

# Manejo reproductivo en bovinos en sistemas de producción de leche



libro  
electrónico



## **Prefacio**

El presente material fue escrito para que los estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia y para los colegas que ya están trabajando en el campo tengan información útil y de fácil acceso acerca del manejo reproductivo del ganado lechero. La secuencia de la información coincide con las diferentes prácticas que se realizan en los hatos lecheros iniciando desde que la vaca pare, hasta terminar con el siguiente parto. Se describe el manejo en cada etapa y sus fundamentos. Se ofrece información elemental del manejo y de los procesos descritos para que sean comprendidos más fácilmente. El autor agradece a los alumnos: Rosita Denny Romero Santos y Álvaro Ortega León, quienes colaboraron en el diseño de los esquemas. Espero que este material contribuya a mejorar sus conocimientos y su desempeño en la práctica profesional.

*Joel Hernández Cerón*

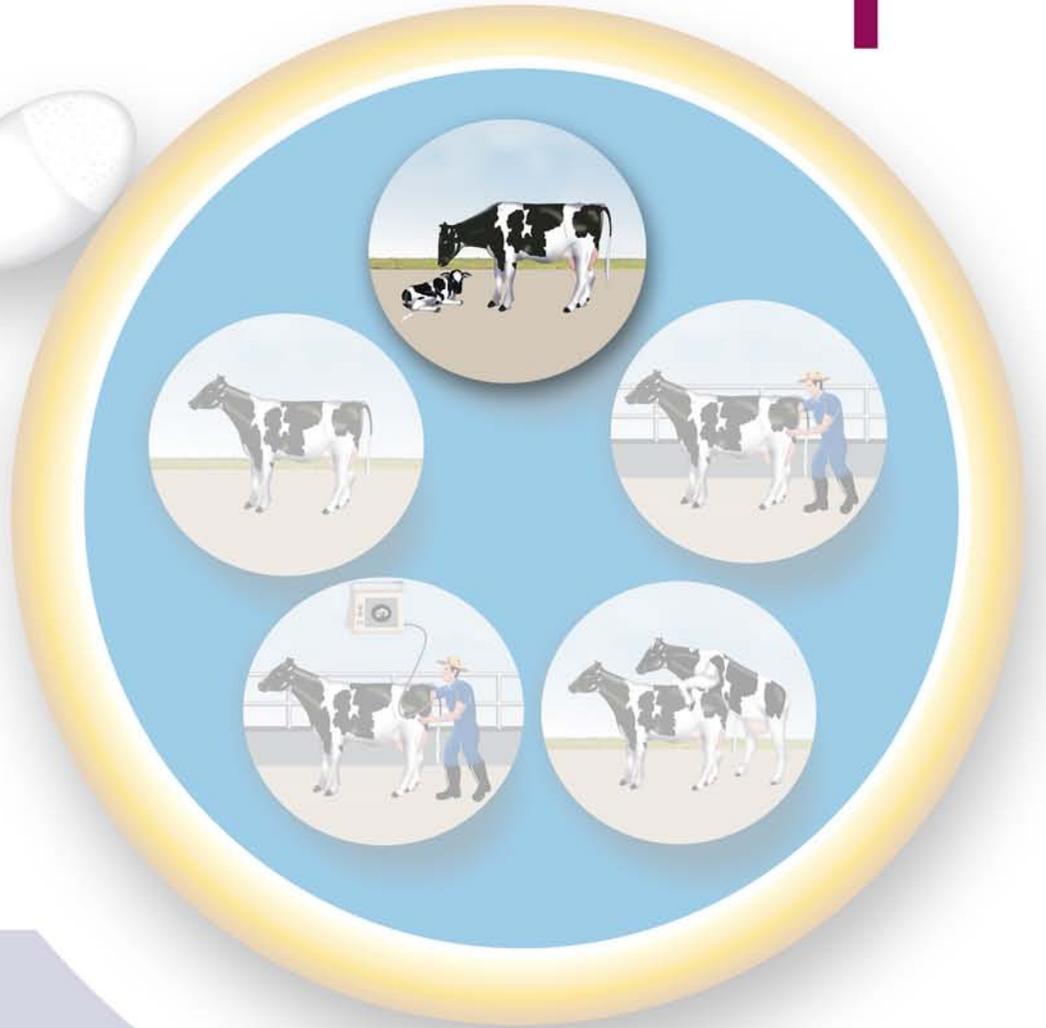
# Índice



- 1 Parto y distocia
- 2 Puerperio
- 3 Endocrinología del ciclo estral
- 4 Anestro posparto
- 5 Sincronización de estros
- 6 Factores que determinan la fertilidad en los programas de inseminación artificial
- 7 Manejo reproductivo de las vaquillas de reemplazo
- 8 Parámetros reproductivos
- 9 Establecimiento de la gestación
- 10 Diagnóstico de gestación
- 11 Manejo de la vaca seca

capítulo

1



# Parto y distocia

# Parto y distocia

*MVZ Antonio Porras Almeraya*

## Introducción

La extensión del parto más allá de los límites considerados como normales revela la posibilidad de un parto anormal o distocia. La prolongación del parto puede acarrear serias dificultades tanto al feto como a la madre, lo que se traduce en un incremento en el número de pérdidas neonatales o en el número de vacas de desecho.

La distocia sigue siendo uno de los problemas más frecuentes a los que se enfrenta el médico veterinario en su vida profesional. La incidencia de distocias en vacas lecheras en México es de 7 a 9%, mientras que en ganado productor de carne es de 3%, aunque en este tipo de ganado existen razas con mayor predisposición a partos distócicos. En general después de un parto distócico una vaca disminuye su desempeño reproductivo y productivo; al incrementar el número de días abiertos y disminuir su producción de leche, especialmente en los primeros 30 días en leche. En este capítulo se revisan: las etapas del parto, la estática fetal, las causas de parto distócico, el examen obstétrico, las maniobras obstétricas y las medidas preventivas.

## Contenido

- **Etapas del parto**
- **Estática fetal**
- **Causas de distocia**
- **Maniobras obstétricas**
- **Medidas preventivas**

## Etapas del parto

Es importante conocer los aspectos normales de un parto para poder determinar si una hembra está experimentando una distocia. En la vaca el parto ocurre alrededor del día 280 de la gestación (con un rango de 10 días más o menos). El feto es el responsable del inicio del parto, al originar una compleja cascada de eventos endocrinos, que promueven el inicio de las contracciones del miometrio y la dilatación del cérvix (primera etapa del parto), la expulsión del feto (segunda etapa del parto) y la expulsión de la placenta (tercera etapa del parto).

