia de celos (%)	Fertilidad (%)	Prolificidad (%)	Observaciones	Autor		
FGA	30	100	88.0	2.05	-----	Crosby	et	al.
MAP	60	92.0	80.0	1.70	-----			
FGA	30	97.4	57.5	----	-----	Cognie	et	al.
MAP	60	87.9	39.5	----	-----			
FGA	30	----	74.7	----	-----	Hill et al.,	(1998)	
FGA	40	----	72.1	----	-----			
MAP	60	----	64.6	----	-----			
FGA	30	----	56.1	1.1	-----	Romano	et	al.
MAP	60	----	56.6	1.2	-----			
FGA	40	93.8	43.4	1.3	Ovejas pesadas	Avila et al.	(2000 b)	
MAP	40	83.3	36.6	1.4				
FGA	40	100	32.0	1.3	Ovejas ligeras			
MAP	40	100	50.9	1.3				

En general, algunos investigadores (Cognie et al., 1978; Hill et al., 1998) encontraron mejores resultados al utilizar FGA que cuando utilizaron MAP en las dosis disponibles comercialmente, mientras que otros (Crosby et al., 1991; Romano et al., 1996) no encontraron diferencias en la eficiencia de sincronización entre FGA y MAP. Los mejores resultados encontrados en

algunos estudios al comparar la eficiencia de FGA Y MAP puede ser debida a que, de acuerdo con Greyling *et al.* (1997), la dosis de MAP utilizada comercialmente es demasiado alta, lo que disminuye la eficiencia de la sincronización. En este sentido, es probable que al comparar dosis inferiores de MAP con las dosis utilizadas de FGA, la eficiencia del primer progestágeno se incremente.

En un estudio reciente, Avila *et al.* (2000 b) compararon la eficiencia de una dosis de MAP inferior a la utilizada comercialmente con respecto a 40 mg de FGA en dos razas de ovejas (Suffolk y Criollas) con diferente peso corporal (72 y 27 kg, respectivamente). La incidencia de celos y fertilidad fueron superiores al utilizar FGA en las ovejas de mayor peso, mientras que en las ovejas de talla pequeña, la incidencia de celos no fue afectada por el tipo de progestágeno; pero la fertilidad fue menor cuando se utilizó MAP (Cuadro 1). Los autores sugieren la necesidad de realizar estudios encaminados a replantear las dosis de progestágenos en razas de ovejas con peso corporal contrastante.

2.3.1.1.2. Dosis de progestágenos

Las dosis de progestágenos disponibles en esponjas comerciales son de 30 a 40 mg de FGA y de 60 mg de MAP. La mayor dosis de MAP es debida a que este progestágeno presenta la mitad de la actividad biológica de FGA (Robinson, 1965). Sin embargo, algunos estudios indican que la dosis de MAP utilizada comercialmente es excesiva y puede tener un impacto negativo en la fertilidad, o simplemente, no representa una ventaja comparativa con el uso de

dosis inferiores. Greyling *et al.* (1997) sincronizaron un grupo de ovejas Merino utilizando esponjas comerciales completas (60 mg de MAP) o partidas a la mitad (aproximadamente 30 mg de MAP) y 300 U.I. de PMSG por animal. La fertilidad fue superior en ovejas sincronizadas con esponjas divididas (70.5 %) que en las que se sincronizó con esponjas completas (54.8 %). El intervalo de tiempo de la remoción de la esponja al estro, la incidencia de celos y la magnitud y posición del pico de LH con respecto al estro fueron similares para las dosis de MAP utilizadas. Marines *et al.* (1988) reportaron mayor incidencia de celos a favor de la administración de 60 mg de MAP que de 50 mg; sin embargo, la fertilidad fue superior cuando se administró la dosis alta del progestágeno. En un estudio más reciente (Simonetti *et al.*, 2000), donde se administraron 40, 50 ó 60 mg de MAP en esponjas y se omitió la administración de PMSG, se observó 79.27, 77.42 y 80.87 % de ovejas en celo y 43.75, 52.94 y 45.45 % de partos, respectivamente. Los mismos autores encontraron que la cantidad absorbida de progestágeno al final del tratamiento, es independiente del contenido inicial de la hormona en la esponja, lo que concuerda con lo reportado previamente por Greyling *et al.* (1994). En contraste, Allison y Robinson (1970) demostraron que conforme se incrementa la cantidad del progestágeno FGA en la esponja, se incrementa la cantidad absorbida del progestágeno.

Al igual que en la estación de actividad reproductiva, estudios realizados en la época de anestro han demostrado la factibilidad de reducir la dosis de MAP usada convencionalmente, sin deprimir el comportamiento reproductivo de las

ovejas inducidas al estro (Greyling *et al.*, 1994) o, con un efecto positivo en la fertilidad (Lima *et al.*, 1991).

En general, los estudios mencionados demuestran la factibilidad de reducir las dosis de MAP utilizada convencionalmente para sincronizar celos; sin embargo, al utilizar dosis bajas de MAP es necesario considerar que la cantidad real del progestágeno impregnada en la esponja es inferior a la que se asume que contiene (Greyling *et al.*, 1997; Simonetti *et al.*, 2000).

2.3.1.2. Combinación de progestágenos y PMSG

La gonadotropina sérica de yegua gestante (PMSG) o gonadotropina coriónica equina (eCG) es una glicoproteína secretada por las copas endometriales del útero equino (Allen *et al.*, 1973). Su función en ovinos es parecida a la de la hormona folículo estimulante y a la hormona luteinizante (Manning *et al.*, 1987).

La sincronización de celos con progestágenos generalmente va acompañada de una inyección intramuscular o subcutánea de PMSG (Rangel *et al.*, 1997), comúnmente al momento de la remoción del tratamiento progestacional, aunque se ha demostrado una mayor eficiencia cuando la administración de la hormona se realiza dos días antes de la remoción de la esponja (Roche, 1968). De cualquier manera, la administración de PMSG permite incrementar la eficiencia en un programa de sincronización de celos. Algunas de las ventajas de la administración de PMSG son las siguientes: reduce el intervalo entre la remoción de las esponjas y el inicio del celo (Rangel *et al.*, 1997), incrementa el

número de animales en celo (Husein *et al.*, 1998), el grado de sincronización de celos (Rangel *et al.*, 1997), incrementa la fertilidad (Zaiem *et al.*, 1996; Hill *et al.*, 1998), la tasa ovulatoria (Echegaray *et al.*, 1997; Husein *et al.*, 1998) y la prolificidad (Zaiem *et al.*, 1996)..

La dosis de PMSG generalmente recomendada es de 250 a 750 U.I. (Rangel *et al.*, 1997); sin embargo, la respuesta a las diferentes dosis de dicha hormona está condicionada por algunos factores como son: edad (Ainsworth y Shresta, 1985) y raza de la oveja (Quirke *et al.*, 1987), y la época del año (Crosby *et al.*, 1991).

La administración de dosis superiores a 750 U.I. es indeseable, debido a que induce una sobrestimulación de los ovarios, la cual se manifiesta en una reducción en la fertilidad y el tamaño de camada. La depresión en fertilidad y prolificidad cuando se utilizan dosis superiores a 750 U.I. es más marcada en ovejas de razas prolíficas (Quirke *et al.*, 1987), probablemente debido a que se incrementa la incidencia de folículos anovulatorios por la excesiva estimulación del ovario (Samartzy *et al.*, 1995). Ainsworth y Shresta (1985), mencionan que el tamaño de camada se incrementa con ovulaciones por debajo de 5, pero con 6 o más ovulaciones disminuye el tamaño de camada esperado debido a una mayor incidencia de pérdidas embrionarias y fetales.

2.3.2. Efectos negativos de la administración de progestágenos

El continuo perfeccionamiento de las estrategias de sincronización de calores en ovinos, ha permitido generar avances importantes en el control del estro y la ovulación. Sin embargo, dentro de los programas de sincronización, existe una cierta proporción de animales que no responden apropiadamente a los tratamientos debido a la incapacidad para imitar al máximo los eventos fisiológicos que se presentan durante un ciclo estral natural. Lo anterior provoca alteraciones en la dinámica folicular, transporte y sobrevivencia espermática y desarrollo embrionario.

2.3.2.1. Alteración de la dinámica folicular y fertilidad

El efecto de la administración de progesterona o progestágenos, en la dinámica folicular de ovinos ha sido tema de estudios recientes. Con el uso de ultrasonografía o laparoscopia, se ha demostrado que la administración de estas drogas, incrementa el número de ondas foliculares cuando se administran en la fase media o tardía del ciclo estral (Flynn *et al.*, 1999), se incrementa el período de tiempo entre dos ovulaciones (Leyva *et al.*, 1998). Además, se reduce el número de folículos de todos los tamaños (Noel *et al.*, 1994), así como el tamaño de los folículos grandes cuando el tratamiento se inicia en la fase temprana o media del ciclo (Leyva *et al.*, 1998). Lo anterior puede ser debido al efecto de retroalimentación negativa ejercido por el progestágeno y/o la progesterona sobre el hipotálamo y la hipófisis, lo que inhibe la liberación de las gonadotropinas (FSH y LH) implicadas en el crecimiento folicular como ha sido demostrado previamente (Ginther *et al.*, 1960). Por otro lado, cuando los

progestágenos son administrados en etapas tempranas del ciclo estral, se afecta negativamente el desarrollo del CL y su capacidad de secreción de progesterona (Ginther, 1968; Ainsworth, 1985).

Es claro que la administración de progesterona o progestágenos modifica algunos eventos de la dinámica folicular en ovinos. Sin embargo, la principal alteración que probablemente tenga un efecto negativo en la fertilidad de ovejas con celo sincronizado, es el mantenimiento de un folículo persistente con desarrollo prolongado, que da origen a un ovocito con maduración prematura y baja capacidad de sobrevivencia. En bovinos, está ampliamente documentado que cuando el tratamiento de sincronización mediante el uso de progesterona a través de dispositivos intravaginales, se inicia en ausencia de un CL y se continua por un periodo largo de tiempo; la capacidad de liberación de progesterona por parte del dispositivo se reduce al final del tratamiento (Sirois y Fortune, 1990). Los bajos niveles de progesterona plasmática al final del tratamiento, ocasionan un incremento en la frecuencia de los pulsos de LH (Stock y Fortune, 1993), lo que propicia el desarrollo prolongado de un folículo ovulatorio (Mihm *et al.*, 1994; Sirois y Fortune, 1990). Al momento de la ovulación, el folículo persistente da origen a un ovocito con maduración prematura y con baja capacidad de sobrevivencia (Revah y Butler, 1996), lo que ocasiona una disminución en la fertilidad de las hembras sincronizadas (Mihm *et al.*, 1994).

