

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
CENTRO DE ENSEÑANZA PRACTICA E INVESTIGACION EN PRODUCCION Y SALUD  
ANIMAL (CEPIPSA)  
PRODUCCION CAPRINA**

**ASPECTOS REPRODUCTIVOS EN EL GANADO CAPRINO**

Lorenzo Alvarez Ramírez  
Andrés E. Ducoing Watty

## **INTRODUCCION**

La eficiencia productiva de cualquier sistema de producción animal está determinada por un gran número de factores. El aspecto reproductivo es, sin duda, uno de los más importantes, de tal forma que si la reproducción es manejada adecuadamente o con deficiencias los resultados se dejarán ver a corto y mediano plazo en el comportamiento productivo del rebaño.

La cabra es un animal poliéstrico estacional, es decir, presenta varios ciclos estrales únicamente en una estación determinada del año. Debido a dicha característica, la actividad reproductiva se relaciona íntimamente con el ritmo de producción de carne, leche y sus derivados. Cuando la especie es manejada sin algún esquema de manipulación reproductiva, la *estacionalidad reproductiva* se convierte en una *estacionalidad productiva*, lo que representa problemas serios de comercialización para los productores que por lo general están inmersos en un mercado que exige producto durante todo el año y, curiosamente, incrementa su demanda durante la estación que corresponde a la menor producción de la especie (figura 1). Es por eso importante, a partir del conocimiento de la fisiología sexual en la especie, desarrollar y conocer estrategias de manejo reproductivo eficientes que permitan mejorar la productividad. A continuación se describen los aspectos más importantes a considerar dentro de la fisiología reproductiva de la especie caprina y los procedimientos y métodos disponibles para su manipulación sexual con objetivos prácticos. Debido a la escasez de información obtenida en la cabra, en algunos casos se presentan datos obtenidos en ovinos y otras especies con una fisiología reproductiva aceptada como similar.

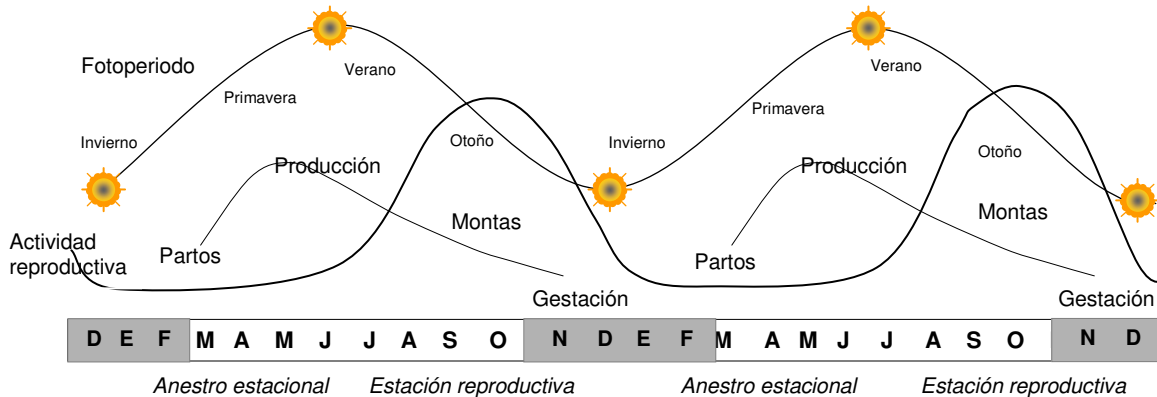
## **FISIOLOGIA REPRODUCTIVA**

### *El generador de pulsos de LH y su control*

El proceso reproductivo de los mamíferos está marcado por periodos alternados de actividad e inactividad sexual. Por un lado se encuentran los cambios asociados a las etapas del estro y diestro del ciclo estral. Por otro lado se encuentra la alternancia de actividad e inactividad sexual asociada con cambios en la estación (Clarke y Cummins, 1982).

El aspecto clave en la regulación del proceso reproductivo es el que se refiere al generador de pulsos de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), mecanismo central encargado de procesar las señales externas e internas, y de producir el patrón pulsátil de GnRH (Clarke y Cummins, 1982; Karsch *et al.*, 1984). Dado que la hipófisis secreta LH en respuesta al GnRH, cada pulso de GnRH es seguido por un pulso de secreción de LH hipofisiaria. Se sabe que la frecuencia pulsátil de LH cambia dramáticamente durante las fases del ciclo estral y durante

la transición estacional (Karsch *et al.*, 1984), mostrando periodos identificables de mayor o menor actividad.



**Figura 1.** Representación esquemática del fotoperiodo y su efecto en la reproducción caprina en una típica explotación lechera. En condiciones naturales (sin manipulación reproductiva alguna), las cabras se encuentran ciclando en los meses de otoño, correspondientes al fotoperiodo decreciente. Los animales gestados en esta época parirán al inicio de la primavera y sus producciones se acumularán desde el mes de febrero-marzo hasta que la lactancia termine, lo que normalmente sucede a finales de año (área gris). En esa época (noviembre-febrero), la problemática estacional representa un desafío importante para el productor, ya que no cuenta con el producto suficiente para un mercado que incrementa su demanda e inclusive sus precios.

#### *Regulación del generador de pulsos de GnRH/LH durante el ciclo estral*

En la estación reproductiva, los pulsos de LH ocurren con una frecuencia baja (1-4 pulsos cada 24 horas) durante la fase lútea del ciclo estral. En ese momento, la baja frecuencia de los pulsos de LH se debe al efecto inhibitorio sobre el hipotálamo de la progesterona secretada por el cuerpo lúteo (Goodman y Karsch, 1980). La baja frecuencia de los pulsos permite que los niveles de LH disminuyan hasta valores no detectables entre un pulso y otro. En consecuencia, no se produce el estímulo gonadotrópico necesario para lograr un desarrollo folicular avanzado y un aumento sostenido en la secreción de estradiol, por lo que el estro y la ovulación no se presentan. Con la lisis del cuerpo lúteo los niveles de progesterona descienden y dejan de inhibir al hipotálamo, por lo que la frecuencia de secreción tónica de LH aumenta progresivamente hasta alcanzar un pulso por hora como mínimo, lo que permite la maduración folicular y un incremento sostenido en la secreción de estradiol. Llegado el momento, el incremento progresivo en los niveles circulantes de estradiol ejerce un efecto de retroalimentación positiva sobre el hipotálamo e hipófisis, provocando las descargas preovulatorias de GnRH y LH (McNeilly *et al.*, 1982). Durante el pico preovulatorio de LH, la frecuencia de los pulsos de GnRH aumenta tanto que da la impresión de que su carácter pulsátil se interrumpe, para ser sustituido por un incremento sostenido en los niveles basales (Karsch *et al.*, 1984; Karsch *et al.*, 1992; Caraty *et al.*, 1995). La importancia de este incremento de la frecuencia de los pulsos se ha demostrado en experimentos en los que la repetida administración de LH o GnRH estimula un aumento en los niveles de estradiol que culmina en el pico de LH y la ovulación (Legan, 1982; McLeod *et al.*, 1982;

McNeilly *et al.*, 1982). Dentro de la estación reproductiva, los ciclos se continúan mientras se mantenga una alta frecuencia en los pulsos de GnRH (McNatty *et al.*, 1982) cada vez que las concentraciones de progesterona disminuyan al final de la fase lútea.

La utilización de animales ovariectomizados (OVX) ha permitido estudiar el papel de los esteroides ováricos en el control de la ovulación durante el ciclo estral. La ovariectomía durante la fase lútea aumenta la frecuencia y la amplitud de los pulsos de LH (Goodman y Karsch, 1980); en dichos animales, la administración de progesterona evita el incremento en la frecuencia sin alterar la amplitud de los pulsos (Martin *et al.*, 1983a, 1983b). La administración de estradiol durante la época reproductiva en animales ovariectomizados bajo tratamiento con progesterona reduce la amplitud de los pulsos, posiblemente debido a un efecto directo sobre la respuesta de la hipófisis al GnRH (Goodman y Karsch, 1980). Cuando se administra sólo, el estradiol provoca una inhibición inicial seguida por un aumento masivo en las concentraciones séricas de LH, comparable al pico preovulatorio en los individuos intactos (Martin *et al.*, 1983a, 1983b; Scaramuzzi *et al.*, 1971). Así, durante la época reproductiva la frecuencia en los pulsos de LH es modulada principalmente por la progesterona, que actúa a nivel cerebral para prolongar el intervalo entre las descargas de GnRH, mientras que el estradiol por una parte limita la amplitud de los pulsos de LH al reducir la respuesta hipofisiaria al GnRH, y por otra parte constituye la señal ovárica indispensable para inducir la descarga preovulatoria de LH una vez que ha iniciado la fase folicular del ciclo (Karsch *et al.*, 1992).

Otra de las funciones importantes de la progesterona es la de preparar a los centros cerebrales de la conducta para responder ante la presencia del estradiol, de modo que el estro solo se manifiesta en aquellas hembras expuestas al estradiol que han sido previamente expuestas a la progesterona por un periodo de 10-12 días (Karsch *et al.*, 1980). Debido a este requerimiento de exposición previa a la progesterona, la primera ovulación en la vida o en la estación reproductiva del animal no se acompaña de conducta estral (Karsch *et al.*, 1980).

Después de la regresión del último cuerpo lúteo de la estación reproductiva no se vuelve a presentar conducta estral debido a que no hay una elevación sostenida de las concentraciones de estradiol (Legan *et al.*, 1985), ya que la actividad pulsátil de LH no alcanza la frecuencia observada durante la fase folicular normal (por lo menos un pulso por hora). La disminución en la frecuencia de los pulsos de LH durante la estación de anestro se debe a que en esa época el hipotálamo se hace más sensible a la retroalimentación negativa del estradiol, por lo que dicha hormona por sí sola es capaz de inhibir el generador de pulsos (Martin *et al.*, 1983a, 1983b). En consecuencia, la LH es insuficiente para inducir la madurez folicular y se establece el estado de anestro (Karsch *et al.*, 1984). La elevada sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa de los estrógenos se mantiene toda la época de anestro, para volver a reducirse al inicio de la siguiente estación reproductiva. De esta manera, las transiciones entre la estación reproductiva y el anestro son una consecuencia directa de los cambios en la frecuencia del generador de pulsos de GnRH/LH (Karsch *et al.*, 1984).

*Regulación ambiental del generador de pulsos de GnRH/LH*

Además de ser controlado por los esteroides ováricos, el generador de pulsos de LH puede ser regulado por una gran variedad de factores ambientales. Especial atención han recibido el fotoperiodo y los fenómenos sociales.