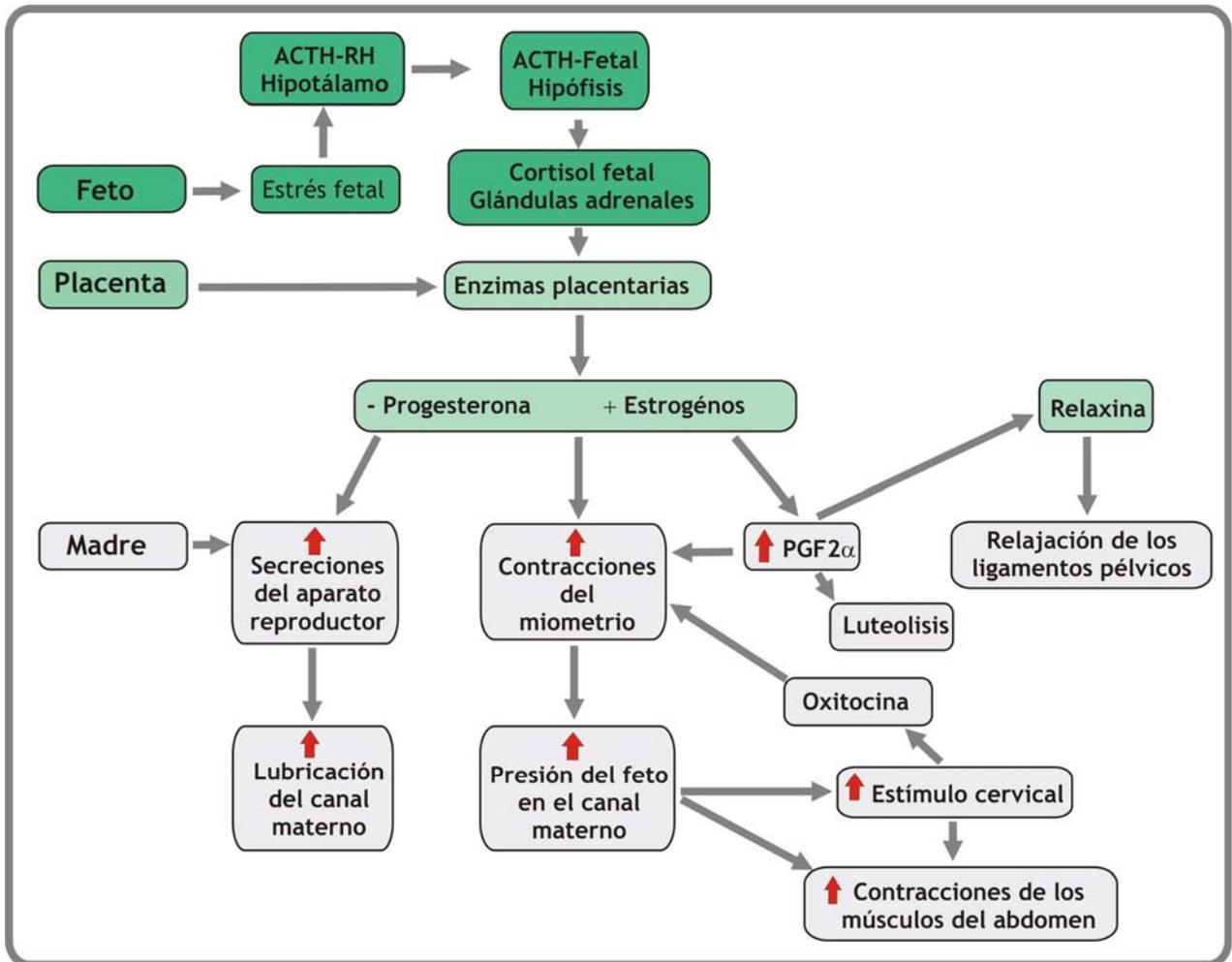
Durante las últimas semanas de la gestación, la hembra se prepara para el parto y el inicio de la lactación. El signo que indica el inicio de la primera etapa del parto es la relajación y la dilatación del cérvix, el final de la misma ocurre cuando el cérvix y la vagina forman un canal continuo o materno, que permite que el feto entre en el mismo. Los signos clínicos asociados con la primera etapa del parto (Figura 1.1) son más evidentes en las vaquillas que en las vacas, donde incluso pueden pasar desapercibidos; estos se asocian con malestar abdominal e incluyen un grado variable de anorexia, inquietud, arqueamiento del lomo y la extensión del rabo. La ruptura de la membrana corioalantoidea y la liberación de su contenido marcan el final de la primera etapa del parto. La duración aproximada de esta etapa es de 6 horas, pero varía considerablemente entre animales, durando hasta 24 horas en vaquillas.

La expulsión del feto se lleva a cabo en la segunda etapa del parto, la cual se caracteriza por las fuertes contracciones del miometrio y de los músculos del abdomen de la madre. Las contracciones del miometrio inducen el paso del feto al canal del parto, la presencia del feto en el canal materno desencadena fuertes contracciones de la musculatura abdominal (pujo). Poco después de la ruptura de la membrana corioalantoidea, aparece el saco amniótico intacto, este normalmente se rompe permitiendo que su contenido contribuya a lubricar el canal del parto. La vaca normalmente pare en recumbencia lateral, pocos animales completan los partos parados.

El desprendimiento y eliminación de la placenta caracteriza a la tercera etapa del parto; lo cual normalmente ocurre 8 horas después de la expulsión del feto, aunque puede llevarse de algunos minutos hasta 12 horas sin que sea considerado anormal.

Figura 1.1

Principales eventos endocrinos que regulan el inicio del parto.



## Estática fetal

Las contracciones uterinas iniciales permiten que el feto logre su estática normal en el canal materno. Si la estática fetal no es la adecuada, el parto se llevará a cabo con dificultad.

La estática fetal se refiere a las diferentes presentaciones, posiciones y posturas o actitudes que los fetos adoptan en el canal materno (Cuadro 1.1). Es importante definir que significan estos términos, ya que con ellos se puede describir cualquier parto desde el punto de vista obstétrico.

**Cuadro 1.1**

**Estática fetal; diferentes tipos de presentaciones y posiciones**

<b>Presentación</b>	<b>Posición **</b>
Anterior longitudinal	Dorso - Sacra Dorso - Púlica Dorso - Iliaca izquierda Dorso - Iliaca derecha
Posterior longitudinal	Dorso - Sacra Dorso - Púlica Dorso - Iliaca izquierda Dorso - Iliaca derecha
Transversa ventral dorsal	Céfalo - Iliaca izquierda Céfalo - Iliaca derecha
Vertical dorsal ventral	

Adaptado de Roberts S. J. Veterinary and genital diseases. Publisher by autor. Itaca. Nueva York 1971.

\*\* La primera parte del término se refiere al feto y la segunda a la madre.

## **Presentación**

La presentación incluye: 1. La relación del eje espinal del feto con el eje espinal de la madre. Cuando los ejes son paralelos entre sí, la presentación será longitudinal; si son perpendiculares entre sí, será transversal o vertical. 2. La porción del feto que se encuentra más cercana al canal de nacimiento. En presentación longitudinal podrá ser anterior o posterior, y en presentación transversal, será ventral o dorsal.

## ***Posición***

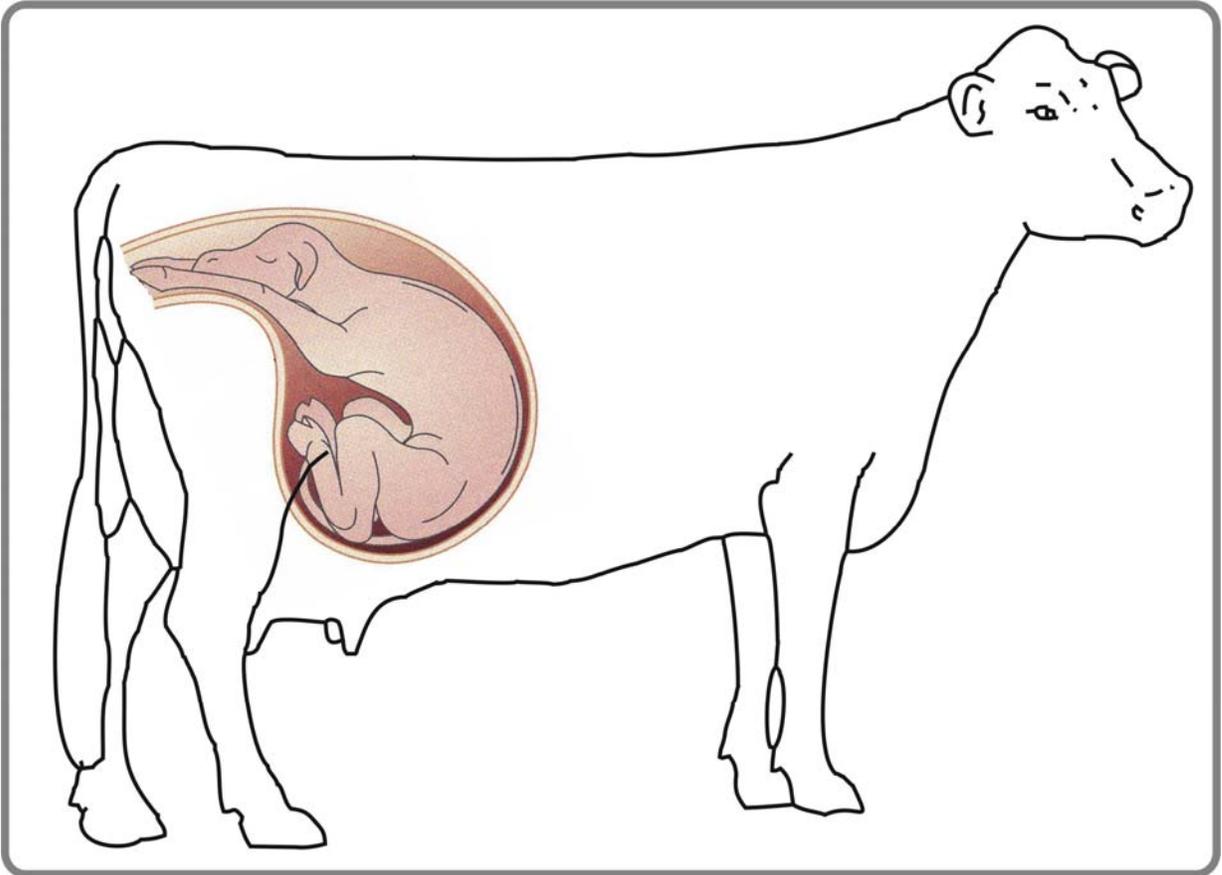
Incluye la relación del eje longitudinal del feto en presentación longitudinal o de su cabeza en presentación transversal con los cuadrantes pélvicos de la madre. Estos cuadrantes son: sacro, pubis, ilíaco derecho e ilíaco izquierdo.