En ovinos, existen pocas evidencias de la disminución en la fertilidad en los programas de sincronización de celos por el desarrollo de folículos persistentes. Se ha observado que cuando se mantienen niveles de progesterona inferiores a los que se presentan cuando existe un CL funcional, se propicia el crecimiento y dominancia prolongada de un folículo ovulatorio (Viñoles *et al.*, 1999). Dichos niveles subluteales de progesterona se pueden presentar al final del tratamiento progestacional en ovejas en las cuales el CL regresionó en fases tempranas del tratamiento o antes del inicio del mismo. La hipótesis anterior se fundamenta en que, de acuerdo con diversos estudios, la tasa de absorción de la progesterona (Hamra *et al.*, 1986) o progestágeno (Greyling *et al.*, 1994) a partir de los dispositivos intravaginales es máxima en las primeras horas después del inicio del tratamiento, para luego disminuir paulatinamente hasta el final del mismo; debido a una disminución en la capacidad de liberación de la droga por parte del dispositivo (Hamra *et al.*, 1986) y/o a una disminución en la sensibilidad del epitelio vaginal al progestágeno (Greyling *et al.*, 1994). De cualquier manera, la disminución en la absorción de la progesterona o el progestágeno al final del tratamiento, ocasiona un incremento en la frecuencia de pulsos de LH en ovejas sin CL, por lo que se prolonga el crecimiento de un folículo ovulatorio (Leyva *et al.*, 1998; Flynn *et al.*, 2000), que probablemente dará origen a un ovocito envejecido con poca capacidad de sobrevivencia como se ha demostrado en bovinos (Revah y Butler, 1996).

En un estudio realizado por Jhonson *et al.* (1996), donde se administraron 5 mg de progesterona cada 12 horas durante los días 5-12 del ciclo estral y una

inyección de 5mg de prostaglandinas el día 6 del ciclo, se observaron niveles subluteales de progesterona (0.6 ng ml^{-1}) en plasma y un incremento en tamaño y vida media de los folículos ovulatorios; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en tasa ovulatoria, fertilidad y prolificidad entre las ovejas tratadas y aquellas con fase lútea normal, por lo que se concluye que la habilidad de sobrevivencia de ovocitos jóvenes y viejos es similar. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones encaminadas a elucidar posibles diferencias en fertilidad de ovocitos provenientes de folículos persistentes y normales.

2.3.2.2. Alteración de la dinámica folicular y prolificidad

Los resultados de estudios recientes (Leyva *et al.*, 1998; Viñoles *et al.*, 1999; Flynn *et al.*, 2000), demuestran el desarrollo prolongado de folículos ovulatorios en ovejas con niveles subluteales de progesterona y, se argumenta una probable disminución en la fertilidad por la maduración prematura de ovocitos provenientes de folículos persistentes, es factible pensar también en una reducción en la prolificidad, tanto por la disminución en la habilidad de sobrevivencia de ovocitos envejecidos, como por la dominancia de un folículo persistente que impida el crecimiento de folículos subordinados, lo que afectaría negativamente la tasa ovulatoria. Desafortunadamente, en el conocimiento del autor, solo existe un estudio publicado en el cual se ha cuantificado la prolificidad de ovejas con un folículo persistente (Jhonson *et al.*, 1996). En dicho estudio, no se observaron diferencias en tasa ovulatoria y tamaño de camada entre ovejas con folículos normales o con folículos persistentes. Lo anterior

puede ser debido a que los ovocitos provenientes de folículos persistentes y de folículos normales, presentan la misma habilidad de sobrevivencia (Johnson *et al.*, 1996) y a la ausencia de dominancia folicular en ovinos propuesta previamente (Driancourt *et al.*, 1991; Castongay *et al.*, 1990) o una dominancia folicular débil que se presenta uno o dos días antes de la ovulación (Ravindra y Rawlings, 1997). Al respecto, en un estudio realizado por Leyva *et al.* (1998) donde se administraron 60 mg de MAP en esponjas intravaginales por 12 días, iniciando el tratamiento en los días 0, 6 y 12 del ciclo estral, se observaron 2 folículos ovulatorios en promedio por oveja. Sin embargo, en el 0, 25 y 60 % de las ovejas tratadas en los días 0, 6 y 12 del ciclo estral, respectivamente; el segundo folículo ovulatorio se observó al momento de la remoción de la esponja, lo que elimina en cierta forma la posibilidad de la supresión de los folículos subordinados por parte del folículo ovulatorio.

Por otro lado, es necesario considerar que, generalmente, los protocolos de sincronización en ovinos incluyen la administración de progesterona o progestágenos por 12 a 14 días y una inyección intramuscular de PMSG 2 días antes o al momento de la remoción de la esponja (Avila, 1999). Se ha demostrado, que la administración de PMSG en ovejas tratadas previamente con un progestágeno (FGA), estimula el crecimiento e incrementa el número de folículos pequeños y reduce la tasa de atresia de los mismos (Noel *et al.*, 1994), lo que fundamenta el incremento en la tasa ovulatoria (Boland *et al.*, 1978; Echegaray *et al.*, 1997) y prolificidad (Zaiem *et al.*, 1996) observadas en estudios realizados previamente.

Si la dominancia folicular en ovinos se presenta en forma débil y solamente durante 1 ó 2 días antes de la ovulación como se ha propuesto (Ravindra y Rawllings, 1997), la acción de PMSG sobre los folículos subordinados en ovejas con un folículo persistente se inicia antes del comienzo de la dominancia folicular, lo que explica el incremento en la prolificidad observado previamente (Roche, 1968) cuando la PMSG se administra dos días antes de la remoción de la esponja. En este sentido, es probable que exista un efecto aditivo del folículo persistente y los folículos estimulados por la PMSG sobre la prolificidad; siempre y cuando, no exista baja capacidad de sobrevivencia de ovocitos provenientes de folículos persistentes. El razonamiento anterior es congruente con resultados obtenidos en nuestro laboratorio (Rangel, 2001), los cuales evidencian una mayor prolificidad, considerando el número de fetos al diagnóstico de gestación, en ovejas en las cuales el tratamiento se inició en los días 8 y 12 de ciclo estral, que en aquellas en las cuales se inició en el día 4.

En general, existen pocas evidencias de la disminución en la fertilidad y prolificidad en ovejas con folículos persistentes ocasionados por la presencia de bajos niveles de progestágeno y/o progesterona al final del tratamiento progestacional, cuando el tratamiento se inicia en la fase media o tardía del ciclo. Sin embargo, es probable que el inicio del tratamiento en los días cercanos a la ovulación sea crítico para obtener resultados eficientes en un programa de sincronización de calores.

2.3.2.3. Alteración de la sobrevivencia y transporte espermático

La utilización de progesterona o progestágenos para el control del estro y la ovulación en ovinos, generalmente es asociada con una disminución en la fertilidad de las ovejas tratadas (Allison y Robinson, 1970; Robinson *et al.*, 1970). La disminución en la fertilidad fue ocasionada, entre otros factores, por la alteración en el número y distribución de los espermatozoides en el tracto reproductor femenino y a la viabilidad, y la normalidad de dichos espermatozoides. Quilivan y Robinson (1969) reportaron una menor cantidad de espermatozoides en el oviducto de ovejas sincronizadas con FGA que en ovejas con ciclo estral normal. Hawk *et al.* (1981 a) observaron un efecto negativo de la administración de MAP a través de esponjas intravaginales en el número y en la motilidad, la normalidad y la viabilidad de espermatozoides encontrados en el útero y cervix a las dos y cuatro horas después de la inseminación cervical. La disminución en el número de espermatozoides en el tracto reproductor y la alteración en las características de los mismos en ovejas con celo sincronizado, son debidas a la alteración de los patrones de secreción de estradiol y LH (Smith y Robinson, 1970; Hawk *et al.*, 1981 b) ocasionadas por la rápida disminución de la concentración plasmática de progesterona después de la remoción del dispositivo intravaginal (Pearce y Robinson, 1985) o el implante (Haresing, 1985) impregnados con progesterona o progestágenos y, probablemente, incremento en la secreción del moco cervical y presencia de microorganismos en el mismo (Quinlivan y Robinson, 1969). Sin embargo, se ha demostrado que el factor determinante es la rápida disminución en la concentración de progesterona plasmática. Hawk *et al.* (1981 b) removieron el

CL en grupos de ovejas diferentes en los días 3, 10 ó 15 del ciclo estral y mantuvieron un grupo con ovarios intactos. La remoción del CL ocasionó una rápida disminución de los niveles de progesterona plasmática, incrementó la inmovilización y mortalidad espermática e incrementó la incidencia de fallas en el transporte espermático, particularmente en ovejas en las cuales el CL se removió el día 10 del ciclo. Los autores sugieren que la alta mortalidad espermática en ovejas en las cuales se eliminó el CL puede ser debido a la presencia de condiciones espermaticidas o a la ausencia de factores protectivos por efecto de los desbalances hormonales.

En general, la rápida disminución en la concentración de progesterona plasmática y la alteración en los patrones de secreción de estradiol y LH ocasionan una disminución en el número de espermatozoides a nivel de útero y oviducto por el incremento en la tasa de inmovilización y mortalidad de los mismos a nivel de cervix y vagina (Hawk *et al.*, 1981 b; Pearce y Robinson, 1985), lo que reduce la fertilidad en ovejas con celo sincronizado. Sin embargo, dicho fenómeno se presenta cuando el servicio se realiza mediante monta natural o inseminación cervical, ya que, la barrera que representa el cervix para el transporte espermático, se elimina parcialmente con la inseminación transcervical y totalmente con inseminación intrauterina vía laparoscópica.

2.4. Factores que afectan la fertilidad en un celo sincronizado

2.4.1. Técnica de inseminación

Las técnicas de inseminación artificial (IA) son: vaginal, cervical, transcervical (intrauterina no quirúrgica) e intrauterina por laparoscopia. Dichas técnicas fueron descritas ampliamente por Eppleston y Maxwell (1993) y Rangel (2000). Los niveles de fertilidad generados por las diferentes técnicas de inseminación, son determinados fundamentalmente por el sitio de depósito del semen en el aparato reproductor de la hembra (Eppleston y Maxwell, 1993). Estudios realizados en Australia (Eppleston *et al.*, 1994), la India (Nakvi *et al.*, 1998) y Canadá (Halbert *et al.*, 1990), han demostrado que conforme se incrementa la profundidad de depósito del semen en el tracto de la hembra, se incrementa la fertilidad. Eppleston *et al.* (1994) después de inseminar con semen congelado, observaron que por cada centímetro que se incrementa la profundidad de depósito del semen, cuando se realiza inseminación cervical, la fertilidad se incrementa en un 6.7 a 12 %. La mayor fertilidad se observó cuando semen se depositó directamente en los cuernos uterinos mediante el uso de laparoscopia. La inseminación cervical genera resultados de fertilidad aceptables cuando se utiliza semen fresco. Sin embargo, cuando se emplea semen congelado, los niveles de fertilidad son generalmente bajos e inconsistentes (Cuadro 2), debido a la baja capacidad de los espermatozoides para transportarse a través del cervix, después de ser sometidos a un proceso de congelación-descongelación (Salamon y Maxwell, 1995).