La primera evidencia de que el ciclo anual de reproducción de la oveja es controlado por factores ambientales fue dada por Marshall (1937), quien observó cambios en la ocurrencia del anestro y la estación reproductiva cuando los animales fueron transportados a localidades diferentes a través del Ecuador. Desde entonces, una gran cantidad de estudios ha demostrado que el fotoperiodo es el principal factor ambiental que controla la estación reproductiva de los pequeños rumiantes (Legan y Karsch, 1980), induciendo al anestro durante los días largos e iniciando la estación reproductiva en los días de menor duración.

El proceso de traducción de la información del fotoperiodo en un mensaje hormonal es el siguiente: la retina capta las variaciones que ocurren en el fotoperiodo y la señal es transmitida por vía nerviosa a la glándula pineal en varias etapas. De la retina, la señal llega al núcleo supraquiasmático (NSQ) por medio de la vía monosináptica retino-hipotalámica; del NSQ la señal pasa al núcleo paraventricular (NPV) y a los ganglios cervicales superiores, para ser transportada finalmente a la glándula pineal. La glándula pineal convierte la señal nerviosa en hormonal mediante la secreción de melatonina (Legan y Karsch, 1979). La duración de la secreción elevada de melatonina, proporcional a la longitud de la noche, puede ser interpretada como inductora o inhibitoria. La melatonina actúa en el hipotálamo mediobasal para regular la secreción pulsátil de GnRH (Lincoln y Maeda, 1992; Malpoux *et al.*, 1993; Malpoux *et al.*, 1998). Así, en la oveja el patrón de secreción de melatonina durante los días cortos estimula al generador de pulsos de GnRH, mientras que el patrón de días largos lo inhibe (Bittman *et al.*, 1983; Bittman y Karsch, 1984; Yellon *et al.*, 1985). Aunque se ha demostrado un efecto directo del fotoperiodo sobre el generador de pulsos de GnRH/LH en ausencia de esteroides gonadales (Goodman *et al.*, 1982), parece poco probable que la melatonina actúe de manera directa sobre las células productoras de GnRH para provocar la transición de la estación reproductiva a la de anestro y viceversa.

La demostración de una variación estacional dramática en la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa del estradiol fue una de las observaciones clave para lograr parte del avance actual en el conocimiento de la estacionalidad reproductiva (Legan *et al.*, 1977). En ovejas OVX, las concentraciones séricas de LH no varían durante el año, manteniéndose siempre elevadas debido a una alta frecuencia de secreción, mientras que en las hembras OVX tratadas con estradiol la LH muestra niveles no detectables durante la época correspondiente a la estación de anestro. Esta variación estacional en la sensibilidad a la retroalimentación negativa del estradiol es controlada por el fotoperiodo (Legan y Karsch, 1980). En resumen, los efectos del fotoperiodo sobre la actividad reproductiva de la oveja son mediados por cambios en la sensibilidad hipotalámica a la retroalimentación negativa del estradiol, lo que se refleja en cambios en la frecuencia y amplitud de los episodios de secreción de LH; durante el anestro, este efecto inhibitorio se debe, en gran parte, a la capacidad del estradiol para deprimir la secreción pulsátil de GnRH/LH a nivel hipotalámico,

mientras que su efecto estimulador consiste en la pérdida de dicha capacidad durante la estación reproductiva (Karsch *et al.*, 1984).

Hasta el momento no se han encontrado receptores para estradiol en las neuronas productoras de GnRH (Lehman y Karsch, 1993; Herbison *et al.*, 1993), lo que implica que el papel del esteroide sobre la actividad de dichas neuronas debe estar mediado por sistemas neuronales intermediarios sensibles a su efecto. Así, se acepta que los esteroides controlan la regulación de la secreción pulsátil de LH, sea de manera positiva durante la descarga preovulatoria o negativa en la fase lútea y el anestro estacional, a través de sistemas neuronales intermediarios (Meyer y Goodman, 1986). Puesto que la administración de un antagonista de opioides incrementa la frecuencia en los pulsos de LH durante la fase lútea, el efecto inhibitorio de la progesterona sobre la frecuencia de los pulsos de GnRH podría estar mediado por neuronas productoras de opioides (Horton *et al.*, 1989; Currie *et al.*, 1991; Brooks *et al.*, 1986; Whisnant y Goodman, 1988). Del mismo modo, el efecto inhibitorio del estradiol sobre la frecuencia pulsátil de LH durante el anestro estacional parece estar mediado por neuronas dopaminérgicas, que actúan a nivel de la eminencia media para inhibir la secreción de GnRH (Thiéry *et al.*, 1989; Curlewis *et al.*, 1991; Thiéry, 1991). En esta época, el estradiol activa la producción de dopamina a través de la tirosina hidroxilasa (enzima de limitación para la síntesis de catecolaminas) a nivel del núcleo A15 (área retroquiasmática lateral) (Gayrard *et al.*, 1994). Se ha visto que tanto la destrucción del sistema dopaminérgico A15 (Thiéry *et al.*, 1989; Havern *et al.*, 1994) como la administración de un antagonista de la dopamina durante el anestro incrementan la pulsatilidad de LH (Meyer y Goodman, 1985); se sabe también que los implantes de estradiol en el núcleo A14/A15 durante el anestro estacional inhiben la secreción pulsátil de LH (Lehman *et al.*, 1996; Gallegos-Sánchez *et al.*, 1997). Ello puede ser debido a que la actividad catecolaminérgica de ambos núcleos se incrementa durante los días largos y su efecto es reforzado por el esteroide (Thiéry, 1991; Gayrard *et al.*, 1992; Thiéry *et al.*, 1995). Además, la alfa-metil-paratirosina (inhibidor de la tirosina hidroxilasa) estimula la secreción pulsátil de LH en la eminencia media de ovejas ovariectomizadas tratadas con estradiol y expuestas a fotoperiodos inhibitorios (Bertrand *et al.*, 1998). Por lo tanto, la dopamina se encuentra implicada en la inhibición de la secreción de LH durante el anestro estacional o cuando el animal está expuesto a días largos constantes (Thiéry *et al.*, 2002). En contraste, durante la estación reproductiva, la dopamina parece tener un efecto estimulador sobre el pico preovulatorio de LH, ya que la administración de un antagonista de receptores dopaminérgicos D<sub>2</sub> (pimozide) bloquea su presentación (Curlewis *et al.*, 1991; Thiéry y Martin, 1991).

Dado que la administración de antagonistas noradrenérgicos (fenoxibenzamina) logra incrementar la secreción de LH en el anestro estacional de hembras intactas, también se ha involucrado a la noradrenalina en la regulación fotoperiódica de la reproducción (Deaver y Dailey, 1982; Meyer y Goodman, 1985). En el momento del pico de GnRH se eleva el tono noradrenérgico en el área preóptica (Scott *et al.*, 1999). Puesto que las células noradrenérgicas contienen receptores para estradiol y responden a la administración del esteroide, podrían responder de forma directa a su presencia (Simonian *et al.*, 1998; Scott *et al.*, 1999).

La serotonina participa también en el control fotoperiódico de la secreción de LH. Los antagonistas de la serotonina (ciproheptadina, ketaserina) inducen un aumento del número de pulsos de LH en ovejas OVX expuestas a fotoperiodos largos e implantadas con estradiol (Whisnant y Goodman, 1990; Le Corre y Chemineau, 1993).

Al acercarse la estación reproductiva, el efecto inhibitorio del estradiol sobre el generador de pulsos de LH está disminuido y la transición a la actividad sexual es mediada por un incremento en la frecuencia de los pulsos de LH (l'Anson y Legan, 1988). Al establecerse la época de reproducción, la progesterona toma el control y se encarga de regular la actividad del generador de pulsos de LH (Goodman y Karsch, 1980).

Además del fotoperiodo, las relaciones sociales y la estimulación feromonal pueden influir sobre la función del generador de pulsos de LH. El ejemplo más notable lo representa la inducción de la ovulación en hembras anéstricas mediante el efecto macho (Martin *et al.*, 1986; Chemineau, 1987). Aunque participan otros estímulos sensoriales (Cohen-Tannoudji *et al.*, 1986; Pearce y Oldham, 1988), el efecto macho está mediado en parte por estimulación feromonal (Knight *et al.*, 1983). Las feromonas que median el fenómeno pueden ser producidas por las glándulas sudoríparas de la piel (Knight y Lynch, 1980), y su producción es controlada por andrógenos.

Los machos inducen la ovulación al alterar la secreción tónica de LH en las hembras anéstricas (Martin *et al.*, 1983a, 1983b). La frecuencia de secreción tónica de LH aumenta rápidamente después de la introducción del macho (Chesworth y Tait, 1974; Martin *et al.*, 1980; Martin *et al.*, 1983a, 1983b), lo que resulta en crecimiento folicular (Atkinson y Williamson, 1985). El mecanismo por el cual las feromonas incrementan la secreción tónica de LH no está del todo claro, pero algunos datos sugieren que interrumpen la retroalimentación negativa del estradiol (Martin *et al.*, 1983b). Es probable que las feromonas supriman la actividad de las neuronas catecolaminérgicas inhibitorias, permitiendo el aumento en la frecuencia de secreción de LH, bloqueando así la acción del fotoperiodo largo.

## **PUBERTAD**

El inicio de la vida sexual de la hembra caprina tiene su origen en la liberación de óvulos viables y la manifestación conductual de celo, fenómenos que no se presentan necesariamente al mismo tiempo, puesto que puede existir ovulación sin celo, evento conocido como ovulación "silente" o "silenciosa". La aparición de la pubertad se ve afectada por el ambiente y la raza, aunque en la mayoría de estas se manifiesta entre los 4 y los 14 meses de edad.

El inicio de la pubertad depende en gran medida del peso del animal, y éste, de su estado nutricional. Difícilmente un animal tendrá actividad reproductiva sin alcanzar el 60-75% del peso adulto de su raza. Así, se observa que algunas razas europeas trasladadas a otros ambientes con problemas nutricionales, muestran un retraso en la aparición de la pubertad, atribuible más a este factor que a razones de fotoperíodo. Sin embargo, el fotoperíodo no pierde importancia; en razas estacionales, la época de nacimiento determina la precocidad o no precocidad de la pubertad, ya que una hembra debe reunir tanto el peso mínimo como su coincidencia con la estación reproductiva. De esta forma, los animales nacidos en

invierno o primavera tienen mayores posibilidades de comenzar su actividad reproductiva durante el primer año que los nacidos en verano. En las razas no estacionales, el efecto nutricional llega a ser más importante que el de la época de nacimiento.

La pubertad en cabras es un proceso gradual e interactivo que supone la maduración del eje hipotálamo-hipofisiario-gonadal. Tanto la cabra púber como la adulta al inicio de la estación reproductiva (el primer ciclo), pueden mostrar un "ciclo corto" de aproximadamente 6-8 días de duración, debido a una fase lútea corta. La duración se normaliza a partir del segundo ciclo.