## ***Postura o actitud***

Define la relación del cuerpo del feto con sus extremidades incluyendo cabeza, cuello, extremidades anteriores y posteriores. Éstas pueden estar retenidas, flexionadas o estiradas.

La estática normal del feto al momento de su expulsión es en presentación longitudinal anterior, en posición dorso-sacra y en actitud de miembros y cabeza extendidos (Figura 1.2).

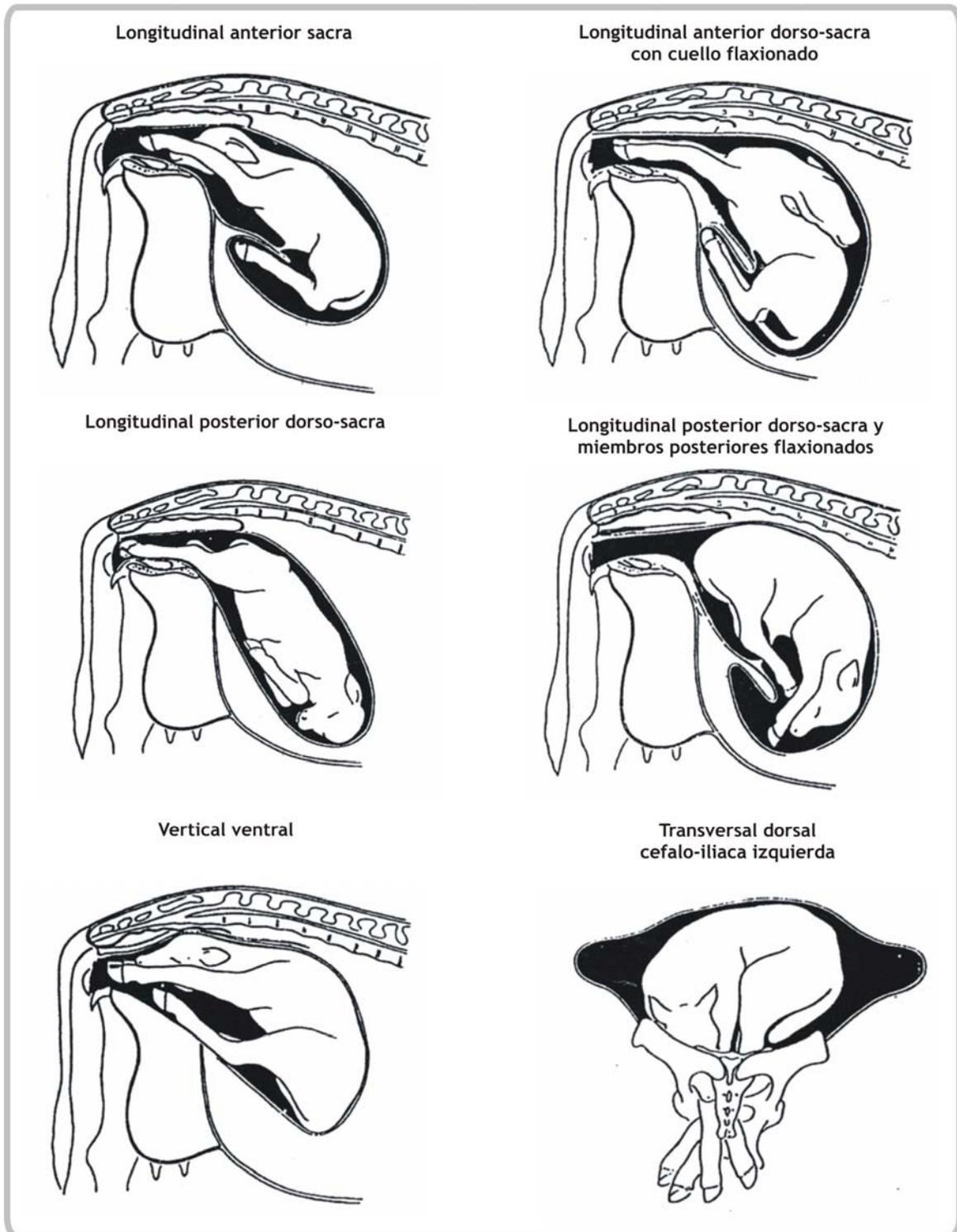
**Figura 1.2**  
**Estática normal del feto al momento del parto.**



En la figura 1.3 se muestran diferentes presentaciones, posiciones y posturas que puede tomar el producto en el canal materno.

Figura 1.3

Posiciones, actitudes y presentaciones fetales

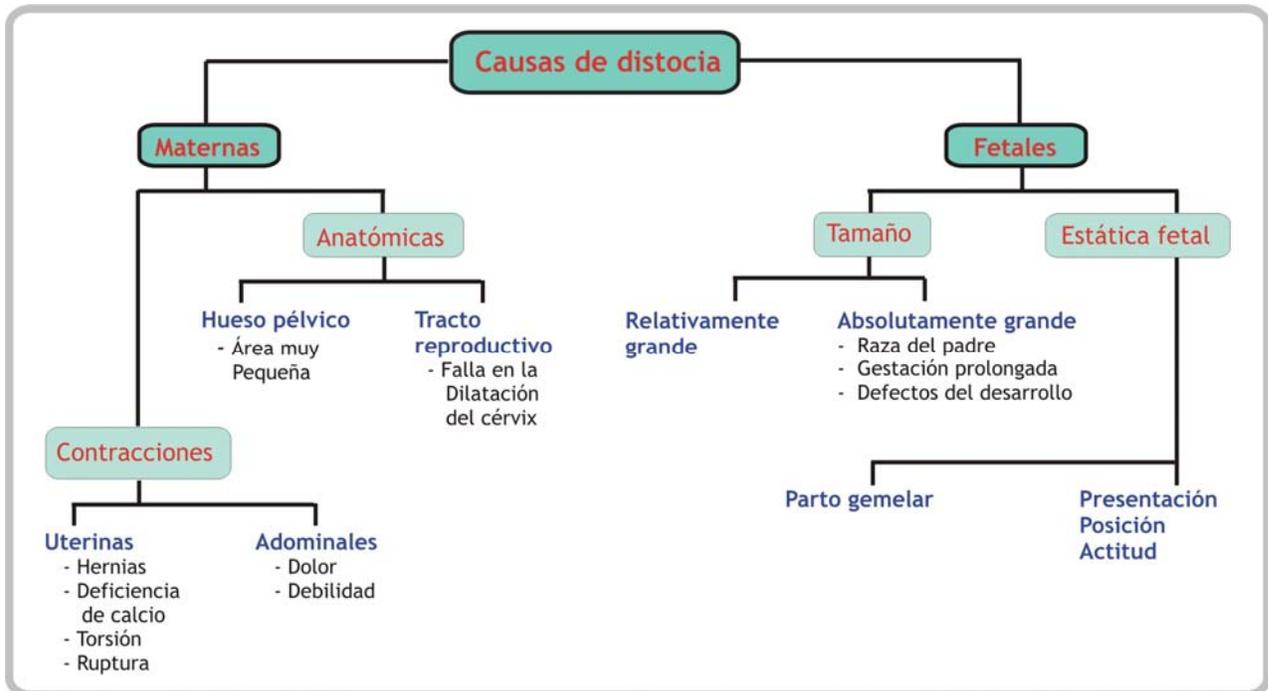


Adaptado de Roberts S. J. Veterinary and genital diseases. (Theriogenology)  
Segunda. Edición Edward Brothers. Inc. 1971. Pg. 234.

## Causas de distocia

La etiología de la distocia es multifactorial e incluye causas maternas, del feto o de ambos (Figura 1.4), sin olvidar que clínicamente raras veces tienen una derivación simple o única.