Cuadro 2. Fertilidad de ovejas inseminadas con diferentes tipos de semen y técnicas de IA.

Técnica de inseminación	Tipo de semen	Fertilidad (%)	Autor
Cervical	Congelado	43.0	Gutiérrez <i>et al.</i> (1990)
Cervical	Congelado	09.7	Gutiérrez <i>et al.</i> (1990)
Cervical	Congelado	30.1	Maxwell y Hewitt (1986)
Cervical	Refrigerado	56.0	Romano <i>et al.</i> (1996)
Transcervical	Congelado	22.7	Nakvi <i>et al.</i> (1998)
Transcervical	Congelado	50.7	Buckrell <i>et al.</i> (1994)
Transcervical	Congelado	19.0	Windsor <i>et al.</i> (1994)
Transcervical	Congelado	26.0	Windsor <i>et al.</i> (1994)
Transcervical	Fresco	60.3	Núñez <i>et al.</i> (2000)
Intrauterina	Congelado	60.2	Maxwell y Hewitt (1986)
Intrauterina	Congelado	77.0	Rangel <i>et al.</i> (2001)
Intrauterina	Congelado	72.8	Hill <i>et al.</i> (1998)
Intrauterina	Congelado	65.6	Rangel <i>et al.</i> (2000 b)
Intrauterina	Refrigerado	58.3	Cisneros (2000)
Intrauterina	Refrigerado	63.0	Smith <i>et al.</i> (1995)
Intrauterina	Fresco	83.7	Rangel <i>et al.</i> (2001)
Intrauterina	Fresco	90.0	Gutiérrez (1998)
Intrauterina	Fresco	76.9	Rangel <i>et al.</i> (2000 a)

Alternativamente, es factible mejorar los niveles de fertilidad del semen congelado al salvar la barrera que representa el cervix para el transporte espermático, mediante el uso de la IA transcervical. Desafortunadamente, con esta técnica solo es posible depositar el semen directamente en el útero en una proporción de animales (87.8 %, Buckrell *et al.* 1994; 44.7 %, Nakvi *et al.* 1998; %, 71.15 %, Núñez *et al.*, 2000). En general, la inseminación intrauterina ha demostrado ser más eficiente que el resto de las técnicas, independientemente del tipo de semen (Cuadro 2), además de que permite hacer uso intensivo de sementales con alto valor genético, debido a que las dosis de semen requeridas son inferiores a aquellas que se necesitan en las otras técnicas de IA.

2.4.2. Momento de inseminación

La IA se puede realizar a tiempo fijo o a celo detectado. Cuando se realiza a tiempo fijo, el momento óptimo para llevarla a cabo se sitúa entre las 54 y 60 horas después de la remoción de la esponja (Findlater *et al.*, 1991; Eppleston y Maxwell, 1995), aunque se pueden obtener niveles de fertilidad aceptables cuando la inseminación se realiza a las 72 horas (Maxwell, 1986). Existen evidencias de que cuando el momento de inseminación es inferior a las 54 horas se afecta la fertilidad. Romano *et al.* (1998) después de sincronizar celos con esponjas impregnadas con FGA o MAP y 300 U.I. de PMSG al momento de la remoción de la esponja, encontraron mayor fertilidad al inseminar a la hora 60 (61.8 %) que a las 48 horas (50.9 %) después de la remoción de la esponja. En otro estudio (Maxwell *et al.*, 1986) inseminaron a las 48, 60, 72 y 78 horas y observaron 45.5, 55.1, 57.4 y 39.3 % de fertilidad, respectivamente.

La IA a tiempo fijo tiene algunas limitantes debido a que existen variaciones en el momento de ovulación después de la remoción de la esponja, causados por factores individuales de la oveja, la técnica de sincronización de celos (Smith *et al.*, 1989), la raza de la oveja y la época del año en la cual se realiza el tratamiento (Walker *et al.*, 1989), así como la dosis de PMSG administrada (Cardwell *et al.*, 1998). Dichas limitantes pueden ser superadas con la inseminación a celo detectado, ya que el conocer el momento de inicio del celo, permite en cierta medida dar servicio a las hembras en un momento más apropiado con respecto a la ovulación.

2.4.3. Tipo de semen

La inseminación artificial puede realizarse utilizando semen fresco, refrigerado o congelado. Las ventajas y desventajas, así como las particularidades de cada tipo de semen se discuten ampliamente por Amaya (1999) y Cisneros (2000). En el cuadro 2 se presentan resultados de diferentes estudios donde se inseminó con semen fresco, refrigerado o congelado, utilizando diferentes técnicas de inseminación. Cuando la inseminación se realiza intrauterinamente, los niveles de fertilidad son aceptables, aunque se observa una consistente superioridad a favor de la utilización de semen fresco (76.9 – 90.0 %), con respecto al uso de semen refrigerado (58.33 - 65.62 %) y congelado (60.2 – 77.0 %). Sin embargo, cuando se utiliza inseminación transcervical, la fertilidad es baja y variable (19.0 – 50.0 %), mientras que el semen fresco sigue manteniendo niveles de fertilidad aceptables (60 %). La utilización de semen congelado, cuando se realiza inseminación cervical, genera los resultados más bajos de fertilidad (9.7 – 43 %), pero el semen refrigerado y fresco mantiene una fertilidad aceptable (56.0 y 50-80 %, respectivamente).

La utilización de semen fresco permite obtener una mayor fertilidad, independientemente de la técnica de inseminación, aunque presenta la desventaja de la capacidad de transportarlo a grandes distancias, por lo que el impacto genético de un semental es regionalizado.

2.4.4. Número de espermatozoides por dosis

La mínima dosis de espermatozoides necesaria para alcanzar resultados aceptables de fertilidad, depende en gran medida de la técnica de IA implementada. Cuando se realiza IA intrauterina, la dosis mínima establecida es de 20×10^6 de espermatozoides (Evans y Maxwell, 1990). Maxwell (1986) inseminó intrauterinamente administrando 0.5, 5, 10, 20, 25 y 50×10^6 de espermatozoides y observó que conforme se incrementa la dosis de 5 a 20×10^6 , la fertilidad se incrementa linealmente. La mayor fertilidad (50 %) se obtuvo cuando la dosis fue mayor a 20×10^6 , sin observarse diferencias significativas entre 20, 25 y 50×10^6 de espermatozoides. Resultados similares fueron reportados por Eppleston *et al.* (1994). Cuando la IA se realiza transcervicalmente, la mínima dosis necesaria es mayor a la requerida para IA intrauterina. Eppleston (1992; citado por Eppleston y Maxwell, 1993), inseminó transcervicalmente con 1, 4, 16 y 64×10^6 espermatozoides colocados en el cuerpo o cuernos uterinos. La administración de 64×10^6 espermatozoides generó los resultados más altos de fertilidad (70-75 %) sin embargo, es necesario tomar en cuenta que con la IA transcervical sólo es factible pasar completamente el cervix en una cierta proporción de animales, por lo que es probable que la dosis mínima necesaria sea mayor. En este sentido, Buckrell *et al.* (1994) inseminaron transcervicalmente administrando 300×10^6 de espermatozoides y obtuvieron una fertilidad del 52 %; mientras que, Windsor *et al.* (1994) solo obtuvieron 29 % de partos cuando utilizó dosis de 80×10^6 espermatozoides. La dosis de semen necesaria cuando se utiliza IA cervical es considerablemente superior a la requerida en las técnicas referidas. Evans y

Maxwell (1990) mencionan que la dosis mínima necesaria es de 100×10^6 cuando se utiliza semen fresco y ésta debe de incrementarse a 180×10^6 cuando se utiliza semen congelado.

2.4.5. Método de congelación del semen

La congelación de semen se realiza en pellets o en pajillas. La fertilidad del semen congelado por ambos métodos, de acuerdo a algunos autores (Hill *et al.*, 1998; Rangel *et al.*, 2000 b), es similar. Por el contrario, Maxwell *et al.* (1980) reportan mayor fertilidad al envasar el semen en pellets (52 %) que en pajillas (29.0 %). Más recientemente, Landers *et al.* (1992) mencionan que la motilidad y sobrevivencia espermática es inferior en un 10 % cuando el semen se congela en pajillas. Independientemente de la fertilidad del semen conservado por ambos métodos, la congelación en pellets presenta algunas limitantes de carácter práctico, debido a que es necesario manipular el semen a nivel de campo al momento de la inseminación, además de una mayor dificultad para identificar las dosis de semen, que cuando se utilizan pajillas (Rangel *et al.*, 2000 b).

2.4.6. Tiempo de almacenamiento del semen

Existen pocas evidencias del efecto del tiempo de almacenamiento del semen sobre la fertilidad. Grobbelaar y Joubert (1986) reportan una disminución de la tasa de concepción de 25 a 28 % cuando el semen fue almacenado por 15 a 20 meses; sin embargo, es necesario realizar más investigaciones al respecto.

2.4.7. Efecto del semental

La fertilidad efectiva de un rebaño está determinada por tres componentes principales: la fertilidad de la hembra, la fertilidad del semen o el semental utilizado y el desarrollo embrionario. Existen diferencias en fertilidad entre sementales cuando se realiza inseminación artificial. Este aspecto es de gran importancia debido a que cuando se utilizan machos con baja fertilidad, se puede comprometer el éxito del programa de inseminación y la eficiencia reproductiva del rebaño inseminado. En el cuadro 3 se presentan resultados de algunas investigaciones donde se demuestran diferencias en la fertilidad de sementales, independientemente del método de inseminación y tipo de semen utilizados.

Cuadro 3. Diferencias en fertilidad (%) entre machos utilizados en programas de inseminación artificial.

Animales utilizados		Técnica de inseminación	Tipo de Semen	Diferencias en fertilidad*	Autor
Hembras	Machos				
5000	110	Laparoscopia	Congelado	68.8	Eppeleston y Maxwell (1995)
28447	468	Laparoscopia	Congelado	88.0	Hill <i>et al.</i> (1998)
344	3	Laparoscopia	Congelado	28.5	Maxwell (1986 b)
39	2	Laparoscopia	Fresco	19.0	Rangel <i>et al.</i> (2000 a)
42	2	Cervical	Congelado	33.3	Gutiérrez <i>et al.</i> (1990)
814	16	Cervical	Fresco	31.0	Cameron <i>et al.</i> (1986)

*Considerando la diferencia entre el macho con mayor y menor fertilidad.

La mayor variación en fertilidad entre machos, observada en los estudios de Eppeleston y Maxwell (1995) y Hill *et al.* (1998), puede ser debida a que en dichas investigaciones se utilizó una mayor cantidad de sementales.