La edad del primer apareamiento de los animales de reemplazo es un factor de interés capital en el rendimiento reproductivo de una hembra durante su vida en producción. Es importante mencionar que la aparición de la pubertad no implica la madurez sexual del animal. Un criterio que se sigue con frecuencia para tomar la decisión de gestar por primera vez a una hembra caprina, es el que se refiere al peso del animal. El animal que alcanza un 80% del peso adulto al momento del parto vaticina una buena producción de leche, disminución de los problemas de bajas tasas de concepción, disminución de problemas reproductivos y mortalidad de cabritos, todos ellos frecuentes en hembras apareadas a edades tempranas. Es así que como condición inicial para poder ser gestadas, se encuentra que alcancen un 60-75% de su peso adulto. La meta es entonces, lograr que la hembra alcance el peso anterior a una edad de 6-7 meses y que todo ello coincida con la estación reproductiva, de otro modo se hará necesario el uso de alguna estrategia de manipulación reproductiva.

### **EMPADRE**

El empadre se define como el proceso de apareamiento y fecundación en un rebaño. En forma natural, dicho proceso se lleva a cabo únicamente durante la época reproductiva estacional, pero en ocasiones, mediante algún método de control de la reproducción en la especie, puede ocurrir fuera de la época reproductiva.

Existe una gran variedad de tipos de empadre utilizados por los productores, sin embargo, todos estos pueden ser englobados en los tres siguientes:

#### *A) Empadre no controlado o de campo (monta a campo)*

En este tipo de empadre los sementales se encuentran mezclados con las hembras durante todo el año, en los rebaños mejor manejados se acostumbra una relación de 1-3% de machos. Es el sistema de empadre más utilizado en nuestro país, encontrándose en el 90% de los rebaños y bajo sistemas extensivos. Entre las principales ventajas que se tiene al utilizar este sistema se encuentra el bajo costo por concepto de mano de obra e instalaciones; sin embargo, la cantidad de desventajas rebasan por mucho lo anterior; no se tiene ningún control de la paternidad, se desconoce la fecha exacta de apareamiento, la actividad del semental no se puede conocer con certeza, imperan problemas sociales de dominancia e inexperiencia, la eficiencia reproductiva es muy mala, la transmisión de enfermedades se facilita, etc.

#### *B) Empadre por lotes o en corral (monta a corral)*

En este tipo de empadre se agrupa a las hembras de acuerdo a sus características reproductivas, productivas, de raza y genealogía para después asignarles semental(es) con las características deseadas. Dicho sistema puede

llevarse a cabo tanto en un corral como en potreros en los cuales se han introducido a las hembras y macho(s) seleccionados. La relación de hembras por semental que se suele utilizar varía entre 1:25 hasta 1:100. El seguimiento que se le da a un grupo determinado de hembras en este tipo de empadre en donde ya se llega a ver, con poca frecuencia, la detección de celos, le hace presentar algunas ventajas en relación al anterior; se cuenta con la posibilidad de escoger al semental o sementales que gestarán a un grupo de hembras determinadas con lo que se conocerá la paternidad de la siguiente generación con mayor precisión y la eficiencia reproductiva se logra mejorar. La principal desventaja la representa el hecho de que se hace necesario contar con instalaciones específicas para la realización de las actividades de lotificación, lo que lo hace poco factible de implementar en sistemas de producción extensivos con escasa infraestructura construida.

*B) Empadre por monta dirigida (o uso de I.A.)*

Este sistema es el que ofrece mejores resultados en cuanto a eficiencia reproductiva se trata. Aquí, se da un seguimiento reproductivo individual a cada una de las hembras del rebaño. Lo anterior se logra mediante la utilización de machos detectores de celos (desviados de pene, con petos marcadores, vasectomizados o con mandil). La detección de hembras en celo se realiza diariamente introduciendo al macho celador (por lo general con mandil) a cada uno de los corrales por un lapso de 10-15 minutos por la mañana y otro tanto por la tarde. Las hembras que resultan con conducta de estro son aisladas para darles monta con el semental asignado de acuerdo con el programa reproductivo o genético correspondiente, o bien para ser inseminadas de manera artificial. La eficiencia reproductiva se logra controlar y se economiza el trabajo de los sementales. Cuenta con el gran inconveniente de que requiere mano de obra experimentada en la detección de celos y calificada en las técnicas de inseminación artificial.

Tanto el empadre en lotes o en corral como el de monta dirigida permiten al técnico y ganadero programar varios períodos de realización de montas durante la época reproductiva, lo que permitirá a su vez, una calendarización adecuada a factores como mano de obra para atender actividades de parto, lactancias, ordeño, alimentación, pesajes, etc., disponibilidad de insumos alimenticios, oferta de productos en los momentos propicios para la obtención de mayores utilidades, en función del comportamiento de los mismos y de su demanda.

Un factor de importancia vital en la planeación adecuada de un programa de empadre en las explotaciones caprinas resulta ser la estimación del índice macho-hembras. A este indicador se le define como el número de hembras que serán asignadas a determinado macho durante el o los períodos de empadre dentro del programa. En las explotaciones caprinas de tipo extensivo particularmente, es común observar que uno de los principales factores que determinan su baja eficiencia reproductiva es un alto índice macho-hembras. Para calcular tal índice se deben considerar factores como edad y experiencia del semental, sistema de producción, sistema de empadre, número de períodos de empadre a realizar por el semental en el año, monta natural o inseminación artificial, estado nutricional actual del macho y perspectivas para el período de empadre.



De manera general se puede establecer que para sistemas intensivos el índice puede ser desde 1:30 hasta 1:50, en sistemas semiextensivos de 1:20 hasta 1:30 dependiendo básicamente de la proporción pastoreo-estabulación, y para sistemas extensivos desde 1:10 a 1:25. Para los casos en que se practica la inseminación artificial, el índice se incrementa notablemente.

### **PROGRAMACION Y DESARROLLO DE EMPADRE**

El primer paso para la programación del empadre es la determinación del período del año en que las hembras del rebaño manifiestan calores, es decir, la época reproductiva de los animales.

Dada su característica de reproductores estacionales, resulta difícil gestar a las hembras a fines de la primavera y al inicio del verano. Esta restricción estacional en la cubrición de las hembras crea el problema de mantener un nivel de producción de leche o carne uniforme durante todo el año (figura 1). Para lograr el objetivo de cambiar o reducir el tiempo entre partos se han investigado varios medios para ampliar el período de cubriciones, concentrar los celos y ovulaciones y por ende las pariciones posteriores. Probablemente el más práctico es dividir el rebaño en lotes para que cada uno de ellos sea cubierto en épocas diferentes. El segundo paso lo representa la determinación del número de períodos de empadre y su calendarización durante la época reproductiva. Lo anterior se hará de acuerdo a los objetivos del sistema y a partir del concepto básico de la utilización eficiente de los recursos con que se cuenta. Lo más recomendado es que dichos períodos tengan una duración de 45 días como mínimo, con el objetivo de abarcar dos ciclos estrales, lo que encuentra su mayor utilidad en el empadre por lotes. En los sistemas dedicados a la producción de leche, por ejemplo, es conveniente distribuir las pariciones y, consecuentemente, las lactaciones lo más homogéneamente posible durante el año, con lo cual se distribuirá de igual forma la producción; para ello se recomienda la programación de dos o más períodos de empadre. En sistemas dedicados a la producción de carne, en cambio, es aconsejable manejar dos períodos de empadre como máximo, calendarizados de acuerdo a la disponibilidad de insumos alimenticios y épocas de mayor demanda del producto a vender.

### **CONTROL DE LA REPRODUCCION EN EL GANADO CAPRINO**

Las tasas reproductivas de los animales domésticos se maximizan cuando las hembras se cruzan por primera vez en la oportunidad más temprana y se vuelven a cruzar casi inmediatamente después de cada parto. El anestro que se asocia con el inicio retrasado de la pubertad disminuye la tasa reproductiva de los animales jóvenes debido al retraso de su entrada en los lotes de reproducción, a su vez, en animales adultos la estación de anestro representa un reto a solucionar para iniciar los ciclos de las hembras y su gestación.

En los animales que presentan períodos de anestro fisiológico como la cabra, se puede hablar de dos formas de control del ciclo estral. La primera, durante los períodos de inactividad ovárica y función hipofisiaria disminuida (el tratamiento pretenderá reactivar dichas funciones) se denomina inducción del estro. El segundo caso, cuando los animales están ciclando normalmente y se agrupan los períodos de estro en lapsos cortos para facilitar el manejo, se conoce como sincronización del estro.

El control de la reproducción en los caprinos presenta varias ventajas: permite elegir con anticipación el período de los partos y ajustar dicho período a la producción forrajera o al sistema de crianza y la disponibilidad de otros recursos. Permite también la adaptación al mercado, donde la demanda de productos lácteos o de carne es casi constante durante todo el año, mientras que la producción de estos es muy estacional (figura 1). También, con la reducción del período de tiempo en que ocurren los partos se permite reducir la mortalidad perinatal y constituir lotes homogéneos de animales para la alimentación en grupo, así como facilitar su comercialización. Se logra además acortar el intervalo entre partos y se hace factible la preparación de programas de cría intensiva. Se logra, en conclusión, reducir los periodos de inactividad reproductiva en los animales. En los animales lecheros, como en las razas productoras de carne, el control de la reproducción permite disminuir los períodos improductivos antes de la pubertad o durante los anestros posparto y estacional, además de optimizar la prolificidad. Diferentes técnicas pueden ser empleadas en las cabras para controlar la reproducción. Dichas técnicas van desde la utilización del fenómeno socio-sexual conocido como “efecto macho”, hasta la manipulación del fotoperiodo y el uso de una variedad de productos hormonales con el fin de afectar la función endocrina reproductiva del animal y facilitar la ocurrencia del estro y la ovulación.

#### **Técnicas de inducción al estro y ovulación**

Para inducir la ovulación de hembras en anestro se debe estimular la madurez de un folículo, de manera que una oleada natural de hormona luteinizante (LH) cause la ovulación. En la mayor parte de los casos, se producirá una secreción natural de LH como resultado de una retroacción positiva a la secreción de estrógenos por el folículo en desarrollo. El estro normalmente no ocurre en los rumiantes cuando la ovulación es inducida con gonadotropinas únicamente. En estas especies, el estro se presenta en general solo después de que la hembra se ha expuesto a un periodo de administración de progesterona elevada o progestágeno sintético. De ahí que resulta relativamente frecuente en cabras la presentación de las denominadas “ovulaciones silenciosas”, en donde la conducta de celo no es aparente en ningún momento. Este fenómeno es más frecuente en el primer ciclo estral de la temporada reproductiva de las primas.