Figura 1.4  
Causas comunes de distocia



### Causas maternas

#### *Inercia uterina*

La inercia uterina puede ser primaria o secundaria. La inercia primaria se caracteriza por la incapacidad del miometrio para contraerse normalmente y llevar al feto al canal del parto. Entre las causas que más se relacionan con esta condición están; el estiramiento excesivo del útero (fetos múltiples o anormales), hipocalcemia periparto, defectos del miometrio que lo imposibiliten a contraerse. La hembra puede tener algunas contracciones abdominales débiles, pero sin que progrese el parto, al examinarla tiene el cérvix dilatado y sin feto en el canal de parto.

La inercia uterina secundaria consiste en que el parto inicia con contracciones normales pero por alguna razón cesan, principalmente por agotamiento del miometrio luego de un

prolongado esfuerzo por expulsar al feto sin conseguirlo. Por lo tanto, el tratamiento consistirá en corregir la causa que impide la expulsión y proceder a la extracción mediante el método más indicado.

### *Anormalidades del canal del parto*

El parto se puede ver afectado por problemas en el canal materno duro (pelvis materna) debido a deformaciones o exostosis. O bien por problemas en el canal materno blando (cérvix, vagina, vulva) debido entre otras cosas a una dilatación incompleta del cérvix, neoplasias de la vulva y vagina, vestigios de los conductos embrionarios.

### *Torsión uterina*

Es una causa materna de distocia que ocurre cuando el útero rota sobre su eje longitudinal.

### *Causas fetales*

#### *Anormalidades en la estática fetal*

En la vaca la estática normal del feto al momento de su expulsión es en presentación longitudinal anterior, en posición dorso-sacra y en actitud de miembros y cabeza extendidos. La presentación posterior o caudal se considera anormal; sin embargo, muchas veces es innecesario intervenir si los miembros están extendidos. Partos espontáneos con cualquier otra presentación, posición o postura son poco probables a menos que el feto sea muy pequeño y la pelvis de la madre suficientemente grande.

#### *Anormalidades en el desarrollo de la cría*

Existen una gran variedad de fetos anormales con defectos congénitos, que han sido descritos como causantes esporádicos de distocia en vacas, como hidrocefalia, gemelos unidos, momificaciones.

#### *Desproporción fetopélvica*

Es la causa más común de distocia en novillas, en éstas el feto puede tener un tamaño relativamente normal para la raza, pero la pelvis materna es muy pequeña, o bien puede

ser que el feto sea inusualmente grande y, por lo tanto, no pueda ser expulsado a través del canal del parto.

Las causas de distocia pueden variar entre vacas y vaquillas debido a que estas últimas todavía deben seguir creciendo, por lo tanto, son más pequeñas que las vacas maduras al momento del parto. Además una vaquilla al no haber tenido antes un parto, los tejidos que forman el canal materno (cérvix, vagina y vulva) nunca han sufrido un proceso de dilatación, en consecuencia la distocia en vaquillas es a menudo debido a que su canal materno no se dilata lo suficiente. En una vaca, una distocia es usualmente el resultado de un problema mas serio. El tamaño de su canal materno no es tan limitante como en una vaquilla, por lo tanto puede estar asociada a una enfermedad (fiebre de leche), la cría es demasiado grande, con malformaciones o con mala estática fetal.

## **Examen obstétrico**

Es importante conocer el rango normal de tiempo que toma cada etapa del parto, para tomar decisiones sobre cuando intervenir, una intervención temprana puede redituar en mayores posibilidades de sobrevivencia de la cría y un mejor comportamiento reproductivo de la vaca.

El personal responsable de supervisar los partos debe conocer y entender los procedimientos para intervenir en el caso de un parto distócico. Algunos procedimientos a seguir en cada etapa del parto:

La primera etapa usualmente dura entre 2 a 6 horas. Si no se observa progreso a la segunda etapa después de 4 horas la vaquilla o la vaca deben ser examinadas para determinar si hay un problema; niveles bajos de calcio (fiebre de leche), torsión uterina o un becerro en mala presentación pueden ocasionar que el parto no progrese a la segunda etapa. La frecuencia de observación recomendada es cada hora o cada dos horas. Una vez que la vaquilla o vaca se encuentren en la segunda etapa del parto la frecuencia de observación debe incrementarse a cada 30 minutos, observando si la hembra va progresando en el estado de su parto.

Durante la segunda etapa la intervención será necesaria si algo de esto ocurre; si el saco de aguas ha estado visible por dos horas y no se observa ningún progreso (la vaca no está intentándolo), si la vaca lo ha estado intentando por más de 30 minutos sin ningún éxito, si la vaca ha desistido de intentarlo después de un periodo 15 a 20 minutos (los periodos de descanso normalmente no deben ser mayores a 5 a 10 minutos), si la vaca o cría están mostrando signos de estrés o fatiga; la lengua de la cría hinchada, secreciones amarillentas del feto (meconio) o sangrado severo de la vaca por el recto o si se sospecha que la cría esta en una estática anormal.

En la tercera etapa del parto se elimina la placenta. Si las membranas fetales no se han eliminado 12 horas después de la expulsión del feto, el tratamiento está indicado. No siendo una buena opción desprenderlas manualmente, esto podría ser detrimental en el comportamiento reproductivo futuro de la vaca. Lo que podría ser de beneficio es cortar las membranas lo mas cerca de la vulva para disminuir la oportunidad de que contaminantes puedan entrar al aparato reproductor de la vaca.

Una vez que se ha decidido intervenir lave vigorosamente sus manos con jabón, agua y una solución antiséptica, y cúbralas con guantes obstétricos. Al área alrededor de la vulva debe lavarse vigorosamente con agua caliente y un jabón suave. Lentamente inserte su mano en la vagina de la vaca, no rompa el saco de aguas si el cérvix no esta completamente dilatado (si no puede colocar 3 o 4 dedos dentro del mismo, no esta completamente dilatado). Un cérvix que esta completamente dilatado alcanza el mismo diámetro que la vagina y se vuelve más difícil de identificar. Si el cérvix no esta completamente dilatado espere.

Se debe palpar el feto en el canal materno para determinar si el mismo esta vivo, mediante los siguientes reflejos; reflejo de retiro para ello pellizque en el espacio interdigital de la mano o pie del producto, reflejo de succión poner la mano limpia en la boca del producto y sienta si la boca se cierra y la lengua se mueve. Reflejo rectal, colocar un dedo en el recto y si el feto esta vivo el recto se contraerá alrededor del dedo. En presentación anterior verificar el pulso en la yugular y en posterior el pulso de el cordón umbilical. Determine la presentación, postura y actitud del producto, determine si son miembros delanteros o traseros especialmente si se intentará una

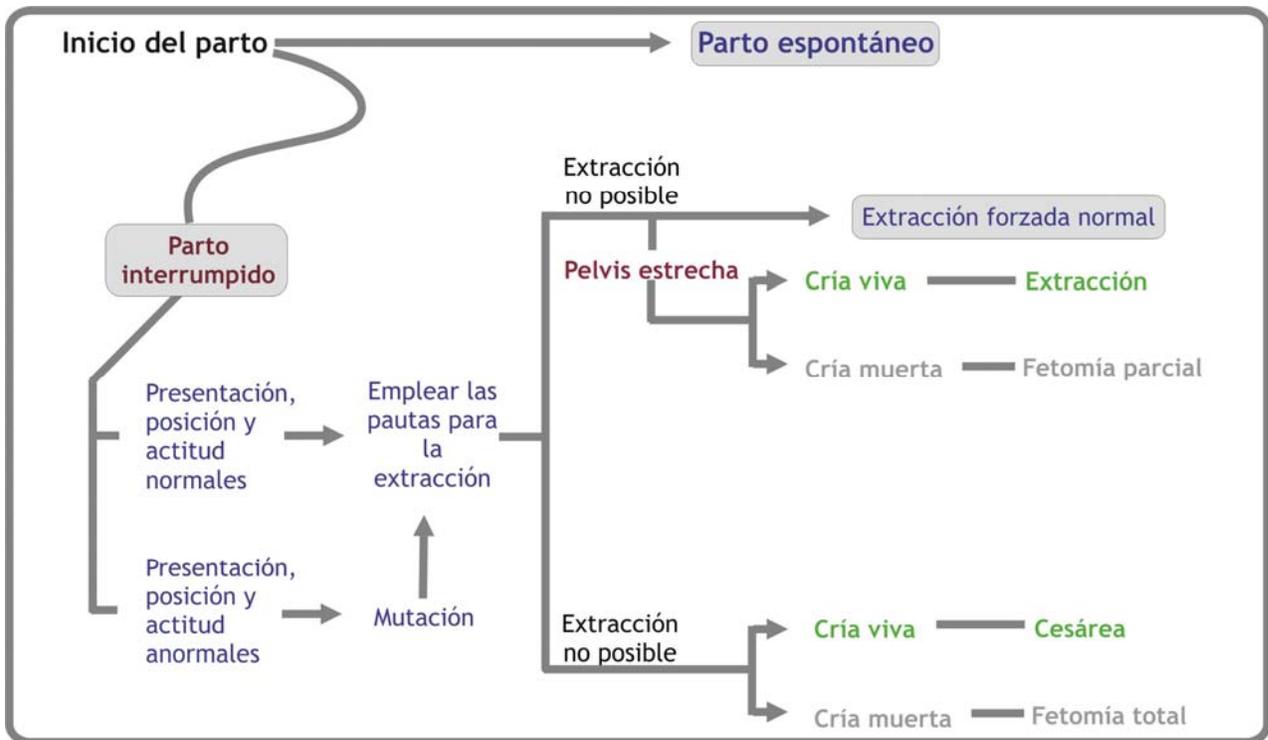
extracción forzada. Se debe corregir cualquier mal posición antes de intentar realizar una extracción forzada, en presentación anterior debe asegurarse que la cabeza y los hombros del feto podrán pasar por el canal materno.