Existen diferentes factores que ocasionan variabilidad en la fertilidad entre machos. Fukuy *et al.* (1988) después de realizar estudios de fertilización *in vitro*, reportaron variaciones en la capacidad de espermatozoides de diferentes sementales para fertilizar ovocitos y en el desarrollo embrionario potencial. Los mismos autores, encontraron una correlación positiva entre los dos parámetros mencionados. Eppleston y Maxwell (1995) sugieren que las diferencias en la aptitud de fertilización entre sementales, es debida a una variación en la capacidad de transporte espermático a través del tracto reproductor femenino, lo que repercute en una mayor cantidad de espermatozoides de los sementales con mayor fertilidad en el sitio de fertilización.

2.4.8. Época del año

La especie ovina es poliéstrica estacional, por lo que la mayor variación en fertilidad asociada a la época del año cuando se utilizan progestágenos y PMSG se observa entre la estación de actividad reproductiva (sincronización de celos) y la época de anestro, donde se realiza la inducción de celos (Langford *et al.*, 1983; Crosby *et al.*, 1991). Las diferencias en fertilidad se pueden observar también durante la misma estación. Tritschler *et al.* (1991), indujeron un celo sincronizado durante los meses de febrero, abril, mayo, junio, julio y agosto, y observaron diferencias en fertilidad entre meses. La mínima fertilidad se observó durante el mes de abril (27 %) y la máxima durante los meses de julio (85 %) y agosto (89 %). Otros investigadores (Albuena y Perón, 1996) realizaron inseminaciones en ovejas Pelibuey con celo natural durante los

meses de febrero-marzo, junio-julio y octubre-noviembre; obteniendo una fertilidad de 41.9, 53.4 y 69.1 % para cada período, respectivamente.

2.4.9. Edad de la oveja

La edad de la oveja tiene un efecto curvilíneo en la fertilidad. Bajo condiciones tradicionales de empadre, Dickerson y Glimp (1975) observaron niveles de fertilidad de 45 a 75 % en ovejas de diferentes razas en su primer empadre (1 año de edad), 85 a 95 % durante los 4 a los 6 años de edad y 60 a 80 % en ovejas de 9 años. Cuando se realiza sincronización de celos e IA, es probable que ocurra un fenómeno similar, aunque la variación en fertilidad entre diferentes edades puede ser menor. Moses *et al.* (1997), compararon la fertilidad de ovejas de 3 a 7 años de edad y ovejas primaras (1 año), después de un celo sincronizado e inseminadas artificialmente. La fertilidad fue superior en ovejas adultas (62.9 %) que en ovejas jóvenes (54.5 %), lo que concuerda con lo reportado previamente por Ainsworth y Shresta (1985). Por el contrario, los resultados de algunos estudios (Ainsworth y Wolinetz, 1982; Uribe, 1998; Flores *et al.*, 1991) sugieren que cuando se utiliza sincronización de calores, la edad de la oveja no es un factor limitante para alcanzar altos niveles de fertilidad. Sin embargo, la prolificidad sigue siendo afectada por la edad de la oveja. La menor prolificidad en ovejas jóvenes puede ser debido a la menor capacidad de desarrollo de los embriones producidos por las mismas (Rangel, 1991).

La menor fertilidad observada por algunos investigadores en ovejas jóvenes, puede ser debido a que las estrategias de sincronización de calores y el momento de inseminación implementados para ambos grupos de ovejas son similares, sin tomar en cuenta que en ovejas jóvenes, el momento de inicio del celo con respecto a la remoción de la esponja (Moses *et al.*, 1997) y la duración del celo (Edey *et al.*, 1978) son más cortos, además de que existe una alta proporción de ovejas jóvenes con ovulaciones silenciosas (Edey *et al.*, 1977; Moses *et al.*, 1997).

2.4.10. Condición corporal y nivel de alimentación

Los mecanismos mediante los cuales los niveles nutricionales influyen sobre la fertilidad y prolificidad en ovinos no son totalmente claros. La condición corporal al parecer no tiene un efecto determinante sobre la fertilidad, pero si se manifiesta en el tamaño de camada (Rhind *et al.*, 1984). En un estudio realizado por Abueva y Perón (1996), donde se mantuvieron valores de condición corporal de <2, 2.5, 3 y >3.5 en ovejas inseminadas con celo natural, se observaron valores de fertilidad de 63.2, 55.2, 54.9 y 46.4 %, respectivamente. Las diferencias fueron significativas sólo entre el mayor y menor marcador de condición corporal, pero no se observaron tendencias que permitan relacionar este parámetro con la fertilidad. De igual manera, Sánchez *et al* (2001) inseminaron ovejas Pelibuey con celo sincronizado y con diferente condición corporal. La fertilidad fue de 60, 63.02 y 67.86 % para ovejas con condición corporal alta (≥ 3.5), media (2.5-3) y baja (≤ 2), respectivamente. Por otro lado,

se ha observado que el incremento en el nivel nutricional por un período corto previo al empadre tiene un efecto positivo en la fertilidad. No obstante, existen resultados variables al utilizar esta práctica y son ocasionados por algunos factores como la raza de las ovejas y la condición corporal de las mismas antes del inicio de la sobrealimentación (Gunn *et al.*, 1991) y el tiempo de duración del tratamiento (Gordon, 1997).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en el Rancho "El Milagro", municipio de Tecomán, Colima, el cual se localiza a los 18° 54' de Latitud Norte y 103° 52' de Longitud Oeste y a una altura de 40 m.s.n.m. El clima es seco estepario, con lluvias en verano, el más seco de los esteparios, con temperatura del mes más frío mayor a 18 °C, oscilación térmica menor a 5 °C. La precipitación media anual es de 800 mm. La fórmula climática correspondiente es BS (h') w (w)_i, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988).

Animales y manejo

Se utilizaron 286 ovejas multíparas con un peso corporal promedio de 32 ± 4.5 kg. Durante el período experimental, las ovejas se mantuvieron en pastoreo diurno en praderas de zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) y encierro nocturno, donde se les proporcionó un suplemento con 300 g de alimento comercial con 12 % de proteína cruda, y pulpa de cítrico a libre acceso. Adicionalmente, se utilizaron 4 machos Pelibuey para detección de calores y un macho Dorper como donador de semen.

Tratamientos

En un primer experimento se utilizaron 84 ovejas, a las cuales se les colocó en la vagina esponjas de poliuretano impregnadas con 40 (n=15) 50 (n=34) ó 60 (n=35) mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP; Farlutal, Upjhon). Las

esponjas permanecieron en la vagina por 12 días y 2 días antes de su retiro se administraron 500 U.I. de gonadotropina sérica de yegua gestante (PMSG; Folligon, Intervet) por oveja. La detección de celos se realizó 24 horas después de la remoción de la esponja y posteriormente cada seis horas, mediante la utilización de machos enteros equipados con un mandil. A las ovejas que se detectaron en celo se les retiró el agua y el alimento y 12 horas más tarde se inseminaron intrauterinamente utilizando un laparoscopio. El semen se recolectó de un macho Dorper de fertilidad probada, utilizando el método de vagina natural descrito por Rangel (2000). Los eyaculados con motilidad mayor a 85 % fueron mezclados con un diluyente a base de Triladyl, yema de huevo y agua destilada. El semen diluido se colocó en baño maría a 33° C y al momento de la inseminación se envasó en pajillas de 0.25 mL con una dosis de 100×10^6 de espermatozoides.

En un segundo experimento se utilizaron 199 ovejas, las cuales se sincronizaron con esponjas elaboradas en nuestro laboratorio, impregnadas con 50 mg de MAP (n=99); o esponjas comerciales impregnadas con 40 mg (n=100) de acetato de fluorogestona (FGA; Chrono-gest, Intervet). Los procedimientos para la detección de celos, extracción y dilución de semen e inseminación fueron similares a los del experimento I.

Elaboración de esponjas

Se utilizó un bloque de esponja de tapicería del número 40, densidad de 24 g cm^{-2} y 3 cm de espesor. El bloque fue cortado en pequeñas esponjas circulares

mediante la utilización de un sacabocados de 3.5 cm de diámetro y posteriormente, se le colocó un hilo de nylon del número 3 mediante una aguja lanera. El amarre fue similar al que se utiliza en esponjas comerciales. Una vez terminado el amarre, la esponja se colgó de un listón de madera con la ayuda del hilo para posteriormente aplicarle la hormona. El producto hormonal utilizado (Farlutal, Upjhon) se diluyó en alcohol etílico y se homogenizó utilizando un agitador magnético (Thermolyne 1000, UL) con temperatura controlada a 50 °C. La tasa de dilución fue de 10, 12.5 y 15 mg mL⁻¹ para preparar esponjas con 40, 50 y 60 mg de MAP, respectivamente. Se aplicaron 4 mL de la solución en la esponja mediante una jeringa de 10 mL. Posteriormente, las esponjas se dejaron secar a la temperatura ambiente del laboratorio y se colocaron en una bolsa de plástico de color negro, se espolvoreó homogéneamente un antibiótico en polvo (Terramicina, Pifzer) sobre la esponja, y posteriormente se sellaron para transportarlas hasta el lugar de utilización.

Análisis estadístico

Las variables evaluadas fueron: Incidencia y distribución de celos, fertilidad y prolificidad. La información generada en el experimento sobre dosis óptima de MAP (experimento I), fue analizada mediante un modelo de regresión logística que consideró sólo el efecto de las diferentes dosis del progestágeno. La comparación entre los tipos de progestágenos utilizados (MAP vs FGA, Experimento II) fue realizada mediante pruebas de Chi-Cuadrada. Los análisis fueron realizados utilizando el paquete computacional de SAS (SAS, 1988).

4. RESULTADOS

Experimento I.

El 3.4 % de las ovejas tratadas perdieron la esponja, por lo que se eliminaron del resto de las evaluaciones. Las ovejas que perdieron la esponja fueron eliminadas del resto de las mediciones.

El resultado general de incidencia de celos fue 92.9 %. No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en este parámetro entre 40 (93.30 %), 50 (97.10 %) y 60 (88.60 %) mg de MAP, respectivamente; aunque se observa una ligera menor eficiencia al utilizar 60 mg.

La mayor concentración de celos se presentó entre las 24 y 30 horas después de la remoción de la esponja con 85.7, 97.0 y 90.3 % para 40, 50 y 60 mg, respectivamente. Las diferencias no fueron significativas ($P>0.05$). Los resultados de distribución de celos se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Efecto de la dosis de acetato de medroxiprogesterona (MAP) en la distribución de celos en ovejas Pelibuey.

Dosis de MAP (mg)	No. de ovejas en celo	Hora de celo					
		24		30		36	
		No.	%	No.	%	No.	%
40	14	11	78.60	1	7.10 ^a	2	14.30
50	33	30	90.90	2	6.10 ^a	1	3.00 ^a
60	31	25	80.60	3	9.70 ^a	3	9.70 ^a
Total	78	66	84.60	6	7.70	6	7.70

^a Literales diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P<0.05$).