A continuación se mencionan algunas de las técnicas más conocidas que han resultado eficaces en el control reproductivo del ganado caprino:

##### **a) “Efecto macho”**

Aunque el fotoperiodo puede ser el mejor medio para predecir el momento más adecuado del año para la reproducción, no informa al animal sobre la disponibilidad de pareja sexual y con ello de la conveniencia de “activarse” reproductivamente. En ausencia de la información fotoperiódica, los animales pueden utilizar información social para iniciar la actividad reproductiva en el momento apropiado del año (Wayne *et al.*, 1989). Las relaciones sociales y la estimulación feromonal pueden influir sobre la función del generador de pulsos de LH; el ejemplo más notable lo representa la inducción de la ovulación en hembras anéstricas mediante el efecto macho (Martin *et al.*, 1986; Chemineau, 1987), fenómeno que consiste en que el contacto de las hembras anéstricas con un macho sexualmente activo resulta en la ovulación de la mayoría de las primeras. Los machos inducen la ovulación al alterar la secreción tónica de LH en las

hembras anéstricas (Martin *et al.*, 1983a, 1983b). La frecuencia de secreción tónica de LH aumenta rápidamente después de la introducción del macho (Chesworth y Tait, 1974; Martin *et al.*, 1980; Martin *et al.*, 1983a, 1983b), lo que resulta en crecimiento folicular (Atkinson y Williamson, 1985).

Aunque participan otros estímulos sensoriales (Cohen-Tannoudji *et al.*, 1986; Pearce y Oldham, 1988), el efecto macho está mediado en parte por estimulación feromonal (Knight *et al.*, 1983). Las feromonas que median el fenómeno pueden ser producidas por las glándulas sudoríparas de la piel (Knight y Lynch, 1980), y su producción es controlada por andrógenos. El mecanismo por el cual las feromonas incrementan la secreción tónica de LH no está del todo claro, pero algunos datos sugieren que interrumpen la retroalimentación negativa del estradiol (Martin *et al.*, 1983c). Es probable que las feromonas supriman la actividad de las neuronas catecolaminérgicas inhibitorias, permitiendo el aumento en la frecuencia de secreción de LH, bloqueando así la acción del fotoperiodo largo.

El desarrollo del efecto macho como una estrategia eficaz para inducir la actividad reproductiva en la especie se explica mediante razones de tipo evolutivo. En condiciones naturales, el contacto con los machos se restringe casi de manera exclusiva a la estación natural de apareamiento (Fabre-Nys *et al.*, 1993); al inicio de esta época se hace necesario que la mayor cantidad posible de hembras estén receptivas y queden gestantes, asegurándose con ello un tiempo corto entre el primero y el último parto del grupo. El iniciar la actividad reproductiva en el momento en que lo hace la mayor parte del grupo tiene un significado funcional debido a las consecuencias favorables que resultan de la sincronización del rebaño, principalmente al permitir la protección más eficiente de los recién nacidos; el efecto macho contribuye enormemente a lograr tal sincronización.

Por otro lado, las interacciones sociales hembra-hembra juegan un papel importante en la regulación del momento en que inicia la actividad reproductiva de diversas especies (Delcroix *et al.*, 1990; Drickamer 1984; Gangrade y Dominic 1981; Alvarez y Zarco, 2001), y en condiciones naturales podría estar jugando un papel de apoyo al efecto macho al mejorar la sincronía en el inicio de la estación reproductiva.

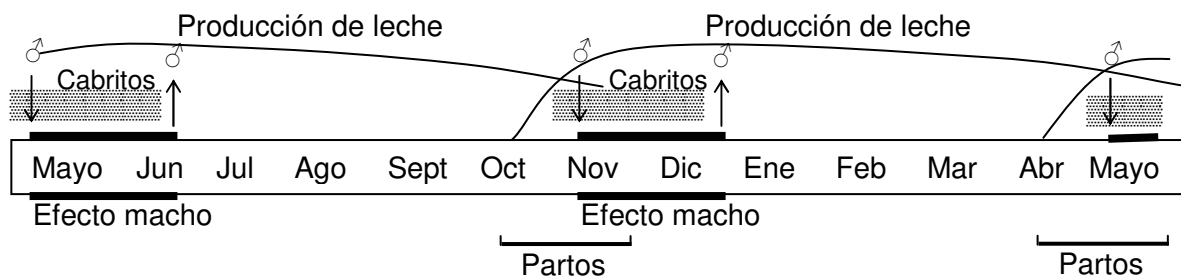
Puesto que en especies como la cabra las hembras compiten por la prioridad del contacto con el macho (Fabre-Nys *et al.*, 1993; Alvarez *et al.*, 2003), resulta lógico que las primeras en responder con ovulación y con una conducta estral más intensa sean las hembras dominantes (Alvarez *et al.*, 2003 Alvarez *et al.*, 2007), en tal caso, las hembras dominantes que responden al efecto macho actuarían, después, como las bioestimuladoras ideales en el efecto hembra.

Las hembras jóvenes que se hallan cerca de la pubertad se pueden inducir a ciclar exponiéndolas a machos sexualmente maduros durante la época de transición entre la estación de anestro y la estación reproductiva. Así, la introducción de machos cabríos unas cuatro a seis semanas antes del inicio de la estación normal de reproducción, inducirá, al menos, la ovulación en las dos terceras partes de las hembras. Los estros se empiezan a presentar en un rango de tiempo que puede ir de los 3 hasta los 15 días después de que el macho fue introducido. Es importante mencionar que se requiere de un aislamiento previo de los sexos, es decir, para que se observen mejores resultados, las hembras deberán permanecer sin contacto de ningún tipo (vista, tacto, olfato, sonido) con el macho a utilizar por lo

menos durante un período de 2 meses previo al momento en que se introduce al semental al corral de las hembras; lo anterior permite evitar el fenómeno conocido como “habitación” que reduce los efectos de la estimulación masculina en las hembras.

Dentro de los fenómenos de bioestimulación, falta por determinar si el efecto reportado recientemente de las hembras en estro sobre las anéstricas (“efecto hembra”; Walkden-Brown *et al.*, 1993, Alvarez *et al.*, 2001) puede ser utilizado de una forma rutinaria y económica en el control reproductivo de la cabra. Hasta el momento, dicho efecto ha demostrado ser efectivo en la inducción del estro fértil de una manera sincronizada en una proporción de animales que puede ir desde 60% (Walkden-Brown *et al.*, 1993), hasta 80% (Alvarez *et al.*, 2001).

En la práctica caprina, el fenómeno socio-sexual manifiesta un enorme potencial para reducir los costos económicos y ambientales del manejo reproductivo sin alterar la eficacia. Los métodos hormonales desarrollados con el fin de controlar la actividad reproductiva en la especie han demostrado una excelente eficiencia, sin embargo, cuentan con la desventaja de no estar fácilmente disponibles para el productor y con un alto precio. La utilización adecuada del efecto macho ha demostrado que tiene una eficiencia similar a la de cualquier estrategia hormonal, combinado con alguna de dichas estrategias (esponjas vaginales, dispositivo CIDR, etc.) se logra reducir de forma importante el costo de los tratamientos (Fernández, 2005) y la información apunta a que la cantidad de progestágenos y gonadotropinas en los tratamientos inductores-sincronizadores se puede disminuir de manera significativa sin afectar negativamente las características de la respuesta (Fernández, 2005). En la figura 2 se muestra un ejemplo de la utilización práctica del efecto macho en el manejo reproductivo de un rebaño caprino productor de leche.



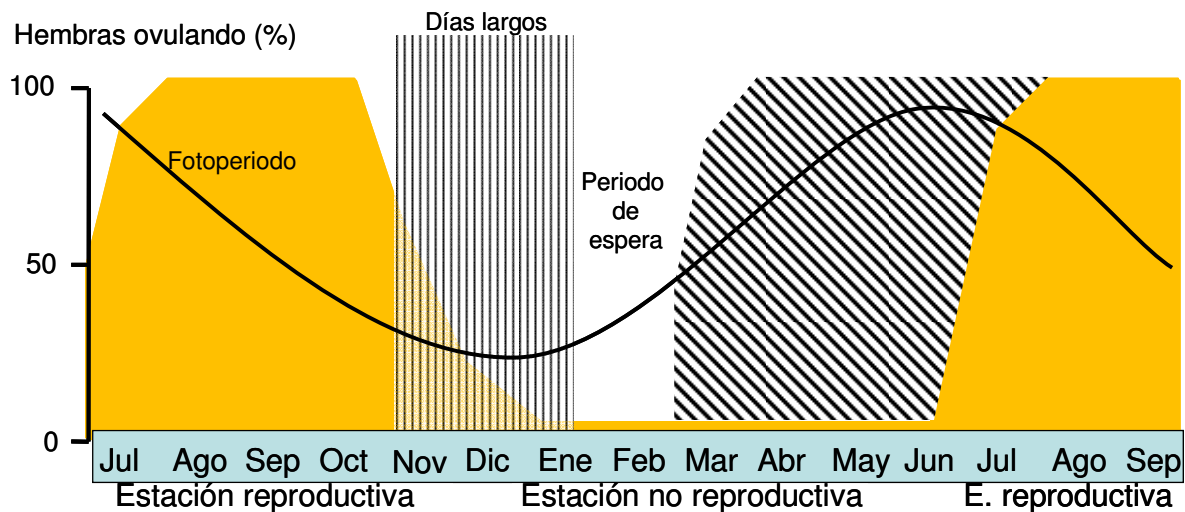
**Figura 2.-** Ejemplo gráfico que representa la producción anual de leche mediante el uso del efecto macho en zonas del centro del país. Generalmente, los machos (♂) se ponen en contacto (↓) con la mitad del rebaño en el mes de mayo, y en el mes de noviembre con la segunda mitad; los machos permanecen con las hembras por 45-60 días (↑), tiempo suficiente para que las hembras se gesten y con ello se tenga a la mayoría de las cabras iniciando su lactancia (curvas) en el mes de octubre-noviembre y con una duración de entre 7-10 meses; además, se cuenta con la producción de carne de cabrito de diferentes edades (■). De este modo, la producción de leche puede ser similar en cualquier momento del año. Esta estrategia es un ejemplo sencillo del uso de la bioestimulación sexual en un sistema de producción libre de hormonas.

Cuando se utilizan combinados con progestágenos, los estímulos socio-sexuales (efecto macho, efecto hembra) aceleran la presentación de la respuesta estral

(Romano, 2002; Fernández, 2005), lo que sugiere fuertemente que tal estímulo puede reemplazar a la eCG. Ante la importante tendencia actual de restringir el uso de productos hormonales en la producción animal (Martin et al., 2004), la exploración de este potencial en el fenómeno resulta interesante.