Un buen lubricante y una buena lubricación son extremadamente importantes; una vaca con un parto distócico prolongado tendrá un útero contraído alrededor del becerro y la lubricación natural se habrá perdido. Si no se cuenta con suficiente espacio para corregir la estática fetal deberá aplicarse generosamente lubricante en el útero. Esto puede ayudar a la distensión uterina lo suficiente para ganar el espacio requerido. El lubricante y su aplicación deben hacerse lo más limpio y estéril posible para evitar contaminar el útero e incrementar el riesgo de una infección uterina severa.

## Maniobras obstétricas

Existen varios procedimientos obstétricos que pueden ayudar a resolver los problemas de distocia (Figura 1.5), pero siempre se deberá de considerar como primera opción la vía natural de parto.

Figura 1.5  
Modelo de flujo del parto.



**Las maniobras obstétricas son: mutación, extracción forzada, fetotomía y operación cesárea.**

### Mutación

Consiste en realizar las manipulaciones necesarias para colocar al producto en presentación, posición y actitud normal. Esta maniobra está indicada en los casos de una estática fetal incorrecta. Para corregir las anomalías en la estática que presenta el feto, existen cuatro procedimientos básicos: repulsión, rotación, versión y rectificación de extremidades:

### *Repulsión*

Consiste en empujar al feto hacia la cavidad abdominal para ganar espacio y así poder mover el producto (es una maniobra que será necesaria para realizar posteriormente rotación, versión o rectificación de extremidades). Se realiza por presión ejercida con la mano sobre la parte accesible del feto y deberá efectuarse en el intervalo de las contracciones o bajo anestesia epidural.

### *Rotación*

Consiste en rotar al feto sobre su eje longitudinal para ponerlo en una posición dorso-sacra, por lo que esta maniobra se utiliza cuando el feto está en posiciones dorso-púbicas y dorso-iliacas. La fuerza rotacional puede ser ejercida con la mano a través de las extremidades cruzadas, o mecánicamente con la horquilla de torsión o una muleta obstétrica.

### *Versión*

Se realiza aplicando tracción en un extremo del feto y al mismo tiempo repulsión en el opuesto. Sirve para modificar presentaciones transversales o verticales a longitudinales.

### *Rectificación de extremidades*

Este punto se refiere a la corrección de posturas anormales, generalmente debidas a flexiones de la cabeza o extremidades. Se lleva a cabo aplicando una fuerza tangencial a la extremidad flexionada de manera que mediante un giro en forma de arco se lleve a la entrada de la pelvis. El impulso se ejerce preferentemente con la mano, y de no ser posible por medio de lazos o ganchos. La pezuña del miembro se debe proteger muy bien con la palma de la mano antes de realizar la extensión del mismo para no lesionar la pared uterina.

Por lo general, para poder realizar una mutación se requiere anular las contracciones uterinas por lo que será necesario realizar las maniobras bajo anestesia epidural y posteriormente una extracción forzada. Los instrumentos y cadenas necesarios para la mutación deberán ser previamente esterilizados, pudiendo ser sumergidos en una solución antiséptica para prevenir la contaminación del útero y canal de parto.

## Extracción forzada

Consiste en sacar el feto por el canal pélvico de la madre por medio de la aplicación de fuerzas de tracción desde el exterior. Está indicada en casos de inercia uterina, cuando el feto es relativamente grande o cuando se ha aplicado anestesia epidural.

El tratar de realizar la tracción de una cría demasiado grande podría resultar en parálisis femoral del becerro y puede inducir paresias posparto en la madre. Para la extracción forzada del feto se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

1. Las cadenas o sogas obstétricas deben ser esterilizadas y colocarse debajo de la articulación del menudillo.
2. La tracción la deben efectuar 2 ó 3 personas (nunca se debe jalar con caballo o tractor).
3. Durante la tracción, uno de los miembros siempre debe de ir ligeramente más adelantado que el otro, para reducir el eje escapular o el pélvico, para facilitar la salida del feto.
4. Proteger con las manos los labios de la vulva y evitar así que se desgarre.
5. La tracción debe ser simultánea a las contracciones uterinas.
6. La dirección de la tracción debe ser paralela a la columna vertebral de la madre hasta que haya salido la cabeza del producto; en ese momento la dirección se modifica 45 grados hacia los miembros posteriores de la vaca.
7. En la presentación longitudinal posterior si el producto no se encuentra en posición dorso-iliaca, primero se cruzan las patas para girar al feto, para colocarlo en esta posición, ya que de esa forma el abdomen pasa más fácilmente por la pelvis.
8. El conducto obstétrico debe lubricarse.
9. Las cuerdas que se fijan a la mandíbula del feto deben servir únicamente para corregir la mala posición, pero nunca para ejercer tracción.

## Fetotomía

La fetotomía consiste en la sección y extracción del feto en fragmentos, cuando no sea posible resolver la distocia por tracción. Está recomendada cuando el producto se halla muerto, sea excesivamente grande, tiene deformidades o cuando la madre tenga estrechez pélvica materna.

La fetotomía se realiza bajo anestesia epidural con fetotomo de hilo metálico cortante. En caso de fetos secos se debe introducir en el canal genital en líquido lubricante, ya que es muy difícil trabajar en la cavidad pélvica sin éste. Se introduce el fetotomo pasando el asa cortadora alrededor de la zona de sección. El fetotomo debe quedar sólidamente ajustado sobre el feto, la mano del operador lo fija a un miembro o sobre la zona para seccionar.

Es preferible realizar una fetotomía y no una cesárea cuando se resuelve el problema con un solo corte o con la amputación de un sólo miembro, y siempre se debe considerar la posibilidad de hacer una cesárea y no una fetotomía total para la solución de un caso de distocia.