La fertilidad (Cuadro 5) fue estadísticamente similar ($P>0.05$) para las diferentes dosis del progestágeno; sin embargo, se observó un incremento de 19.7 % en este parámetro por el incremento de 40 a 50 mg de MAP.

Cuadro 5. Efecto de la dosis de acetato de medroxiprogesterona (MAP) en la fertilidad de ovejas Pelibuey.

Dosis de MAP (mg)	Numero de ovejas		Fertilidad (%)
	Inseminadas	Paridas	
40	14	7	50.00 ^a
50	33	23	69.70 ^a
60	31	21	67.70 ^a
Total	78	51	65.40

^a Literales diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P<0.05$).

Los resultados de prolificidad se presentan en el Cuadro 6. Las diferencias no fueron significativas ($P>0.05$), entre las diferentes dosis del progestágeno.

Cuadro 6. Efecto de la dosis de acetato de medroxiprogesterona (MAP) en la prolificidad de ovejas Pelibuey.

Dosis de MAP (mg)	Ovejas	Corderos	Prolificidad
	paridas	nacidos	
40	7	12	1.71 ^a
50	23	39	1.70 ^a
60	21	39	1.86 ^a
Total	51	90	1.76

^a Literales diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P<0.05$).

Experimento II.

El nivel de pérdida de esponjas en ovejas tratadas con FGA (esponjas comerciales) o MAP (esponjas elaboradas) fue de 5.00 y 3.03 %, respectivamente.

La incidencia de celos se presenta en el cuadro 7. No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) asociadas al tipo de progestágeno.

Cuadro 7. Efecto del tipo de progestágeno en la incidencia de celos en ovejas Pelibuey.

Tipo de progestágeno	No. de ovejas		Incidencia de celos (%)
	Tratadas	En celo	
FGA	95	93	97.89 ^a
MAP	96	92	95.83 ^a
Total	191	185	96.86

^a Literales diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P<0.05$).

La distribución de celos se presenta en el Cuadro 8. No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre progestágenos.

Cuadro 8. Efecto del tipo de progestágeno en la distribución de celos en ovejas Pelibuey.

Tipo de Progestágeno	Ovejas en celo	Hora de celo					
		24		30		36	
		No.	%	No.	%	No.	%
FGA	93	76	88.72 ^a	9	9.67 ^a	8	8.60 ^a
MAP	92	81	88.04 ^a	8	8.69 ^a	3	3.26 ^a
Total	185	157	84.86	17	9.19	11	5.94

^a Literales diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

La fertilidad (Cuadro 9) fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en las ovejas tratadas con el progestágeno MAP (Cuadro 9).

Cuadro 9. Efecto del tipo de progestágeno en la fertilidad de ovejas Pelibuey.

Tipo de progestágeno	Número de ovejas		Fertilidad (%)
	Inseminadas	Paridas	
FGA	93	51	54.80 ^a
MAP	92	66	71.70 ^b
Total	185	117	63.20

^a Literales diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Los resultados de prolificidad se presentan en el Cuadro 10. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 10. Efecto del tipo de progestágeno en la prolificidad de ovejas Pelibuey.

Tipo de progestágeno	Ovejas paridas	Corderos nacidos	Prolificidad
FGA	51	93	1.82 ^a
MAP	66	114	1.73 ^a
Total	117	207	1.77

^a Literales diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

5. DISCUSION

Experimento I

El nivel de pérdidas de esponja (3.4 %) es aceptable y similar al reportado por otros investigadores (Amaya, 1999; Cisneros, 2000).

La eficiencia similar en incidencia de celos con diferentes dosis de MAP, ha sido reportada por otros investigadores después de trabajar con ovejas de lana tanto en la época de anestro (Greyling *et al.*, 1994), como en la estación de actividad reproductiva (Greyling *et al.*, 1997). Resultados inferiores fueron reportados por Simonetti *et al.* (2000), quienes observaron 79.27, 77.42 y 80.87 % de ovejas en celos después de ser tratadas con 40, 50 ó 60 mg de MAP, respectivamente. La superioridad de nuestros resultados es explicable, ya que, en el tratamiento de sincronización se administraron 500 U.I. de PMSG, y la administración de esta hormona en dosis apropiadas, al final del tratamiento progestacional, permite incrementar la eficiencia de la sincronización (Ávila, 1999). En otro estudio (Marines *et al.*, 1988) se observó una disminución significativa en la incidencia de celos al incrementar la dosis de MAP de 50 a 60 mg. Nuestros resultados presentaron una tendencia similar, pero la diferencia no fue significativa.

En general, el nivel de incidencia de celos en un programa de sincronización no es afectado por la dosis de MAP en los niveles estudiados en el presente trabajo. Lo anterior puede ser debido a que, independientemente de la dosis de MAP impregnada en la esponja (entre 30 y 60 mg), la cantidad de MAP

absorbida por la pared vaginal es similar (Greyling *et al.*, 1994; Simonetti *et al.*, 2000), lo que indica que la cantidad real de MAP necesaria para la sincronización es inferior a las dosis utilizadas convencionalmente.

El tiempo promedio de inicio del celo después de la remoción de la esponja no fue evaluado, debido a que la detección se inició 24 horas después de dicho evento; sin embargo, se puede observar que el 100 % de los celos se concentraron entre las 24 y 36 horas (Cuadro 4). Faure *et al.* (1983) y Greyling *et al.* (1994) reportan una ligera tendencia a incrementarse el tiempo promedio de inicio del celo después del fin del tratamiento en ovejas tratadas con 60 mg de MAP, en comparación con las tratadas con 30 ó 40 mg. El retraso en el tiempo de inicio del celo se atribuye a una mayor cantidad residual del progestágeno al momento de remover la esponja, cuando se utilizan dosis altas.

La fertilidad fue estadísticamente similar ($P>0.05$) entre las ovejas tratadas con las diferentes dosis del progestágeno. Sin embargo, se observó una disminución ligera en la fertilidad de ovejas tratadas con 40 mg. Lo anterior es explicable si se parte de que los niveles sanguíneos del progestágeno disminuyen paulatinamente desde el inicio y hasta el final del tratamiento progestacional (Allison y Robinson, 1970; Simonetti *et al.*, 2000) debido a una disminución en la sensibilidad del epitelio vaginal a la absorción del progestágeno (Greyling *et al.*, 1994). Lo anterior puede ocasionar un incremento en la frecuencia de pulsos de LH cuando el cuerpo lúteo regresa en fases tempranas del tratamiento progestacional (Flynn *et al.*, 2000), ocasionando el

mantenimiento de un folículo persistente que llegará a la ovulación (Leyva *et al.*, 1998; Viñoles *et al.*, 1999; Flynn *et al.*, 2000). La ovulación de folículos persistentes en ovejas, probablemente de origen a ovocitos de mala calidad como se ha reportado en vacas (Mihm *et al.*, 1994; Revah y Butler, 1996), lo que puede ocasionar la disminución de la fertilidad general del rebaño sincronizado.

Los resultados de fertilidad muestran un incremento no significativo al incrementar la dosis de MAP de 40 a 50 mg y una ligera disminución de la misma al pasar de 50 a 60 mg. Resultados inferiores de fertilidad, pero con una tendencia similar fueron reportados por Simonetti *et al.* (2000), quienes obtuvieron 43.79, 52.94 y 45.45 % de pariciones para 40, 50 y 60 mg de MAP, respectivamente. En otro estudio (Lima *et al.*, 1991), la tendencia fue similar, pero con diferencias más marcadas al incrementar la dosis de MAP de 40 a 50 y 60 mg, observándose 21.0, 70.50 y 50.0 % de pariciones, respectivamente. En contraste, en otros estudios, la fertilidad fue mayor al utilizar 40 (Deweese *et al.*, 1970) o 30 mg (Greyling *et al.*, 1997) que cuando se utilizaron 60 mg. Lo anterior es debido a que las dosis altas de MAP afectan negativamente el balance hormonal que desencadena el estro y la ovulación.

La similitud en tamaño de camada observada en las ovejas tratadas con las diferentes dosis del progestágeno es comparable con lo reportado por Deweese *et al.* (1970) y Greyling *et al.* (1997) y contradictoria con lo encontrado por

Greyling *et al.* (1994), quienes observaron mayores tamaños de camada en ovejas tratadas con dosis altas de MAP (60 mg).

En general, los resultados generados muestran la factibilidad de utilizar esponjas intravaginales con dosis de MAP inferiores a las utilizadas convencionalmente, sin afectar negativamente la incidencia y distribución de celos, fertilidad y prolificidad.

Experimento II

El 5 % de las ovejas tratadas con esponjas comerciales impregnadas con FGA y el 3 % de las tratadas con esponjas elaboradas conteniendo MAP las perdieron, lo que demuestra que las esponjas elaboradas en nuestro laboratorio presentan una forma, tamaño y textura apropiadas; factores que de acuerdo con Alifakiotis *et al.* (1982) son los principales determinantes de la retención de las esponjas en la vagina de las ovejas.

La incidencia de celos fue similar entre los dos progestágenos. Resultados similares fueron reportados por otros investigadores al sincronizar con 30 mg de FGA ó 60 mg de MAP tanto en la época de anestro (Ainsworth y Shrestha, 1983; Crosby *et al.*, 1991), como en la estación reproductiva (Alifakiotis *et al.*, 1982; O'Doherty y Crosby, 1990; Crosby *et al.*, 1991). Álvarez *et al.* (1997) utilizaron 40 mg de MAP o 40 de FGA para sincronizar celos en ovejas Criollas con resultados similares en incidencia y distribución de celos. En contraste, Boland *et al.* (1979) y Cognie *et al.* (1978; citado por Crosby *et al.*, 1991) encontraron una mayor eficiencia en incidencia de celos al utilizar FGA. Sin

embargo, los resultados anteriores pueden ser válidos para ciertas razas de ovejas, ya que en un estudio realizado por Avila *et al.* (2000 b) donde se utilizaron 40 mg de MAP ó 40 mg de FGA para sincronizar celos en ovejas Suffolk y Criollas con peso vivo promedio de 72 y 27 kg, respectivamente; se observó una interacción progestágeno x raza para incidencia de celos y fertilidad. Dichos resultados fueron atribuidos a que la dosis de MAP utilizada fue suficiente para alcanzar una alta eficiencia en la sincronización de celos en ovejas de talla pequeña (ovejas Criollas), pero insuficiente para hacerlo en razas de mayor talla (ovejas Suffolk). Por el contrario, la dosis de FGA fue demasiado alta para ovejas de talla pequeña, lo que afectó negativamente la eficiencia del programa de sincronización.