### b) Manipulación del fotoperíodo

En cabras en anestro puede inducirse el ciclo manipulando el fotoperíodo (Chemineau *et al.*, 1992; figura 3). Puede realizarse alojando a las cabras en locales totalmente cerrados de tal forma que permitan controlar el fotoperíodo a 8 horas luz-16 horas oscuridad. Los tratamientos están basados en la alternancia de días largos (crecientes) y de días cortos (decrecientes) puesto que no se conoce un fotoperíodo constante capaz de mantener una actividad sexual permanente. Los días cortos pueden ser artificiales o bien imitados mediante la administración de melatonina. Los resultados que se han obtenido se consideran extremadamente buenos, induciendo a la mayoría de los animales a ciclar. Sin embargo, las condiciones en que se debe aplicar tal programa lumínico hacen que los locales sean por lo general insalubres y que la técnica sea poco factible de ser llevada a la práctica, razón por la cual tiene su máxima utilización en trabajos de tipo experimental.



**Figura 3.** La respuesta al fotoperíodo determina que los animales se encuentren cíclicos en cierto periodo del año, estableciéndose la estación sexual (área naranja) y de anestro (área blanca). Tanto la duración precisa como el inicio y final de cada una de estas áreas está determinada por situaciones particulares de manejo de cada rebaño, como la alimentación. La exposición de los animales a fotoperíodos artificiales (días largos, 14-16 horas luz, líneas verticales), por ejemplo desde el mes de noviembre, permite el inicio de ciclos regulares a partir de marzo, acortándose la época de anestro o no ciclicidad y estableciéndose la nueva estación reproductiva (líneas inclinadas). El programa de manipulación lumínica proporciona la alternancia necesaria de días largos artificiales y días cortos naturales.

### c) Administración de hormonas exógenas

La inducción de la ovulación mediante uso de hormonas se basa en el uso de progestágenos para semejar la fase lútea normal.

#### Acetato de Fluorogestona (FGA) + eCG

Dentro de los progestágenos conocidos, el acetato de fluorogestona (FGA por sus siglas en inglés;) en combinación con eCG (gonadotropina coriónica equina) representa el método de inducción más utilizado hasta el momento en caprinos. Las esponjas intravaginales conteniendo FGA (ChronoGest®, Intervet), contienen entre 30-45 mg del producto; se aplican a la hembra y permanece intravaginal por 9-14 días (Kusina et al., 2000). Al momento en que se retira la esponja se aplica una inyección intramuscular de eCG con el objetivo de estimular el desarrollo folicular (figura 4). La dosis de eCG es muy difícil de generalizar, la más adecuada será la que provea de una fertilidad máxima sin provocar superovulación. Las dosis pueden variar de 100 UI en cabras lecheras jóvenes hasta 600 UI en cabras adultas lactantes. De una manera muy general puede decirse que durante el anestro “profundo” o cuando la producción láctea es abundante, se debe usar una dosis más elevada (dentro del rango) de eCG. Por ejemplo, se utilizan 100 UI más durante el anestro profundo que durante el período de transición y cuando las cabras producen más de 3.5 kg de leche por día que cuando producen menos. Entre un 80 y un 100% de animales que manifiestan estro con ovulación son observados en un lapso de 24-48 horas después de la aplicación de la eCG.

Otro de los progestágenos que se ha llegado a utilizar de manera intravaginal y con buenos resultados (en esponjas), pero que no tiene la misma disponibilidad para el productor en nuestro país, es el **acetato de medroxi-progesterona** (MAP; Motlomelo et al., 2002; Romano, 2004). Su uso es similar al del FGA.

#### **CIDR (Controlled Internal Drug Releasing) + eCG**

Con el mismo objetivo que las esponjas que contienen FGA, y con resultados similares, se han empezado a utilizar los dispositivos intravaginales conocidos como CIDR's (dispositivo interno de liberación controlada de droga). El dispositivo es un depósito de 0.33 gramos de progesterona natural que será liberada continuamente hasta su retiro. Deberá ser colocado intravaginalmente por un período de 12-14 días (figura 4). La mayoría de las hembras tratadas mostrará celo en aproximadamente 24-48 horas después de su retiro. La mayoría de los reportes existentes al momento indican una eficiencia inductiva y sincronizadora semejante a la de las esponjas al utilizarlos por un período de 12 días (Wheaton et al., 1993). Se observan algunas ventajas con respecto a las esponjas vaginales, como son el hecho de que el material no produce reacción alguna, eliminándose la posible acumulación de moco maloliente y adherencias. Además, su aplicación y remoción son, por mucho, más sencillas y menos traumáticas para la cabra. El grado de retención (permanencia del dispositivo intravaginalmente) es semejante al de las esponjas (Wheaton et al., 1993).

#### **Norgestomet**

El norgestomet (Crestar®, Intervet) es un producto comúnmente usado en la sincronización estral de bovinos que ha sido utilizado con éxito también en cabras. El producto comercial consta de un implante conteniendo el progestágeno (norgestomet), y una inyección con valerato de estradiol y norgestomet. El programa de su uso consiste en la colocación del implante (1.2-2 mg de norgestomet) al tiempo que se inyecta el valerato de estradiol (1.25-2.5mg)/norgestomet (0.75-1.5mg); nueve u once días después el implante es retirado y la respuesta estral inicia a partir de las primeras 24 horas posteriores (Mellado y Valdéz, 1997; Oliveira et al., 2001; Freitas et al., 1997). En cabras, el

implante puede ser colocado subcutáneamente en la base de la oreja o en la superficie ventral de la cola (East y Rowe, 1989).

#### **Acetato de Melengestrol (MGA) +eCG**

El acetato de melengestrol (MGA por sus siglas en inglés), es un progestágeno que ha sido utilizado en forma oral como promotor del crecimiento (Schiffer et al., 2004) y por su capacidad de inhibir la conducta sexual en rumiantes su uso como inductor-sincronizador de estros y ovulaciones se ha extendido (Quispe et al., 1994; Cervantes, 1991; Chávez, 1990; Trujillo, 1992; Perry et al., 2005).

Las dosis utilizadas de este progestágeno son de 0.11-0.25 mg/animal/día durante períodos de 9-14 días (figura 4). Durante la estación no sexual, se observan buenos resultados al utilizarlo en dosis de 0.22 mg por un tiempo de 9 días. Al igual que con el FGA, al retirar el tratamiento se deberá aplicar una inyección intramuscular de eCG. Los resultados pueden hacerse evidentes a partir de las 48-72 horas.

Además de su eficacia, que puede ser similar a la de los dispositivos vaginales mencionados arriba, el tratamiento con MGA cuenta con la ventaja de tener un costo 10 veces menor. Sin embargo, se ha afirmado que el uso de esta estrategia representa algunos inconvenientes, como el hecho de que la sincronización lograda en la respuesta no es similar a la lograda con los dispositivos vaginales (Daniel et al 2001; Cervantes, 1991; Chávez, 1990; Trujillo, 1992), sin embargo, en otros estudios la respuesta es similar entre tratamientos. Además, al ser un tratamiento para administrarse vía oral, se ha argumentado también que puede resultar difícil asegurar el consumo requerido por cada individuo del grupo durante el periodo de tratamiento; en este sentido se debe considerar la característica altamente jerárquica de la especie y su alto nivel de competencia al momento de alimentarse.

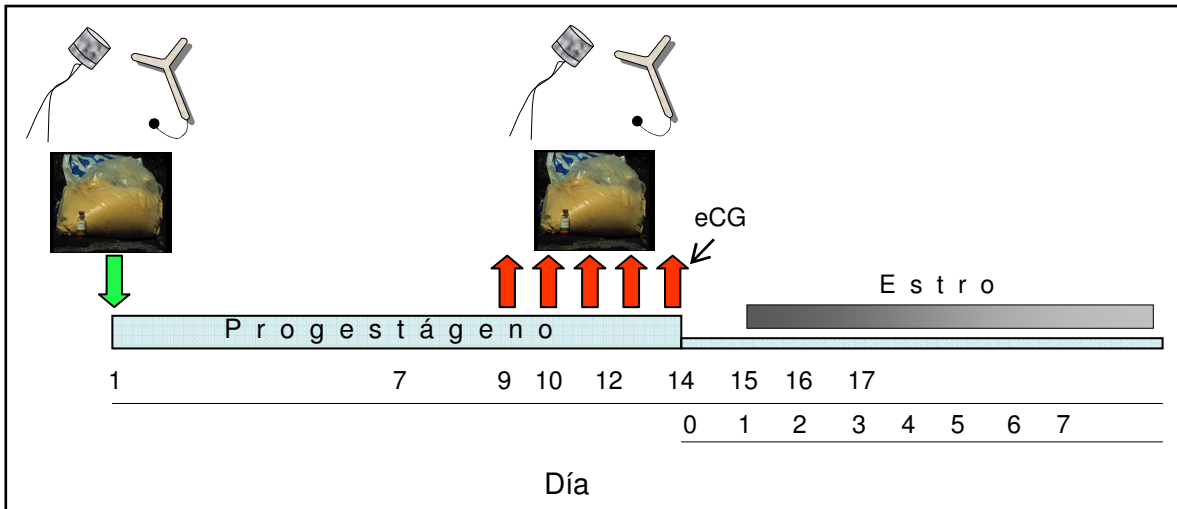
Con cualquiera de las estrategias utilizadas, es importante recordar que el uso de eCG al finalizar los tratamientos mejora los resultados. Se sabe que su ausencia en los tratamientos fuera de estación (Umberguer et al., 194) o aún dentro de ella (Oliveira et al., 2001) reduce de manera significativa la presentación del estro, la ovulación y la fertilidad.

#### **Técnicas de sincronización del estro y ovulación**

La sincronización de calores es una de las herramientas que se pueden utilizar para aprovechar al máximo el período reproductivo de la cabra (8). Dicho método mejora notablemente los resultados del empadre al inicio de la estación reproductiva. La principal ventaja de la sincronización de calores es, quizás, el hecho de que facilita la aplicación de programas de inseminación Artificial.

#### **Progestágenos + eCG**

Los progestágenos mencionados arriba tienen también un papel sincronizador del ciclo estral en la cabra. Su utilización como sincronizadores (dentro de la estación sexual) solo difiere de cuando se les utiliza como inductores (fuera de la estación sexual), en que el tiempo de administración es mayor (hasta 14-16 días) con el objetivo de cubrir la fase lútea completa del ciclo. Debe recordarse, sin embargo, que prolongar el tiempo de exposición al progestágeno afecta negativamente la fertilidad de los animales tratados (Hawk y Echternkamp, 1973; Quispe et al., 1994).



**Figura 4.** Representación esquemática del uso de progestágenos en el control reproductivo de los caprinos. En el primer día del tratamiento (flecha verde), se inserta el dispositivo vaginal o se inicia la alimentación con el producto oral. El tratamiento se mantiene por lo general un lapso de 9 (estación no sexual) a 14 días (estación sexual), y una vez terminado (en cualquier momento indicado por flechas rojas), los resultados se empezarán a presentar desde las 24h en el caso de haber utilizado algún dispositivo vaginal o implante, o hasta 50h en el caso del MGA. Durante la estación reproductiva, periodos cortos en la utilización de progestágenos requieren del uso de prostaglandinas para asegurar la eliminación del cuerpo lúteo que podría estar presente.