## Operación cesárea

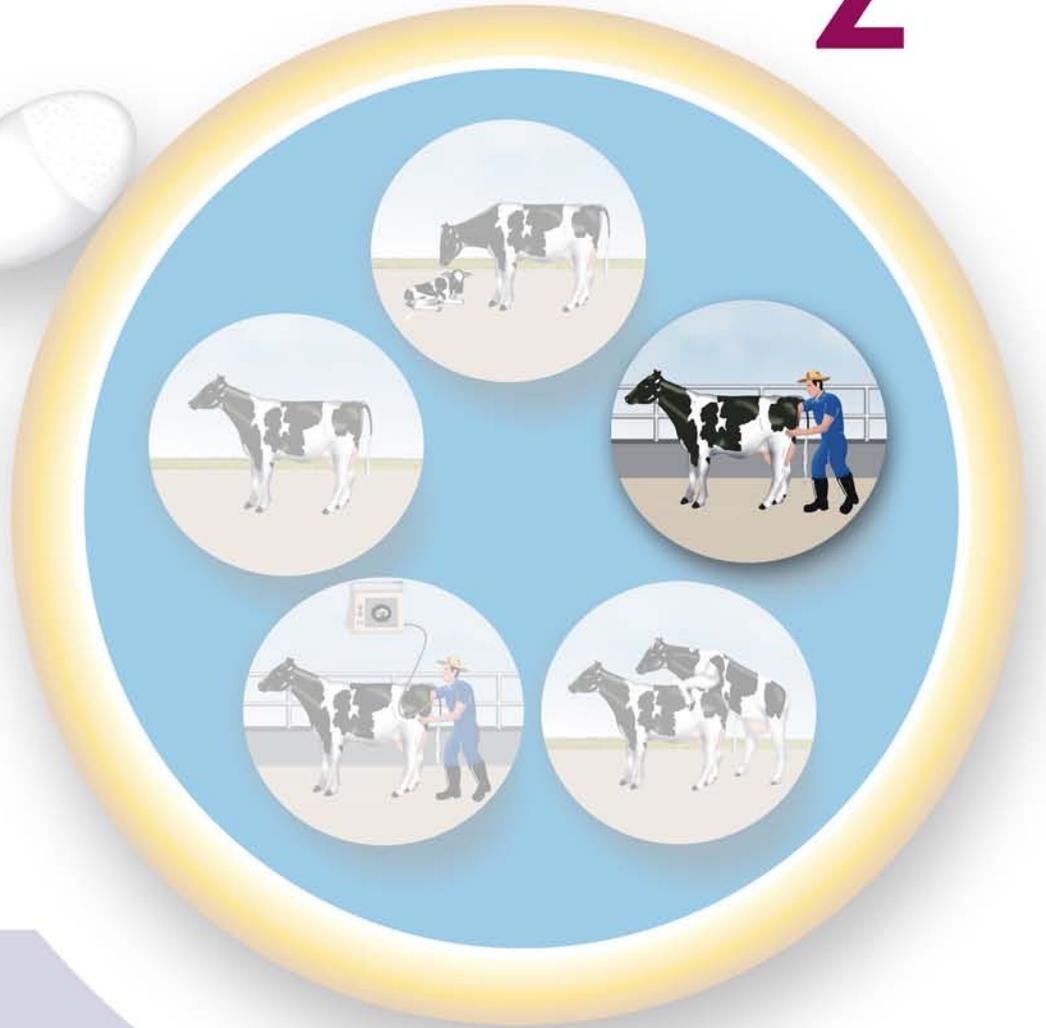
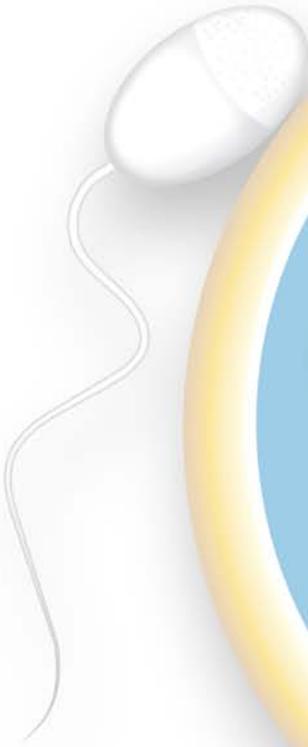
Esta operación consiste en seccionar al útero después de una incisión de la pared abdominal para extraer el feto. La cesárea está indicada en los casos que el producto se encuentre vivo y no pueda salir por el canal de parto, y no puede ser corregido por medio de mutación o extracción forzada. Entre las causas más comunes se presentan fetos demasiado grandes, cuando el producto esté en putrefacción o enfisematoso, fetos con anomalías (siendo la más común el *Schistosomas reflexus*); la musculatura del útero y del cérvix están flácidas; existe ruptura uterina (para evitar daños mayores); haya torsión irreversible de útero (ya que el útero puede encontrarse friable y éste puede desgarrarse si se realiza tracción forzada), el hidroalantoides también será tratado mediante cirugía (aunque en este caso se podría inducir el parto); habrá de considerarse que esta maniobra tiene el inconveniente de presentar riesgos de peritonitis.

## Medidas preventivas

Existen algunas medidas preventivas que permiten disminuir los riesgos de una distocia:

1. El toro y la hembra determinan el tamaño de la cría. Algunas distocias son causadas por crías demasiado grandes en vacas pequeñas especialmente vaquillas. Por lo tanto hay que asegurarse que las vaquillas sean servidas con toros que no produzcan crías con un peso alto al nacimiento.
2. Las vaquillas y vacas deben recibir las suficientes calorías para mantener su condición corporal y el crecimiento fetal. Las hembras no deben tener sobrepeso o subpesos. El sobrepeso puede llevar a desórdenes durante el parto y problemas metabólicos, mientras que el subpeso puede ocasionar una disminución en la producción y en el desempeño reproductivo. Se debe establecer una condición corporal meta al momento del parto. También debe asegurarse mantener un balance normal de calcio en las vacas, si los niveles de calcio caen es probable que se tengan problemas al momento del parto relacionados con la fiebre de leche. Si los problemas de distocia son altos en un hato deberá reconsiderarse el plan nutricional de las vaquillas y de las vacas secas.
3. Un programa de supervisión de partos y la intervención temprana pueden ayudar ha controlar algunos casos de partos difíciles y la mortalidad de la cría.
  - ↗ El personal responsable debe conocer cuando intervenir y que hacer.
  - ↗ Es importante contar con buenos registros para monitorear la incidencia de distocias y poder determinar si es o no un problema en el hato.

capítulo  
**2**



# Puerperio

# Puerperio

## Introducción

El puerperio se define como el periodo comprendido entre el parto y la presentación del primer estro fértil. Durante el puerperio ocurre la involución uterina y la vaca inicia su actividad ovárica posparto. En la vaca lechera, la atención médica del puerperio es fundamental en los programas de manejo, ya que durante este periodo se diagnostican y tratan afecciones del útero con el propósito de que la vaca esté en condiciones de ser inseminada, una vez que termina el periodo de espera voluntaria.

## Contenido:

- **Involución uterina**
- **Anormalidades del puerperio**
- **Retención Placentaria**
- **Metritis y endometritis posparto**

## Involución uterina

El útero después del parto sufre modificaciones macroscópicas y microscópicas, hasta alcanzar las características de un útero no gestante, lo cual lleva de 30 a 45 días. Su peso y tamaño posparto disminuyen rápidamente como consecuencia de la atrofia de las fibras musculares, por necrosis de las carúnculas y por eliminación de líquidos. Al mismo tiempo que el útero reduce su tamaño, el endometrio sufre un proceso regenerativo para estar en condiciones de albergar una nueva gestación.

El proceso de involución es favorecido por las contracciones uterinas que continúan presentándose dentro de las dos primeras semanas posparto. Las contracciones del miometrio facilitan la eliminación de fluidos y desechos, disminuyen la probabilidad de hemorragias al presionar a los vasos sanguíneos y reducen el tamaño del útero. Las contracciones son provocadas por la secreción continua de prostaglandina  $F2\alpha$  ( $PGF2\alpha$ ) de origen uterino y por la oxitocina secretada durante el amamantamiento. La  $PGF2\alpha$  se secreta durante las tres primeras semanas posparto y se considera que es necesaria su participación para que la involución uterina ocurra normalmente. Se ha observado que la administración de dos dosis de  $PGF2\alpha$  diariamente durante 10 días a partir del día 3 posparto, acortan en tiempo de involución.

Durante la involución del útero se eliminan por el cérvix secreciones conocidas como loquios, las cuales están formadas por restos de membranas y de carúnculas, fluidos fetales y sangre. Estas secreciones varían de color rojo a café, tienen consistencia viscosa y son inodoros. La mayor parte de los loquios se desecha durante los primeros 15 días posparto y después prácticamente desaparecen, excepto en casos de involución uterina anormal cuando el útero continúa eliminando fluidos de consistencia, color y olor diferentes.

Antes del parto el útero es estéril, ya que está protegido de la contaminación bacteriana por la vulva y el cérvix. Durante el parto, esas barreras físicas son vulneradas y el útero es invadido por bacterias que se encuentran en el ambiente, piel y heces, o bacterias que se introducen durante la manipulación del parto. Además, la capacidad funcional de los fagocitos uterinos es baja después del parto, lo cual contribuye con el establecimiento de bacterias. Alrededor de 95% de las vacas desarrollan infecciones

uterinas durante la involución. La mayor parte de las bacterias invaden el útero temporalmente y son eliminadas por mecanismos naturales. Los mecanismos uterinos de defensa están constituidos por las barreras anatómicas (vagina, vulva, y cérvix); factores fisiológicos (producción de moco en la vagina y cérvix); fagocitosis promovida por los neutrófilos, los cuales migran de la circulación general al útero, y por la producción de sustancias inespecíficas, que inhiben el crecimiento bacteriano y favorecen la eliminación de los microorganismos. La capacidad para eliminar microorganismos del útero es influida por las hormonas ováricas (progesterona y estrógenos); así, durante el diestro la progesterona suprime la migración de neutrófilos, suprime al sistema inmunocompetente, cierra el cérvix y ocasiona atonía uterina, lo que resulta en una mayor susceptibilidad a las infecciones. Por el contrario, durante la fase folicular del ciclo (proestro y estro), el estradiol promueve la migración de neutrófilos, activa al sistema inmunocompetente, abre el cérvix y aumenta el tono uterino, lo que facilita la eliminación de los agentes infecciosos.