La fertilidad obtenida en el presente estudio fue superior en ovejas tratadas con MAP, respecto a las tratadas con FGA. Estos resultados son contradictorios con los presentados en la literatura, donde se reporta un efecto similar en la fertilidad al utilizar 30 ó 40 mg de FGA (O'Doherty y Crosby, 1990; Crosby *et al.*, 1991; Romano *et al.*, 1996); o bien, una mayor fertilidad al utilizar FGA (Alifakiotis *et al.*, 1982; Hill *et al.*, 1998). Lo anterior puede ser debido a que la dosis de MAP utilizada en los estudios mencionados es alta, en comparación a la utilizada en nuestra investigación (50 mg); lo que puede afectar negativamente los eventos fisiológicos que controlan el estro y la ovulación (Avila *et al.*, 2000 b), así como el transporte, la sobrevivencia espermática y la tasa de fertilización (Quinlivan y Robinson, 1969). En este sentido, algunos investigadores han observado una disminución en la fertilidad al incrementar la

dosis de MAP de 40 a 60 mg (Deweese *et al.*, 1970) y de 50 a 60 mg (Greyling *et al.*, 1997). Sin embargo, es probable que la baja fertilidad en ovejas tratadas con FGA sea debida a que la dosis de dicho progestágeno sea demasiado alta para ovejas Pelibuey como fue observado en otras ovejas de talla pequeña por Avila *et al.* (2000 b).

La prolificidad no fue afectada por el tipo de progestágeno, lo que concuerda con lo encontrado en diversos estudios realizados en México (Avila *et al.*, 2000 b), y en el extranjero (Crosby *et al.*, 1991; Romano *et al.*, 1996).

En general, es factible sincronizar celos en ovejas Pelibuey con esponjas elaboradas impregnadas con 50 mg de MAP, lo que puede repercutir en la disminución de los costos de los programas de sincronización de celos en ovinos en comparación con la utilización de esponjas comerciales impregnadas con FGA. Por otro lado, la posibilidad de la elaboración de las esponjas permitirá reducir la dependencia tecnológica del extranjero, así como los problemas que se presentan de disponibilidad de esponjas comerciales en regiones del país que se encuentran alejadas de las grandes ciudades.

6. CONCLUSIONES

1. La eficiencia de 40, 50 y 60 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP) para sincronizar celos en ovejas Pelibuey es similar.
2. La utilización de 50 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP) genera niveles de fertilidad superiores a los que se obtienen cuando se utilizan 40 mg de acetato de fluorogestona (FGA) en la sincronización de celos en ovejas Pelibuey.

7. LITERATURA CITADA

- Ainsworth, L. 1985. Effect of norgestomet implant and fluorogestone acetate impregnated-sponges on oestrous cycle length and luteal function of ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 5:281-286.
- Ainsworth, L. and Shrestha, J.N.B. 1983. Effect of type of intravaginal progestagen treatment on estrus response and reproductive performance of ewes. *Theriogenology*, 19:868-875.
- Ainsworth, L. and Shrestha, J.N.B. 1985. Effect of PMSG dosage on the reproductive performance of adult ewes and ewe lambs bred at a progestagen-PMSG synchronized estrus. *Theriogenology*, 24:479-487.
- Ainsworth, L. and Wolinetz, S.M. 1982. Synchronization of estrus and reproductive performance of ewes treated with synthetic progestagens administered by subcutaneous ear implant or by intravaginal sponge pessary. *J. Anim. Sci.*, 54:1120-1127.
- Alifakiotis, T., Michalidis, I. and Gavrilidis, G. 1982. Induced breeding in anestrus milking ewes of dairy breeds: comparison of Norgestomet, medroxyprogesterone and fluorogestone in two regimes of PMSG. *Theriogenology*, 17:603-6010.
- Alvarez, M.C., Rangel, S.R., Gutiérrez, F.O. y Apodaca, S.C. 1997. Sincronización de celos en ovejas Criollas utilizando dos progestágenos (FGA y MAP). *In: Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina*. Querétaro Qro., México. pp 72-74.
- Albuena, R. y Perón, N. 1996. Condición corporal y peso vivo de la oveja Pelibuey. 2. Efecto sobre la tasa reproductiva. *Rev. Cub. Reprod. Anim.*, 22:21-26.
- Allison, A.J. and Robinson, T.J. 1970. The effect of dose level of intravaginal progestagen on sperm transport, fertilization and lambing in the cyclic Merino ewes. *J. Reprod. Fert.*, 22:515-531.
- Allen, W.R., Hamilton, D.W. and Moor, R.M. 1973. The origin of equine endometrial cups II. Invasion of the endometrium by trophoblast. *Anat. Rec.*, 177:485-502.

- Amaya, T.S. 1999. Efecto del tipo de semen en la fertilidad de ovejas Rambouillet inseminadas intrauterinamente. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 46 p.
- Arteaga, C.J. de D. 2000. Problemática de la ovinocultura en México. *In: Memorias del V Curso: Bases de la Cría Ovina*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp 124-127.
- Avila, O.J.G. 1999. Efecto de dosis de PMSG en la sincronización de celos en ovejas Criollas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 46 p.
- Avila, O. J.G., Rangel, S.R., Apodaca, S.C. y Rodríguez, de L.R. 2000 a. Sincronización de celos en ovejas de pelo con dos progestágenos (FGA y MAP). *In: Memorias del 1^{er} Taller Sobre Ovinos de Pelo del Golfo y Noreste de México*. Cd. Victoria Tamaulipas, México. pp 289-293.
- Avila, O. J.G., Rangel, S.R., Apodaca, S.C., Rodríguez, de L.R. y García, M.J.G. 2000 b. Sincronización de celos en ovinos con dos progestágenos (FGA y MAP). *In: Memorias de la XXVIII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. Tapachula Chiapas, México. pp 125-128.
- Baird, D.T., Campbell, B.K., Mann, G.E. and McNeilly, D.S. 1991. Inhibin and oestradiol in the control of FSH secretion in the sheep. *J. Reprod. Fert. (Suppl.)*, 43:125-138.
- Bindon, B.M., Piper, L.R. and Hillard, M.A. 1996. Reproductive physiology and endocrinology of prolific sheep. *In: Famhy, M.H. Prolific Seep*. CAB International. 542 p.
- Boland, M.P., Kelleher, D. and Gordon I. 1978/1979. Comparison of control of oestrus and ovulation in sheep by an ear implant (SC-21009) or by intravaginal sponge (Cronalone or MAP). *Anim. Reprod. Sci.*, 1:275-281.
- Bronson, F.H. 1989. *Mammalian Reproductive Biology*. The University of Chicago Press, Ltd., London. 325 p.

- Buckrell, B.C., Bushbeck, C., Gartley, C.J., Kroetsch, T., McCutcheon, W., Martin, J., Penner, W.K. and Walton, J.S. 1994. Further development of a transcervical technique for artificial insemination in sheep using previously frozen semen. *Theriogenology*, 42:601-611.
- Cahill, L.P., Mariana, J.C. and Mauléon, P. 1979. Total follicular populations in ewes of high and low ovulation rates. *J. Reprod. Fert.*, 55:27-36.
- Cameron, A.W.N., Tilbrook, A.J., Lindsay, D.R., Keogh, E.J. and Fairnie, I.J. 1986. The effect of testicular weight and insemination technique on fertility of sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, 12:189-194.
- Campbell, B.K. Scaramuzzi, R.J. and Webb, R. 1995. Control of antral follicle development and selection in sheep and cattle. *J. Reprod. Fert. (Suppl)*, 49:335-350.
- Cardwell, B.E., Fitch, G.Q. and Geisert, R.D. 1998. Ultrasonic evaluation for the time of ovulation in ewes treated with Norgestomet and Norgestomet followed by pregnant mare's serum gonadotropin. *J. Anim. Sci.*, 76:2235-2238
- Carlson, K.M., Pohl, H.A., Marcek, J.M., Muser, R.K. and Wheaton, J.E. 1989. Evaluation of progesterone controlled internal drug release dispensers for synchronization of estrus in sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, 18:205-218.
- Casillas, G.S. 1989. Sincronización de celos en ovejas con progesterona. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. Méx. 55p
- Castonguay, F., Dufour, J.J., Minvielle, F. and Estrada, R. 1990. Follicular dynamics and dominance in Booroola x Finnish Landrace and Booroola x Suffolk ewes heterozygous for the F gene. *J. Reprod. Fert.*, 89:193-202.
- Cisneros, de la C. J.A. 2000. Efecto del tipo de dilutor en la fertilidad de ovejas cruzadas Suffolk x Rambouillet. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 39 p.
- Cognie, Y. y Mauleon, P. 1989. Control de la reproducción de la oveja. In: Haresing, W. Producción Ovina. AGT editores, pp 397-408.

- Cognie, Y., Salleras, J.M. and Siera Alfranca, I. 1978. Intensification reproductiva mediante metodos hormonales en ovejas de raza Manchega y cruce Cadzon y Manchega. 1. Incidencia de la lactación sobre la fertilidad. *Ann. Fac. Vet. Zaragoza*, 11:625-640.
- Crosby, T.F., Boland, M.P. and Gordon, I. 1991. Effect of progestagen treatment on the incidence of oestrus and pregnancy rate in ewes. *Anim. Reprod. Sci.*, 24:109-118.
- Cunningham, N.F., Symons, A.M. and Saba, N. 1975. Levels of progesterone, LH and FSH in the plasma of sheep during the oestrous cycle. *J. Reprod. Fert.*, 45:177-180.
- Deweese, W. P., Dutt, R.H. and Ely, D.G. 1970. Reproductive performance of synchronized spring and fall bred ewes. *J. Anim. Sci.*, 31:220 (Abstr).
- Dickerson, G.E. and Glimp, H.A. 1975. Breed and age effects on lamb production of ewes. *J. Anim. Sci.*, 40:397-409.
- Driancourt, M.A. 1991. Follicular dynamics in sheep and cattle. *Theriogenology*, 35:55-79.
- Driancourt, M.A., Webb, R. and Fry, R.C. 1991. Does follicular dominance occur in ewes. *J. Reprod. Fert.*, 93:63-70.
- Duane, H. K. 1992. Manipulación hormonal de la reproducción en ovejas. *In: Memorias del Seminario Internacional: Avances Recientes en la Producción Ovina*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. pp 73-88.
- Echegaray, T.J.L., Rangel, S.R., Sánchez T.E., y Suárez, O.M.E. 1997. Efecto de dosis de PMSG en la respuesta ovárica de ovejas. *In: Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina*. Querétaro, Qro., pp 79-83.
- Edey, T.N., Chu, T.T., Kilgour, R., Smith, J.F. and Tervit, H.R. 1977. Estrus without ovulation in pubertal ewes. *Theriogenology*, 7:11-15.
- Edey, T.N., Kilgour, R. and Bremner, K. 1978. Sexual behaviour and productive performance of ewe lambs at and after the puberty. *J. Agric. Sci. Camb.*, 90:83-91.