### Prostaglandinas y análogos sintéticos

La prostaglandina  $F_{2\alpha}$  es el sincronizador por excelencia gracias a su capacidad luteolítica. Sin embargo, no induce la regresión lútea antes del día 4 del ciclo, por lo que una sola inyección no permite controlar el momento de la ovulación en la totalidad de las hembras tratadas. Son capaces de inducir la lisis del cuerpo lúteo sólo después del día 5 y hasta el día 16 del ciclo; se hace necesario entonces, aplicar una segunda inyección de 8-15 días (11 días) después de la primera. Las dosis varían de 125  $\mu\text{g}$  hasta 10mg por inyección (Bretzlaff et al., 1981; Mellado et al 1994; Lassala et al., 2004), dependiendo del tipo de prostaglandina (cloprostenol, luprostirol, Dinoprost trometamina) y la vía de administración seleccionada (intramuscular, subcutánea, subcutánea-intravulvar). Los animales son observados en celo desde las 24-48 horas después de la segunda inyección. La eficiencia llega a ser de hasta el 100% de hembras con actividad ovárica, dependiendo de si las hembras tratadas se encontraban durante el diestro.

### Progestágenos + Prostaglandinas

El hecho de que en ocasiones se encuentran animales con cuerpo lúteo activo después de haber recibido tratamiento a base de progestágenos, creó la idea de utilizar la combinación de un progestágeno con un luteolítico. Así, el progestágeno tendrá su acción ya mencionada y los cuerpos lúteos que no sufran regresión durante ese tiempo serán destruidos al administrar la prostaglandina. En la combinación de ambos productos, los progestágenos se utilizan de la forma ya mencionada, con la diferencia de que ya no se hace necesaria la administración de la eCG al final del tratamiento. En trabajos en que se ha utilizado el acetato de melengestrol y la prostaglandina  $F_2$  alfa se logró obtener una respuesta del 100%



de animales ciclando sincronizadamente en un período de 24 a 48 horas después de la aplicación de prostaglandinas F2 alfa (Trujillo, 1992).

La mayor ventaja de combinar los progestágenos con la prostaglandina es, probablemente, el hecho de que el periodo de uso de los primeros se puede reducir de manera significativa. Así, una inyección del luteolítico luego de 5-6 días de uso de los progestágenos permite obtener resultados excelentes (Freitas et al 2004; Ramírez, 2007).

### **INSEMINACION ARTIFICIAL**

La inseminación artificial (IA) es, quizá, la técnica aislada más importante desarrollada para el mejoramiento genético animal. Desde principios del siglo XX, la IA se ha venido desarrollando con éxito considerable tanto en bovinos como en ovinos. En cabras, aunque su utilización ha sido posterior, los beneficios obtenibles son similares, entre otros (Evans y Maxwell, 1990): mejora genética para la producción de leche, carne o pelo, debido a la facilidad de obtener semen de animales seleccionados de alta calidad; fácil transporte del material genético; conservación prolongada del material genético; aumento de la eficacia reproductora; prevención y control de enfermedades; utilización de reproducción sincronizada o en época propicia; etc. En ocasiones, algunos de los beneficios de la tecnología se convierten en riesgos a considerar, por ejemplo, en los casos en que los machos no han sido adecuadamente evaluados en sus padecimientos de enfermedades de transmisión sexual, la IA puede extender los padecimientos con mayor rapidez que la monta natural (Evans y Maxwell, 1990).

En la actualidad, la técnica está ampliamente difundida en varios países, dentro de los que destacan Francia y España, caracterizados por la producción de leche para la elaboración de quesos famosos y de alto valor económico, consecuencia de una mayor eficiencia de producción a través de un rápido mejoramiento genético.

El éxito de la inseminación artificial se basa en el buen funcionamiento de las diversas etapas que la comprenden, y que se pueden sintetizar en la colección de semen, su evaluación, dilución, conservación y aplicación, así como el control de los diversos factores que influyen en la calidad del mismo.

### **Colección de semen**

Las técnicas empleadas en la colección del semen en caprinos son básicamente dos. La primera comprende la utilización de una vagina artificial y la segunda técnica la representa la estimulación eléctrica (electroeyaculación; Evans y Maxwell, 1990).

El mejor y más fácil procedimiento para la obtención del semen es mediante la vagina artificial. Con la vagina artificial se simulan las características de la vagina de la hembra de la especie, permitiendo proporcionar el estímulo térmico (temperatura) y mecánico (presión) necesarios para la eyaculación. Este técnica de colección permite la obtención de un eyaculado con características similares al de la monta natural, además de que la práctica puede realizarse varias veces al día. Durante la colección, se debe sostener la vagina artificial en forma paralela y cerca de la cadera de la cabra, alineada en forma inclinada con la trayectoria esperada del pene del macho, que debe guiarse hacia la entrada de la vagina tomando la vaina con la mano libre inmediatamente atrás del orificio prepucial. La introducción del pene suele lograrse con el movimiento propio del macho hacia

arriba y adelante, y la eyaculación se logra en un tiempo mínimo y el semental realiza un movimiento característico denominado “brinco” o “golpe de riñón”. Tanto la temperatura de la vagina como la del tubo colector son importantes, debido a que en el primer caso el macho puede ser lesionado con altas temperaturas o bien negarse a efectuar montas, y los espermatozoides pueden ser lesionados. La temperatura que deberá poseer el interior de la vagina artificial será de 40-45 °C. La presión en la vagina artificial es considerada como un factor secundario ya que el estímulo principal que requiere el semental para eyacular es la temperatura; como quiera que sea, se recomienda probar la presión del interior de la vagina introduciendo la punta del dedo.

En todo el procedimiento de colección es recomendable contar con una hembra (maniquí) que de preferencia deberá estar en celo, ello facilitará el manejo del semental y permitirá una colección más rápida y de mejor calidad debido a la estimulación recibida por el macho.

La electroeyaculación implica una estimulación eléctrica del tracto reproductivo a nivel de nervios simpáticos lumbares y sacros, de tal forma que al realizar descargas rítmicas (10-15 voltios) a través de un electrodo introducido por el ano del macho. El pene se extiende enderezándolo desde la flexura sigmoidea, de forma que el glande se pueda sujetar directamente con la mano y liberar el pene del prepucio. Después de unos cuantos estímulos se obtendrán las primeras secreciones y el semen que deberá ser colectado en un tubo limpio tibio (Evans y Maxwell, 1990). Este método se prefiere sólo cuando los machos no pueden ser adiestrados o rechazan la vagina artificial, también cuando se imposibilita la monta por lesiones o enfermedades. La calidad de los eyaculados obtenidos mediante esta técnica es considerablemente menor que los obtenidos mediante vagina artificial, ya que comúnmente se contamina con orina; generalmente los eyaculados son poco concentrados, conteniendo gran proporción de líquido seminal y poca cantidad de espermatozoides. Por lo anterior, es preferible y recomendable el uso de la vagina artificial (Evans y Maxwell, 1990).

Una vez que el semen se ha colectado, se procede a su evaluación, lo que permitirá decidir si es conveniente su utilización, o bien, la forma de diluirlo para determinar el número de dosis.

Los parámetros de evaluación son macroscópicos y microscópicos. Los primeros dan tan sólo una idea aproximada de la calidad del semen y se refieren al volumen, color, consistencia, y pH. Los segundos indican el valor real del eyaculado e involucran cuatro medidas principales: motilidad, concentración, porcentaje de vivos y muertos y porcentaje de anormalidades. En trabajos de campo con semen fresco puede ser válido tomar en cuenta únicamente la concentración y la motilidad (Arbiza, 1986).

La dilución del semen se realiza por razones de tipo técnico y biológico. En la monta natural el macho deposita miles de millones de espermatozoides en la vagina de la hembra, de ellos una mínima parte (100-140 millones) atraviesan el cérvix. En la IA el número de espermatozoides depositados en la vagina de la hembra se reduce sustancialmente, pudiendo ser de entre 100-150 millones por dosis. En este caso, la dilución del semen tiene como objetivo básico el de proporcionar más volumen, haciendo que su manejo se torne práctico. Así, se utilizan volúmenes de 0.05-0.20ml por dosis. Si se utilizara semen sin diluir, dicho

volumen contendría un número de espermatozoides superior al indicado arriba, lo que resultaría en un método poco económico; el problema de reducir el número de espermatozoides a la dosis requerida, manteniendo un volumen adecuado, se soluciona mediante la dilución del semen (Evans y Maxwell, 1990). Lo anterior representa las razones de tipo técnico más importantes. Las razones biológicas para la dilución del semen se refieren a que se le proporciona un medio que le permite sobrevivir el mayor tiempo posible sin detrimento de su fertilidad, protegiéndolo de las bajas temperaturas por largo tiempo y otorgándole nutrientes (Evans y Maxwell, 1990).

Una vez que se ha diluido al semen, se le puede utilizar en tres formas (Evans y Maxwell, 1990; Arbiza, 1986; McDonald, 1989; Hafez, 1989):

- Fresco. Para su uso inmediato dentro de un período máximo de 30 minutos después de su dilución.
- Fresco. Para ser utilizado el mismo día, es enfriado desde 30°C hasta 15 o 5°C en un proceso que requiere de 1.5 horas. Se puede conservar por períodos de hasta 14-16 horas sin perder su calidad. En estos casos se pueden utilizar diluyentes a base de yema de huevo (tris-fructuosa, glucosa-citrato) o leche de vaca tipo UHT.
- Congelado. Este medio de conservación permite su utilización días o incluso años después de su colección. El semen preparado para tales fines primero es enfriado a 5°C y, después de un tiempo de reposo (período de equilibrio) que comprende 2-3 horas, es colocado en pajillas o *pellets*. Después es colocado en el vapor de nitrógeno por un período de 8-10 minutos, para luego sumergirlo en el nitrógeno líquido a una temperatura de -196°C que es la temperatura de conservación hasta su utilización (Evans y Maxwell, 1990).

Para mayor información sobre el tema discutido arriba, se recomienda revisar uno de los documentos más importantes sobre el tema (Evans y Maxwell, 1990).