## **Anormalidades del puerperio**

Durante el periodo posparto se presentan algunas anomalías que retrasan la involución uterina y, por consiguiente, afectan el intervalo del parto a la concepción. A continuación se discutirá este tipo de condiciones.

- ➔ **Retención de la placenta**
- ➔ **Metritis**

## Retención de la Placenta

Las membranas placentarias se eliminan durante las 12 h siguientes al parto, el retraso de la eliminación de la placenta por más de 12 h se considera un caso patológico (Figura 2.1). La retención de placenta (RP) ocurre por la dificultad de la placenta para desprenderse de las carúnculas maternas y/o por la falla mecánica para eliminarla (Figuras 2.2; 2.3 y 2.4). La RP es una alteración frecuente del posparto, la cual debe ser considerada como un signo clínico de diversas condiciones que pueden tener su base en problemas de tipo infeccioso (abortos), metabólico (hipocalcemia, cetosis, síndrome de la vaca gorda), deficiencias nutrimentales (selenio y vitamina E) y errores de manejo (demasiada intervención en los partos y condiciones estresantes en las áreas de partos).

La incidencia de RP varía de 5 a 15% y depende, en gran parte, del estado de salud y manejo del hato. Este padecimiento es más frecuente en ganado lechero que en el productor de carne o doble propósito. El efecto de la RP en la eficiencia reproductiva está determinado básicamente por la severidad de la metritis subsiguiente, ya que más de 60% de las vacas con RP desarrollan metritis. La RP ocasiona un retraso del periodo del parto a la concepción y se asocia con una reducción del porcentaje de concepción, lo que resulta en aumento del intervalo entre partos. En términos económicos, se ha determinado que la RP ocasiona importantes pérdidas debido principalmente a los costos de los servicios médicos, incremento de la tasa de eliminación y aumento del intervalo entre partos.

## Patogénia

Las membranas fetales se adhieren al endometrio a través de las vellosidades coriónicas, las cuales se unen con las criptas de las carúnculas (unión carúncula-cotiledón). La unión entre estas estructuras es favorecida por un fluido adhesivo formado por colágena y otras proteínas, el cual está presente entre la interfase materno-fetal. Antes y durante el parto, se observa un incremento de la actividad de las enzimas proteolíticas (colagenasa, tal vez la más importante), las cuales se encargan de reducir la adhesividad de la interfase cotiledón-carúncula y de separar el cotiledón de la carúncula. Después de esta etapa de preparación, la placenta es eliminada mecánicamente por las contracciones siguientes a la expulsión del feto.

La etiología y la patogénia de la retención de las membranas fetales no se conocen con claridad. Una explicación propuesta consiste en la falla de los mecanismos proteolíticos encargados de separar el cotiledón de la carúncula. Se ha observado que la actividad de la colagenasa en el cotiledón es mayor en las vacas que no retienen placenta que en las que la retienen. Se propone que algunos factores asociados con la retención de la placenta podrían estar actuando a través de la disminución de la actividad de la colagenasa. Por otra parte, también se menciona que condiciones inflamatorias en la unión carúncula-cotiledón de naturaleza infecciosa pueden impedir la separación de la placenta (Figura 2.5).

## Tratamiento

Existen diversos tratamientos para la RP tales como la remoción manual de la placenta junto con la aplicación local de antibióticos (bolos o infusiones) o la administración de productos hormonales (oxitócicos y  $\text{PGF2}\alpha$ ); no obstante, la utilidad de éstos tratamiento es discutible.

La remoción manual de la placenta (Figura 2.6) es el tratamiento más popular; sin embargo, no es el más conveniente, ya que ocasiona daños en el endometrio, que van desde ligeras hemorragias a hematomas, aun cuando no hayan evidencias externas. Además, la remoción manual disminuye la capacidad fagocitaria de los leucocitos uterinos, lo que resulta en una metritis más severa, mayor retraso de la involución uterina y un bajo desempeño reproductivo.

Otra opción para tratar a las vacas con RP consiste en cortar la placenta a nivel de la vulva y vigilar a la vaca por si presenta fiebre. Estas vacas entran posteriormente al programa de revisiones semanales, ya que seguramente desarrollarán metritis o endometritis. La administración de antibióticos, tanto en los casos de remoción manual como en los de no remoción, depende del estado general de la vaca. Se debe considerar que la placenta retenida es un tejido vivo que puede desencadenar una respuesta inflamatoria provocada por la irritación ocasionada por los antibióticos, lo cual predispone a metritis. Además, los antibióticos inhiben la putrefacción de las membranas fetales, lo que retrasa su expulsión. En caso de optar por la administración de antibióticos, se debe considerar la posibilidad de la vía sistémica en vez de la

intrauterina, ya que esta última provoca irritación del endometrio, lo cual se asocia con baja fertilidad.

Otras posibilidades para el tratamiento de la RP se basan en la administración de hormonas que estimulan la movilidad uterina (oxitocina, estrógenos y  $\text{PGF2}\alpha$ ); sin embargo, los resultados no son satisfactorios, ya que la causa menos frecuente de este padecimiento es la incapacidad mecánica del útero para expulsar la placenta. Así, estos tratamientos están dirigidos sólo a incrementar la movilidad uterina y no a resolver el problema a nivel de la unión carúncula-cotiledón. En los últimos años se ha promovido el uso de la  $\text{PGF2}\alpha$  para resolver los casos de RP; sin embargo, los resultados en pruebas de campo son contradictorios.

Figura 2.1

La placenta se elimina dentro de las siguientes 12 h posteriores a la expulsión del becerro.  
Cuando esto no ocurre se habla de retención placentaria.



Figura 2.2

Vaca con retención de placenta.