- Eppleston, J. and Maxwell, W.M.C. 1993. Recent attempts to improve the fertility of frozen ram semen inseminated into the cervix. *Wool. Tech. Sheep Breed.*, 41:291-302.
- Eppleston, J. and Maxwell, W.M.C. 1995. Sources of variation in the reproductive performance of ewes inseminated with frozen-thawed ram semen by laparoscopy. *Theriogenology*, 43:777-788.
- Eppleston, J., Salamon, S., Moore, N.W. and Evans, G. 1994. The depth of cervical insemination and site of intrauterine insemination and their relationship to the fertility of frozen-thawed ram semen. *Anim. Reprod. Sci.*, 36:211-225.
- Espinoza, R.F.O. y Esquivel, D.U. 1995. Inseminación intrauterina en ovejas Suffolk. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 65 p.
- Evans, G. y Maxwell, W.M.C. 1990. Inseminación Artificial en Ovejas y Cabras. Ed. Acriba, Zaragoza, España. 192 p.
- Evans, A.C.O., Duffy, P., Hynes, N. and Boland, M.P. 2000. Waves of follicle development during the estrous cycle in sheep. *Theriogenology*, 53:699-715.
- Faure, A.S., Boshoff, D.A. and Burger, F.J.L. 1983. The effect of whole and halved intravaginal sponges combined with either subcutaneous or intravenous administration of PMSG on synchronization of the estrus cycle of Karakul ewes. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 13:157-160.
- Findlater, R.C.F., Haresing, W., Curnock, R.M. and Beck, N.F.G. 1991. Evaluation of intrauterine insemination of sheep with frozen semen. Effects of time of insemination, and semen dose on conception rates. *Anim. Prod.*, 53:89-96.
- Flores, M.L.M. 1991. Comparación de la fertilidad y prolificidad en ovejas adultas encastadas de razas cara negra, inducidas al estro utilizando dos dosis de PMSG e inseminadas a tiempo fijo con semen fresco. *In: Memorias del IV Congreso Nacional de Producción Ovina*. San Cristobal de las Casas, Chiapas, México. pp 175-177.

- Flynn, J.D., Duffy, P., Bolande, M.P. and Evans, A.C.O. 2000. Progestagen synchronization in the absence of a corpus luteum results in the ovulation of a persistent follicle in cyclic ewe lambs. *Anim. Reprod. Sci.*, 62:285-296.
- Fuentes, J.L. y Perón, N. 1996. Efecto de la época del año sobre la tasa ovulatoria y niveles de progesterona sanguínea en ovejas Pelibuey. *Rev. Cub. Reprod. Anim.*, 22:27-29.
- Fukui, Y., Glew, A. M., Gandolfi, F. and Moor, R.M. 1988. Ram-specific effects on in-vitro fertilization and cleavage of sheep oocytes matured in vitro. *J. Reprod. Fert.*, 82:337-340.
- Gallegos, S.J., Pérez, H.P. y Albarrán de la L. A. 1999. Neuroendocrinología del ciclo reproductivo de la oveja. *In: Memorias del curso Internacional: Fisiología de la Reproducción en Rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.* pp 1-26.
- García, E. 1988. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 p.
- Gastelum, P.L.E. y Briceño, O.J. 1985. Efecto de implantes hormonales con y sin destete temporal en la sincronización de estros en ovinos. *In: Memorias de la XIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México.* pp 183.
- Ginther, O.J. 1968. Influence of exogenous progesterone and the uterus on ovarian activity in sheep. *Endocrinology*, 83:613-615.
- Ginther, O.J., Kot, K. and Wiltbank, M.C. 1995. Associations between emergence of follicular waves and fluctuations in FSH concentrations during the estrous cycle in ewes. *Theriogenology*, 43:689-703.
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P. and Knopf, L. 1989. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.*, 20:187-200.
- Grobbelaar, J.A.N. and Joubert, J.J. 1986. Lambing results obtained with imported Ile de France ram semen. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 16:219-220.

- Gonzalez, A., Murphy, B.D., Foote, W.C. and Ortega, E. 1992. Circannual estrous variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Rum. Res.*, 8:225-232.
- Gordon, I. 1997. *Reproduction in Sheep and Goats*. CAB-International. 450 p.
- Greyling, J.P.C. and Brink, W.C.J. 1987. Synchronization of oestrus in sheep: the use of controlled internal drug release (CIDR) dispensers. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 17:128-132.
- Greyling, J.P.C., Erasmus, J.A., Taylor, G.J. and Van der Merwe, S. 1997. Synchronization of estrus in sheep using progestagen and inseminating with chilled semen during the breeding season. *Small Rum. Res.*, 26:137-143.
- Greyling, J.P. C., Kotzé, W.F., Taylor, G.J., Hagendijk, W.J. and Cloete, F. 1994. Synchronization of oestrus in sheep: use of different doses of progestagen, outside the normal breeding season. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 24:33-37.
- Gunn, R.G., Maxwell, T.J., Sim, D.A., Jones, J.R. and James, M.E. 1991. The effect of level of nutrition prior to mating on the reproductive performance of ewes of two welsh breeds in different levels of body condition. *Anim. Prod.*, 52:157-163.
- Gutiérrez, T.P., Vallejo, O.E. y Trejo, G.A. 1990. Comparación entre sementales de la fertilidad del semen congelado en ovinos. *In: Memorias del III Congreso Nacional de Producción Ovina*. Tlaxcala, Tlax. México. pp 156-158.
- Gutiérrez, F.O. 1998. Efecto de dosis de semen en la fertilidad de ovejas Corredale. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 41 p.
- Hafez, E.S.E. 1952. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *J. Agric. Sci. Camb.*, 42:189-265.
- Halbert, G.W., Dobson, H., Walton, J.S., Sharpe, P. and Buckrell, B.C. 1990. Field evaluation of a technique for transcervical intrauterine insemination of ewes. *Theriogenology*, 33:1231-1234.

- Hamra, A.H., Massri, Y.G., Marcek, J.M. and Wheaton, J.E. 1986. Plasma progesterone levels in ewes treated with progesterone-controlled internal drug-release dispensers, implants and sponges. *Anim. Reprod. Sci.*, 11:187-194.
- Hansel, W. and Convey, E.M. 1983. Physiology of the estrus cycle. *J. Anim. Sci.*, 57:404-412.
- Haresing, W. 1985. Comparison of the rate of decline in plasma progesterone concentrations at a natural and progesterone-synchronized oestrus and its effect on tonic LH secretion in the ewe. *J. Reprod. Fert.*, 75:231-236.
- Hawk, H.W., Cooper, B.S. and Pursel, V.G. 1981 a. Increased sperm death in the cervix and uterus of estrous ewes after regulation of estrus with prostaglandin or progestogen. *J. Anim. Sci.*, 52:601-609.
- Hawk, H.W., Cooper, B.S. and Pursel, V.G. 1981 b. Sperm death and inhibition of sperm transport in the cervix of ewes in estrus after removal of the corpus luteum-bearing ovary. *J. Anim. Sci.*, 52:611-617.
- Hill, J.R., Thompson, J.A. and Perkins, N.R. 1998. Factors affecting pregnancy rates following laparoscopic insemination of 28,447 ewes under commercial conditions: A survey. *Theriogenology*, 49:697-709.
- Husein, M.Q., Bailey, M.T., Ababneh, M.M., Romano, J.E., Crabo, B.G. and Wheaton, J.E. 1998. Effect of eCG on the pregnancy rate of ewes transcervically inseminated with frozen-thawed semen outside the breeding season. *Theriogenology*, 49:997-1005.
- Johnson, S.K., Dailey, R.A., Inskeep, E.K. and Lewis, E.P. 1996. Effect of peripheral concentrations of progesterone on follicular growth and fertility in ewes. *Dom. Anim. Endoc.*, 13:69-79.
- Lahlou-Kassi, A. and Mariana, J.C. 1984. Ovarian follicular growth during the oestrous cycle in two breeds of ewes of different ovulation rate, the D'Man and the Timahdite. *J. Reprod. Fert.*, 72:301-310.
- Landers, A.J., Molinia, F.C., Evans, G. and Maxwell, W.M.C. 19???. Survival of ram spermatozoa frozen in pellets, straws and minitubes.

Langford, G.A., Marcus, G.J. and Batra, T.R. 1983. Seasonal effects of PMSG and number of inseminations on fertility of progestogen-treated sheep. *J. Anim. Sci.*, 57:307-312.

Leyva, V., Buckrell, B.C. and Walton, J.S. 1998. Regulation of follicular activity and ovulation in ewes by exogenous progestagen. *Theriogenology*, 50:395-416.

Lima, C.M., Ramírez, B.E., Flores, M.M., Cuadra, S.C. y Trejo, G.A. 1991. Comparación de la fertilidad en corderas encastadas con razas cara negra inducidas al estro utilizando tres dosis de MAP e inseminadas a tiempo fijo con semen fresco. *In: Memorias del IV Congreso Nacional de Producción Ovina*. San Cristóbal de las Casas Chiapas, México. pp 172-174.

Lindsay, D.R. 1991. Reproduction in the sheep and goat. *In: Cupps, P.T. Reproduction in Domestic Animals*. Fourth edition. Academic Press Inc. pp 491-510.

Manning, A.W., Rajkumar, K., Bristol, F., Flood, P.F. and Murphy, B.D. 1987. Genetic and temporal variation in serum concentrations and biological activity of horse chorionic gonadotrophin. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 35:389-397.

Marines, M.J.L., Soto, G.R. y Trejo, G.A. 1988. Efecto de la dosis de medroxiprogesterona y PMSG sobre la fertilidad y la tasa ovulatoria en ovejas inseminadas con semen congelado durante el anestro estacional. *In: Memorias del 3rd. World Congress on Sheep and Beef Cattle Breeding*. Institut National de la Recherche Agronomique, Francia. 1:197-2000.

Mattner, P.E. and Braden, A.W. 1972. Secretion of oestradiol-17 β by the ovine ovary during the luteal phase of the oestrous cycle in relation of the ovulation. *J. Reprod. Fert.*, 28:136-137.

Maxwell, W.M.C. 1986 a. Artificial insemination of ewes with frozen-thawed semen at a synchronised oestrus. 1. Effect of time of onset oestrus, ovulation and insemination on fertility. *Anim. Reprod. Sci.*, 10:301-308.