### **DIAGNOSTICO DE GESTACION**

Determinar si una hembra fue gestada o no en el período de empadre anterior nos permite, entre otras cosas, conocer el éxito o fracaso del empadre, identificar hembras no preñadas con la finalidad de incorporarlas al siguiente empadre lo más pronto posible, eliminar las hembras repetidoras, conocer el comportamiento reproductivo de los sementales y otorgar la alimentación requerida a las gestantes. Las hembras que no son gestadas durante su periodo receptivo presentarán conducta de estro en un tiempo aproximado de 6-7 (en caso de animales con presentación de ciclos cortos) o 21 días a partir del momento de la monta o servicio. Así, el método más utilizado es la detección de la repetición de los celos en las hembras no gestantes. Sin embargo, dicho método de diagnóstico tiene su uso limitado a la estación reproductiva y resulta complicado su uso en hembras cuyo estro fue inducido durante la estación no sexual.

También es posible detectar la preñez con buenos resultados mediante la palpación abdominal externa. Colocando la palma de las manos, y principalmente la punta de los dedos en la pared abdominal (delante de la glándula mamaria), se ejerce presión de manera rítmica esperando recibir el “golpeteo” o “rebote” del producto o contenido uterino. Dichos movimientos se alternan con presión suave hacia abajo en la parte lateral del abdomen para facilitar el contacto con el

producto. Dado que el tamaño del producto es el factor principal que permite o no su detección, la técnica da resultados confiables sólo después del tercer mes de gestación.

Las variaciones hormonales también pueden ser usadas como indicadores de gestación en las cabras. Un ciclo después de la inseminación o monta, las concentraciones de progesterona en el plasma sanguíneo o en la leche son elevadas en las hembras declaradas gestantes. Por el contrario, en las hembras vacías, los niveles de dicha hormona son bajos los días 21, 22 y 23 después del servicio, indicando el inicio de un nuevo ciclo o la entrada a la estación no sexual. Su inconveniente radica en que el número de laboratorios que realizan el ensayo requerido es muy bajo en el país, además de tener un costo que puede ser limitante para la mayoría de los productores.

A partir de los dos meses desde el servicio, la ultrasonografía resulta en eficiencias excelentes de diagnóstico, aunque resulta difícil para el productor obtener el equipo por su alto costo.

### **Literatura citada**

Alvarez L, Zarco L. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México* 2001;32:117-129.

Alvarez L, Martin GB, Galindo F, Zarco LA. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Applied Animal Behavior Science* 2003;84:119-126.

Alvarez L, Zarco L, Galindo F, Blache D, Martin GB. Social rank and response to the "male effect" in the Australian Cashmere goat. *Animal Reproduction Science* 2007;In Press.

Arbiza AS. Producción de caprinos. AGT Editor, México, D.F., 1986.

Atkinson S, Williamson P. Ram-induced growth of ovarian follicles and gonadotrophin inhibition in anoestrous ewes. *Journal of Reproduction and Fertility* 1985;73:185-189.

Bertrand F, Viguie C, Picard S, Malpoux B. Median eminence dopaminergic activation is critical for the early long day inhibition of luteinizing hormone secretion in the ewe. *Endocrinology* 1998;139:5094-5102.

Bittman EL, Dempsey RJ, Karsch FJ. Pineal melatonin secretion drives the reproductive response to daylength in the ewe. *Endocrinology* 1983;113:2276-2283.

Bittman EL, Karsch FJ. Nightly duration of pineal melatonin secretion determines the reproductive response to inhibitory day length in the ewe. *Biology of Reproduction* 1984;30:585-593.

Bretzlaff KN, Ott, RS, Weston PG, Hixon JE. Doses of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  effective for induction of estrus in goats. *Theriogenology* 1981;16:587-591.

Brooks AN, Lamming GE, Lees PD, Haynes NB. Opioid modulation of LH secretion in the ewe. *Journal of Reproduction and Fertility* 1986;76:698-708.

Caraty A, Antoine C, Delaleu B, Locatelli A, Bouchard P, Gautron JP, Evans NP, Karsch FJ, Padmanabhan V. Nature and bioactivity of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) secreted during the GnRH surge. *Endocrinology* 1995;136:3452-3460.

Cervantes MJ. Utilización el acetato de melengestrol y acetato de fluorogestona para la inducción de estros en cabras prepúberes y en cabras adultas durante la estación de anestro. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México, DF, 1991.

Clarke IJ, Cummins JT. The temporal relationship between gonadotropin releasing hormone (GnRH) and luteinizing hormone (LH) secretion in ovariectomized ewes. *Endocrinology* 1982;111:1737-1739.

Cohen-Tannoudji J, Locatelli A, Signoret JP. Non-pheromonal stimulation by the male of LH release in the anoestrous ewe. *Physiology and Behavior* 1986;36:921-924.

Curlewis JD, Naylor AM, McNeilly AS. Evaluation of a possible role for dopamine D1 and D2 receptors in the steroid-dependent suppression of LH secretion in the seasonally anoestrous ewe. *Journal of Neuroendocrinology* 1991;3:387-391.

Curlewis JD, Naylor AM, McNeilly AS. Evaluation of a possible role for dopamine D1 and D2 receptors in the steroid-dependent suppression of LH secretion in the seasonally anoestrous ewe. *Journal of Neuroendocrinology* 1991;3:387-391.

Currie WD, Cook SJ, Rawlings NC. LH secretion in ovariectomized ewes: effects of morphine and ovarian steroid interaction with naloxone during the breeding season and anestrus. *Canadian Journal of Animal Science* 1991;71:333-334.

Chemineau P, Malpoux B, Delgadillo JA, Guérin Y, Ravault JP, Thimonier J, Pelletier J. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science* 1992;30:157-184.

Chemineau P. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrus cycles in anovulatory goats - a review. *Livestock Production Science* 1987;17:135-147.

Chesworth JM, Tait A. A note on the effect of the presence of rams upon the amount of luteinizing hormone in the blood of ewes. *Animal Production* 1974;19:107-110.

Daniel JA, Sterle SW, McFadin-Buff EL, Keisler DH. Breeding ewes out-of-season using melengestrol acetate, one injection of progesterone, or a controlled internal drug releasing device. *Theriogenology* 2001;56:105-110.

Deaver DR, Dailey RA. Effects of dopamine, norepinephrine and serotonin on plasma concentrations of luteinizing hormone and prolactin in ovariectomized and anestrus ewes. *Biology of Reproduction* 1982;27:624-632.

Delcroix IR, Mauget R and Signoret JP. Existence of synchronization of reproduction at the level of the social group of the European wild boar (*Sus scrofa*). *Journal of Reproduction and Fertility* 1990;89:613-617.

Drickamer LC. Seasonal variation in acceleration and delay of sexual maturation in female mice by urinary chemosignals. *Journal of Reproduction and Fertility* 1984;72:55-58.

East NE, Rowe JD. Subcutaneous progestin implants versus intravaginal sponges for dairy goat estrus synchronization during the transitional period. *Theriogenology* 1989;32:921-928.

Evans G, Maxwell WMC. Inseminación artificial de ovejas y cabras. Ed. Acribia S. A., Zaragoza, España. 1990. pp 192.

Fabre-Nys C, Poindron P and Signoret JP. Reproductive behaviour. In: *Reproduction in Domesticated Animals (World Animal Science B 9)*. Edited by GJ King. Elsevier Science Publishers B.V. 1993.

Freitas VJF, Baril G, Saumande J. Estrus synchronization in dairy goats: use of fluorogestone acetate vaginal sponges or norgestomet ear implants. *Animal Reproduction Science* 1997;46:237-244.

Freitas VJF. Hormonal treatments for the synchronisation of oestrus in dairy goats raised in the tropics. *Reproduction Fertility and Development* 2004; 16:415-420.

Gallegos-Sánchez J, Delaleu B, Caraty A, Malpoux B, Thiéry JC. Estradiol acts locally within the retrochiasmatic area to inhibit pulsatile luteinizing-hormone release in the female sheep during anoestrus. *Biology of Reproduction* 1997;56:1544-1549.

Gangrade BK and Dominic CJ. Role of contact stimuli in oestrous cycle irregularities in unisexually grouped mice. *Indian Journal of Experimental Biology* 1981;19:645-646.

Gayrard V, Malpoux B, Thiéry JC. Oestradiol increases the extracellular levels of amine metabolites in the ewe hypothalamus during anoestrus – a microdialysis study. *Journal of Endocrinology* 1992;135:421-430.

Gayrard V, Malpoux B, Tillet Y, Thiéry JC. Estradiol increases tyrosine hydroxylase activity of the A15 nucleus dopaminergic neurons during long days in the ewe. *Biology of Reproduction* 1994;50:1168-1177.

Goodman RL, Bittman EL, Foster DL, Karsch FJ. Alterations in the control of luteinizing hormone pulse frequency underlie the seasonal variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biology of Reproduction* 1982;27:580-589.

Goodman RL, Karsch FJ. Pulsatile secretion of luteinizing hormone: Differential suppression by ovarian steroids. *Endocrinology* 1980;107:1286-1290.

Hafez ESE. *Reproducción e inseminación artificial en animales*. Quinta Edición. Interamericana McGraw-Hill, México, D.F., 1989.

Havern RL, Whisnant CS, Goodman RL. Dopaminergic structures in the ovine hypothalamus mediating estradiol negative feedback in anestrus ewes. *Endocrinology* 1994;134:1905-1914.

Hawk HW, Echternkamp SE. Uterine contractions in the ewe during progesterone regulated oestrus. *Journal of Reproduction and Fertility* 1973;34:347-349.

Herbison AE, Robinson JE, Skinner DC. Distribution of estrogen receptors-immunoreactive cells in the preoptic area of the ewe: co-localization with glutamic acid decarboxylase but not LHRH. *Neuroendocrinology* 1993;57:751-759.

Horton RJE, Francis H, Clarke IJ. Seasonal and steroid-dependent effects on the modulation of LH secretion in the ewe by intracerebroventricular administered  $\beta$ -endorphin or naloxone. *Journal of Endocrinology* 1989;122:509-517.

l'Anson H, Legan SJ. Changes in LH pulse frequency and serum progesterone concentration during the transition to breeding season in ewes. *Journal of Reproduction and Fertility* 1988;82:341-351.

Karsch FJ, Bittman EL, Foster DL, Goodman RL, Legan SJ and Robinson JE. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Progress in Hormone Research* 1984;40:185-232.

Karsch FJ, Legan SJ, Ryan KD, Foster DL. Importance of estradiol and progesterone in regulating LH secretion and estrous behaviour during the sheep estrous cycle. *Biology of Reproduction* 1980;23:4004-413.

Karsch FJ, Suzanne M Moente, Caraty A. The neuroendocrine signal for ovulation. *Animal Reproduction Science* 1992;28:329-341.

Knight TW, Lynch PR. The pheromones from rams that stimulate ovulation in the ewe. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 1980;13:74-76.

Knight TW, Tervit HR, Lynch PR. Effects of boar pheromones, ram's wool, and the presence of bucks on ovarian activity in anovular ewes early in the breeding season. *Animal Reproduction Science* 1983;6:129-134.