- Maxwell, W. M. C. 1986 b. Artificial insemination of ewes with frozen-thawed semen at a synchronised oestrus. 2. Effect of dose of spermatozoa and site of intrauterine insemination on fertility. *Anim. Reprod. Sci.*, 10:309-316.
- Maxwell, W.M.C. and Hewitt, L.J. 1986. Short Note: A comparison of vaginal, cervical and intrauterine insemination of sheep. *J. Agric. Sci. Camb.*, 106:191-193.
- Maxwell, W.M.C., Curnock, R.M., Logue, D.N. and Reed, H.C.B. 1980. Fertility of ewes following artificial insemination with semen frozen in pellets or straws. A preliminary report. *Theriogenology*, 14:83-89.
- McMillan, W.H. 1986. Hogget oestrus synchronization: a comparison of CIDR and sponges. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.*, 46:225-228.
- Mihm, M., Baguisi, A., Boland, M.P. and Roche, J.F. 1994. Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers. *J. Reprod. Fert.*, 102:123-130.
- Naqvi, S.M.K., Joshi, A., Bag, S., Pareek, S.R. and Mittal, J.P. 1998. Technical note: Cervical penetration and transcervical AI of tropical sheep Malpura at natural oestrus using frozen-thawed semen. *Small Rum. Res.*, 29:329-333.
- Noël, B., Bister, J.L. and Paquay, R. 1993. Ovarian follicular dynamics in Suffolk ewes at different periods of the year. *J. Reprod. Fert.*, 99:695-700.
- Noël, B., Bister, J.L., Pierquin, B. and Paquay, R. 1994. Effect of FGA and PMSG on follicular growth and LH secretion in Suffolk ewes. *Theriogenology*, 41:719-727.
- Núñez, H.E.Y., Rangel, S.R., Apodaca, S.C., Rodríguez, de L.R., García, M. J. G., Ayala, O.J. y Armendáriz, M.J. 2000. Inseminación transcervical en ovejas Suffolk. *In: Memorias de la XXVIII Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Tapachula Chiapas, México.* pp 111-114.
- O'Doherty, J.V. and Crosby, T.F. 1990. Effect of progestagen type and time of ram introduction on reproductive performance in ewe lambs. *Theriogenology*, 33:1279-1286.

- O'Shea, T., Hilliard, M.A., Anderson, T., Bindon, B.M., Findlay, J.K., Tsonis, C.G. and Wilkins, J.F. 1994. Inhibin immunization for increasing ovulation rate and superovulation. *Theriogenology*, 41:3-17.
- Parsons, S.D. and Hunter, G.L. 1967. Effect of the ram on duration of the oestrus in the ewe. *J. Reprod. Fert.*, 14:61-66.
- Pearce, D.T. and Robinson, T.J. 1985. Plasma progesterone concentrations, ovarian and endocrinological responses and sperm transport in ewes with synchronized oestrus. *J. Reprod. Fert.*, 75:49-62.
- Quinlivan, T.D. and Robinson, T.J. 1969. Numbers of spermatozoa in the genital tract after artificial insemination of progestagen-treated ewes. *J. Reprod. Fert.*, 19:73-86.
- Quirke, J.F., Meyer, H.H., Lahlou-Kassi, A. Hanrahan, J.P., Bradford, G.E. and Stabenfeldt, G.H. 1987. Natural and induced ovulation rate in prolific and non-prolific sheep in Ireland, Morocco and New Zealand. *J. Reprod. Fert.*, 81:309-316.
- Quispe, T., Zarco, L., Valencia, J. and Ortiz, A. 1994. Estrus synchronization with melengestrol acetate in cyclic ewes, inseminated with fresh or frozen semen during the first or second estrus post treatment. *Theriogenology*, 41:1385-1392.
- Rangel, S.R. 1998. División de embriones en ovinos. In: *Memorias del Seminario Internacional "Aplicación de Técnicas Biotecnológicas en la Reproducción de Ovinos y Caprinos"*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp 23-42.
- Rangel, S.R. 2000. Aspectos biotecnológicos de la reproducción en ovinos. In: *Memorias del V Curso: Bases de la Cría Ovina*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp 140-152.
- Rangel, S.R. 2001. Efecto del día del ciclo de introducción de la esponja en la fertilidad y prolificidad de ovejas de pelo. Resultados no publicados.

el, S.R., Echegaray, T.J.L., Santos, L.R., Apodaca, S. C. y Ayala, O.J. 1997. Efecto de la administración de PMSG en ovejas Pelibuey sincronizadas. *In: Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina*. Querétaro, Qro. México pp 84-87.

el, S.R., Apodaca, S.C., Rodríguez, de L.R., García, M.J.G., Avila, O.J.G., Ayala, O.J. y Armendáriz, M.J. 2000 a. Efecto del semental en la fertilidad de ovejas inseminadas intrauterinamente. *In: Memorias de la XXVIII Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. Tapachula Chiapas, México. pp 134-137.

el, S.R., Apodaca, S.C., Rodríguez, de L.R., García, M.J.G., Avila, O.J.G., Ayala, O.J. y Armendáriz, M.J. 2000 b. Fertilidad de ovejas inseminadas con semen congelado. *In: Memorias de la XXVIII Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Producción Animal*. Tapachula Chiapas, México. pp 115-118.

I, S.M., Jun, R.G., Doney, J.M. and Leslie, I.D. 1984. A note on the reproductive performance of Greyface ewes in moderately fat and very fat condition at mating. *Anim. Prod.*, 38:305-307.

h, I. and Butler, W. R. 1996. Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. *J. Reprod. Fert.*, 106:39-47.

dra, J.P. and Rawllings, N.C. 1997. Ovarian follicular dynamics in ewes during the transition from anoestrus to the breeding season. *J. Reprod. Fert.*, 110:279-289.

dra, J.P., Rawllings, N.C., Evans, A.C.O. and Adams, G.P. 1994. Ultrasonographic study of ovarian follicular dynamics in ewes during the oestrus cycle. *J. Reprod. and Fert.*, 101:501-509.

e, J.F. 1968. Effect of the interval between withdrawal of progestagen pessaries and time of PMSG administration on oestrus and ovulation in cyclic ewes. *Irish J. Agric. Res.*, 7:1-6.

son, T.J. 1965. Use of progestagen-impregnated sponges inserted intravaginally or subcutaneously for the control of the oestrus cycle in the sheep. *Nature*, 206:39-43.

- Robinson, T.J., Moore, N.W., Lindsay, D.R., Fletcher, I.C. and Salamon, S. 1970. Fertility following synchronization of oestrus in the sheep with intravaginal sponges. *Aust. J. Agric. Res.*, 21:767-781.
- Robinson, T.J., Quinlivan, T.D. and Baxter, C. 1968. The relationship between dose of progestagen and method of preparation of intravaginal sponges on their effectiveness for the control of ovulation in the ewes. *J. Reprod. Fert.*, 17:471-482.
- Romano, J.E., Rodas, E., Ferreira, A., Lago, I. and Benech, A. 1996. Effects of progestagen, PMSG and artificial insemination on fertility and prolificacy in Corriedale ewes. *Small Rum. Res.*, 23:157-162.
- Salamon, S. and Maxwell, W.M.C. 1995. Frozen storage of ram semen II. Causes of low fertility after cervical insemination and methods of improvement. *Review. Anim. Reprod. Sci.*, 38:1-36.
- Sánchez, V.E. 2001. Efecto de la condición corporal sobre la fertilidad y prolificidad en ovejas Pelibuey. *In: Memorias del 2º Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mérida Yucatán, México* pp 235.
- SAS. 1988. SAS/STAT User's guide (release 6.04) SAS Inst. Inc., Cary, N.C.
- Samartzy, F., Belibasaki, S., Vainas, E. and Tsakalof, P. 1995. Superovulatory response of Chios sheep to PMSG during spring and autumn. *Anim. Reprod. Sci.*, 39:215-222.
- Simonetti, L., Blanco, M.R. and Gardón, J.C. 2000. Estrus synchronization in ewes treated with sponges impregnated with different doses of medroxyprogesterone acetate. *Small Rum. Res.*, 38:243-247.
- Smith, J.F., Parr, J. and Mortimer, B.J. 1989. Comparison of two intravaginal devices on the reproductive performance of Coopworth ewes throughout the year. *Aust. Soc. Reprod. Biol.*, pp 97 (abstr).
- Smith, J.F., Parr, J., Beaumont, S., Oliver, J.E., Beaumont, S. and Upreti, G.C. 1995. Comparison of cervical, transcervical and laparoscopic insemination of ewes with chilled semen stored and frozen ram semen. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.*, 55:248-250.

- Smith, J.F. and Robinson, T.J. 1970. The effect exogenous progestagen on the levels of free oestrogen in the ovarian vein plasma of the ewe. *J. Endocrinology*, 48:485-496.
- Fortune, J.E. and Fortune, J.E. 1990. Lengthening of the bovine estrous cycle with two levels of exogenous progesterone: a model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology*, 127:916-925.
- Fortune, J.E. and Fortune, J.E. 1993. Ovarian follicular dominance in cattle: relationship between prolonged growth of the ovulatory follicle and endocrine parameters. *Endocrinology*, 132:1108-1114.
- Fortune, J.E., Cox, R.I., Currie, W.B., Restall, B.J. and Shneider, W. 1973. Prostaglandin F and progesterone concentrations in the utero-ovarian venous plasma of the ewe during the oestrous cycle and early pregnancy. *J. Reprod. Fert.*, 18:151-158 (Suppl.).
- Thomson, J. 1981. Practical uses of prostaglandins in sheep and goats. *Acta Vet. Scand.*, suppl., 77:193-208.
- Fortune, J.E., Duby, R.T., Parsons, M.J. and Giordano, D.J. 1991. Comparison of two progestagens during out-of-season breeding in a commercial ewe flock. *Theriogenology*, 35:943-953.
- Fortune, J.E., Lamming, G.E. and Batten, M. 1990. Control of endometrial oxytocin receptor and uterine response to oxytocin by progesterone and oestradiol in the ewe. *J. Reprod. Fert.*, 90:625-634.
- Fortune, J.E., Meikle, A., Forsberg, N. and Rubianes, E. 1999. The effect of subluteal levels of exogenous progesterone on follicular dynamics and endocrine patterns during the early luteal phase of the ewe. *Theriogenology*, 51:1351-1361.
- Walker, S.K., Smith, D.H., Godfrey, B. and Seamark, R.F. 1989. Time of ovulation in the Australian Merino following synchronization of estrus. I. Variation within and between flocks. *Theriogenology*, 31:545-552.
- Webb, R., Gosden, R.G., Telfer, E.E. and Moor, R.M. 1999. Factors affecting folliculogenesis in ruminants. *Anim. Sci.*, 68:257-284.

Windsor, D.P., Széll, A.Z., Buschbeck, C., Eduard, A.Y., Milton, J.T.B. and Buckrell, B.C. 1994. Transcervical artificial insemination of Australian Merino ewes with frozen-thawed semen. *Theriogenology*, 42:147-157.

Yeates, N.T.M. 1949. The breeding season of the sheep with particular reference to its modification by artificial light. *J. Agric. Sci. Camb.*, 39:1-43.

Zaiem, I., Tainturier, D., Chemli, J. et Soltani, M. 1996. Utilisation d' éponges vaginales associées à des doses différentes de PMSG pour l'amélioration des performances de reproduction chez la brebis noire de Thibar à contre saison. *Revue Néd. Vét.*, 147:305-310.