Kusina NT, Tarwirei F, Hamudikuwanda H, Agumba G, Mukwena J. A comparison of the effects of progesterone sponges and ear implants, PGF2alpha, and their combination on efficacy of estrus synchronization and fertility of Mashona goat does. *Theriogenology* 2000;53:1567-1580.

Lassala A, Hernández-Cerón J, Rodríguez-Maltos R, Gutierrez CG. The influence of the corpus luteum on ovarian follicular dynamics during estrous synchronization in goats. *Animal Reproduction Science* 2004;84:369-375.

Le Corre S, Chemineau P. Control of photoperiodic inhibition of luteinizing hormone secretion by dopaminergic and serotonergic systems in ovariectomized Ile-de-France ewes supplemented with oestradiol. *Journal of Reproduction and Fertility* 1993;97:367-373.

Legan SJ, Karsch FJ, Foster DL. The endocrine control of seasonal reproductive function in the ewe: a marked change in response to the negative feedback action of estradiol on luteinizing hormone secretion. *Endocrinology* 1977;101:818-824.

Legan SJ, Karsch FJ. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: modulation of the negative feedback action of estradiol. *Biology of Reproduction* 1980;23:1061-1068.

Legan SJ. Induction of ovulation in anestrus ewes by modulation of synthetic GnRH pulse frequency. *Biology of Reproduction* 1982;45:317-328.

Lehman MN, Durham DM, Jansen HT, Adrian B, Goodman RL. Dopaminergic A14/A15 neurons are activated during estradiol negative feedback in anestrus, but not breeding season, ewes. *Endocrinology* 1996;137:4443-4450.

Lehman MN, Karsch FJ. Do GnRH, tyrosine hydroxylase and  $\beta$ -endorphin-immunoreactive neurons contain estrogen receptors? A double-label immunocytochemical study in the Suffolk ewe. *Endocrinology* 1993;133:887-895.

Lincoln GA, Maeda KI. Reproductive effects of placing microimplants of melatonin in the mediobasal hypothalamus and preoptic area in rams. *Journal of Endocrinology* 1992;132:201-215.

Malpaux B, Daveau A, Maurice F, Gayrard V, Thiéry JC. Short days effects of melatonin on luteinizing hormone secretion in the ewe: evidence for central sites of action in the mediobasal hypothalamus. *Biology of Reproduction* 1993;48:752-760.

Malpaux B, Daveau A, Maurice-Mandon F, Duarte G, Chemineau P. Evidence that melatonin acts in the premammillary hypothalamic area to control reproduction in the ewe: presence of binding sites and stimulation of luteinizing hormone secretion by in situ microimplants delivery. *Endocrinology* 1998;139:1508-1516.

Marshall FHA. On the change over in the oestrous cycle in animals after transference across the equator, with further observations on the incidence of the breeding seasons and the factors controlling sexual periodicity. *Proceeding of the Royal Society of London (Ser B)* 1937;122:413-428.

Martin GB, Oldham CM, Cognié Y, Pearce DT. The physiological response of anovulatory ewes to the introduction of rams - a review. *Livestock Production Science* 1986;15:219-247.

Martin GB, Oldham CM, Lindsay DR. Increased plasma LH levels in seasonally anovular Merino ewes following introduction of rams. *Animal Reproduction Science* 1980;3:125-132.

Martin GB, Scaramuzzi RJ, Henstridge JD. Effects of oestradiol, progesterone and androstenedione on the pulsatile secretion of luteinizing hormone in ovariectomized ewes during spring and autumn. *Journal of Endocrinology* 1983a;96:181-193.

Martin GB, Scaramuzzi RJ, Lindsay DR. Effect of the introduction of rams during the anoestrous season on the pulsatile secretion of LH in ovariectomized ewes. *Journal of Reproduction and Fertility* 1983b;67:47-55.

Martin GB, Milton JTB, Davidson RH, Banchemo Hunzicker GE, Lindsay DR, Blache D. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Animal Reproduction Science* 2004;82-83:231-245.

McDonald LE. *Endocrinología veterinaria y reproducción*. Cuarta Edición. Interamericana McGraw-Hill. México, D.F., 1989.

McLeod BJ, Haresign W, Lamming GE. The induction of ovulation and luteal function in seasonally anoestrous ewes treated with small-dose multiple injections of GnRH. *Journal of Reproduction and Fertility* 1982;65:215-221.

McNatty KP, Ball K, Gibb M, Hudson N, Thurley DC. Induction of cyclic ovarian activity in seasonally anoestrous ewes with exogenous GnRH. *Journal of Reproduction and Fertility* 1982;64:93-96.

McNeilly AS, O'Connell M, Baird DT. Induction of ovulation and normal luteal function by pulsed injection of luteinizing hormone in anoestrous ewes. *Endocrinology* 1982;110:1292-1299.

Mellado M, Alemán R, Orozco FJ, Uribe G. Effect of prostaglandin F<sub>2α</sub> dosage and route of administration on estrus response in Criollo goats under range conditions. *Small Ruminant Research* 1994;14:205-208.

Mellado M, Valdéz R. Synchronization of estrus in goats under range conditions treated with different doses of new or recycled norgestomet implants in two seasons. *Small Ruminant Research* 1997;25:155-160.

Meyer SL, Goodman RL. Neurotransmitters involved in mediating the steroid-dependent suppression of pulsatile luteinizing hormone secretion in anoestrous ewes: effects of receptors antagonists. *Endocrinology* 1985;116:2054-2061.

Meyer SL, Goodman RL. Separate neural systems mediate the steroid-dependent and steroid-independent suppression of tonic luteinizing hormone secretion in the anoestrous ewe. *Biology of Reproduction* 1986;35:562-571.

Mgongo FOK. Doses of prostaglandin analogue "cloprostenol" by intravulvo-submucosal (IVSM) injections effective for the induction of oestrus in goats. *Animal Reproduction Science* 1987;14:139-146.

Motlomelo, KC, Greyling JPC, Schwalbach LMJ. Synchronisation of oestrus in goats: the use of different progestagen treatments. *Small Ruminant Research* 2002;45:45-49.

Oliveira MAL, Guido SI, Lima PF. Comparison of different protocols used to induce and synchronize estrus cycle of Saanen goats. *Small Ruminant Research* 2001;40:149-153.

Pearce GP, Oldham CM. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *Journal of Reproduction and Fertility* 1988;84:333-339.

Perry GA, Welshons WV, Bott RC, Smith MF. Basis of melengestrol acetate action as a progestin. *Domestic Animal Endocrinology* 2005;28:147-161.



Quispe T, Zarco L, Valencia J, Ortiz A. Estrus synchronization with melengestrol acetate in cyclic ewes. Insemination with fresh or frozen semen during the first or second estrus post treatment. *Theriogenology* 1994;41:1385-1392.

Ramírez MA. Uso combinado del acetato de melengestrol con y sin eCG, y prostaglandinas en tratamientos cortos para la sincronización estral y ovulatoria de cabras lecheras. Tesis de Licenciatura (en proceso). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, 2007.

Romano JE. Synchronization of estrus using CIDR, FGA or MAP intravaginal pessaries during the breeding season in Nubian goats. *Small Ruminant Research*, 2004;55:15-19.

Scaramuzzi RJ, Tillson SA, Thorneycroft IH, Caldwell BV. Action of exogenous progesterone and estrogen on behavioural oestrus and luteinizing hormone levels in the ovariectomized ewe. *Endocrinology* 1971;88:1184-1189.

Scott CJ, Pereira AM, Simmons DM, Ing HH, Rawson JA, Clarke IJ. Estrogen receptors in the brainstem of female sheep: relationship to noradrenergic cells and projecting to the medial preoptic area. *Journal of Neuroendocrinology* 1999;11:745-755.

Schiffer B. Mobility of the growth promoters trembolone and melengestrol acetate in agricultural soil: column studies. *Science of the Total Environment* 2004; 326:225-237.

Simonian SX, Delaleu B, Caraty A, Herbison AE. Estrogen receptor expression in brainstem noradrenergic neurons of the sheep. *Neuroendocrinology* 1998;67:392-402.

Thiéry JC, Chemineau P, Hernández X, Migaud M, Malpaux B. Neuroendocrin interactions and seasonality. *Domestic Animal Endocrinology* 2002;23:87-100.

Thiéry JC, Gayrard V, Le Corre S, Viguie C, Martin GB, Chemineau P, Malpaux B. Dopaminergic control of LH secretion by the A15 nucleus in anestrus ewes. *Journal of Reproduction and Fertility* 1995;(Suppl 49):285-296.

Thiéry JC, Martin GB, Tillet Y, Caldani M, Quentin M, Jamain C, Ravault JP. Role of hypothalamic catecholamines in the regulation of LH and prolactin secretion in the ewe during seasonal anoestrus. *Neuroendocrinology* 1989;49:80-87.

Thiéry JC, Martin GB. Neurophysiological control of the secretion of gonadotrophin-releasing hormone and luteinizing hormone in the sheep – A review. *Reproduction Fertility and Development* 1991;3:137-173.

Thiéry JC. Monoamine content of the stalk-median eminence and hypothalamus in adult female sheep as affected by daylength. *Journal of Neuroendocrinology* 1991;3:407-411.

Trujillo GAM. Sincronización de estros en cabras lecheras con acetato de melengestrol combinado con prostaglandina F2 alfa. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México, D.F., 1992.

Umberger SH, Jabbar G, Lewis GS. Seasonally anovulatory ewes fail to respond to progestogen treatment in the absence of gonadotropin stimulation. *Theriogenology* 1994;42:1329-1336.

Walkden-Brown SW, Restall BJ, Henniawati. The male effect in the Australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of estrus females. *Animal Reproduction Science* 32: 69-84 (1993).

Wayne NL, Malpaux B and Karsch FJ. Social cues can play a role in timing onset of the breeding season of the ewe. *Journal of Reproduction and Fertility* 1989;87(2):707-713.

Wheaton EJ, Carlson MK, Windels FH, Johnston JL. CIDR: A new progesterone-releasing intravaginal device for induction of estrus and cycle control in sheep and goats. *Animal Reproduction Science* 33: 127-141 (1993).

Whisnant CS, Goodman RL. Effects of an opioid antagonist on pulsatile luteinizing hormone secretion in the ewe vary with changes in steroid negative feedback. *Biology of Reproduction* 1988;39:1032-1038.

Whisnant CS, Goodman RL. Effects of an opioid antagonist on pulsatile luteinizing hormone secretion in the ewe vary with changes in steroid negative feedback. *Biology of Reproduction* 1988;39:1032-1038.

Yellon SM, Bittman EL, Lehman MN, Olster DH, Robinson JE, Karsch FJ. Importance of duration of nocturnal melatonin secretion in determining the reproductive response to inductive photoperiod in the ewe. *Biology of Reproduction* 1985;32:523-529.