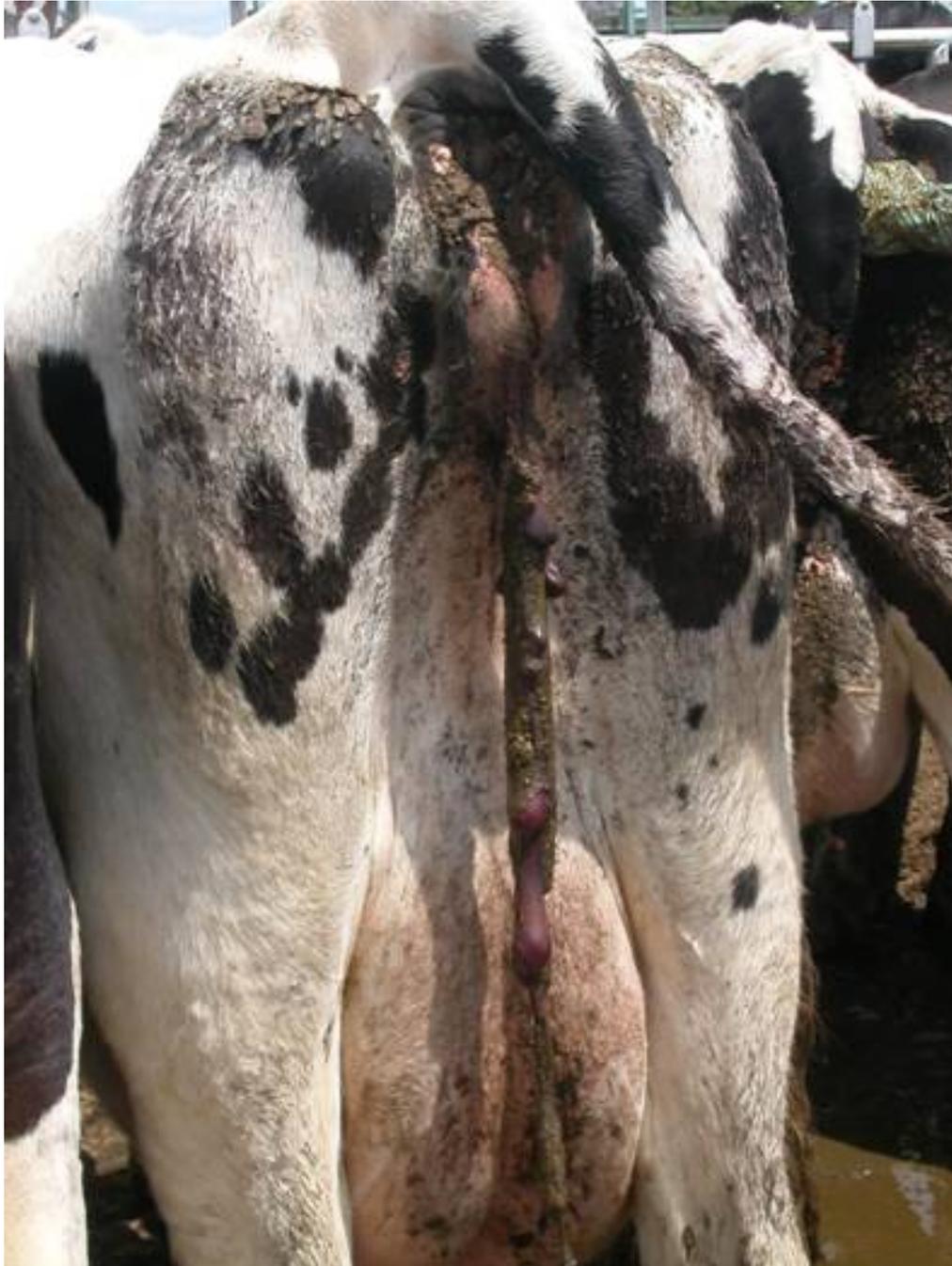


Figura 2.3

Vaca con retención de placenta.



Figura 2.4

Vaca con retención de placenta.

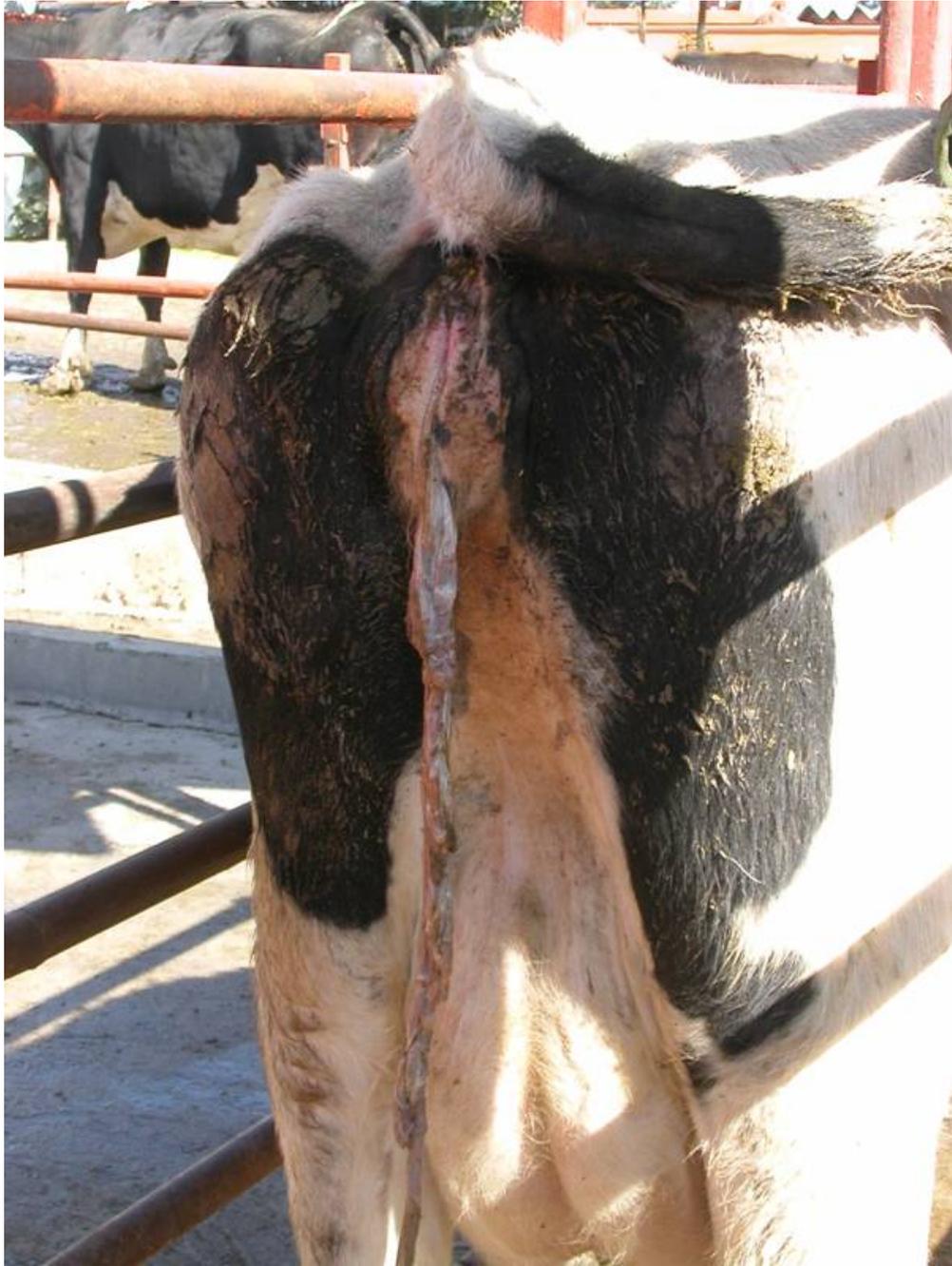


Figura 2.5

Patogenia de la retención de placenta en la vaca.

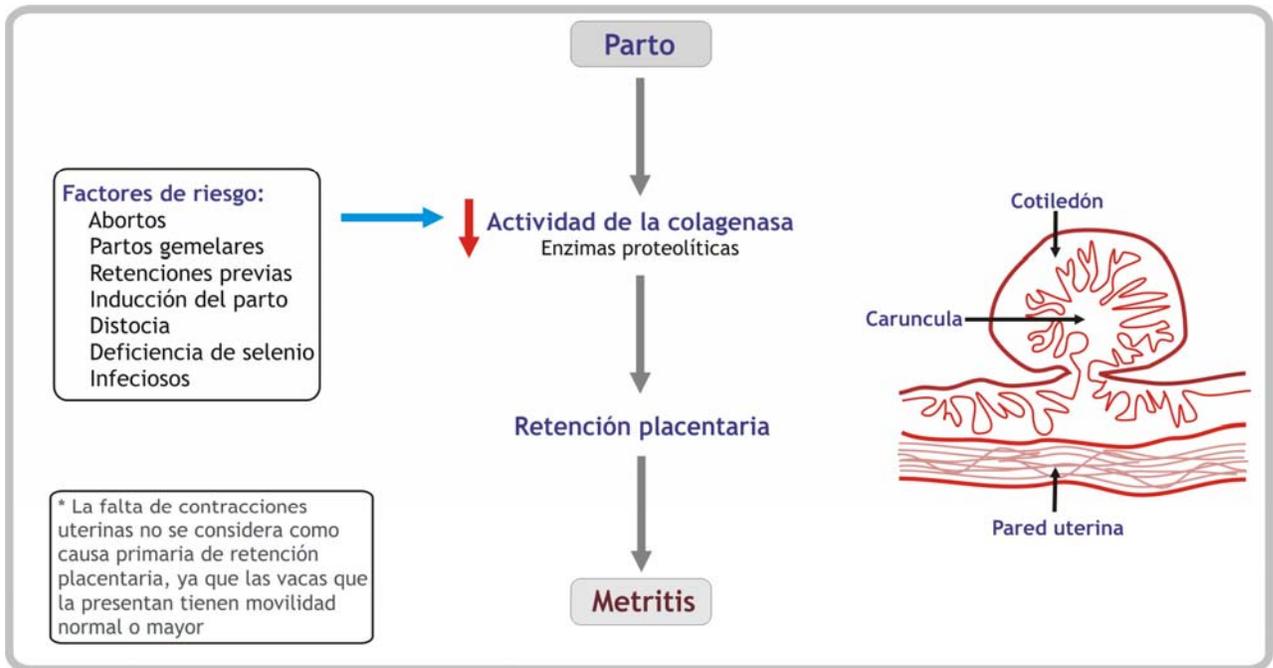


Figura 2.6

El retiro manual de la placenta no recomienda, sin embargo, cuando la placenta tiene cierto grado de descomposición una tracción suave permite su eliminación.

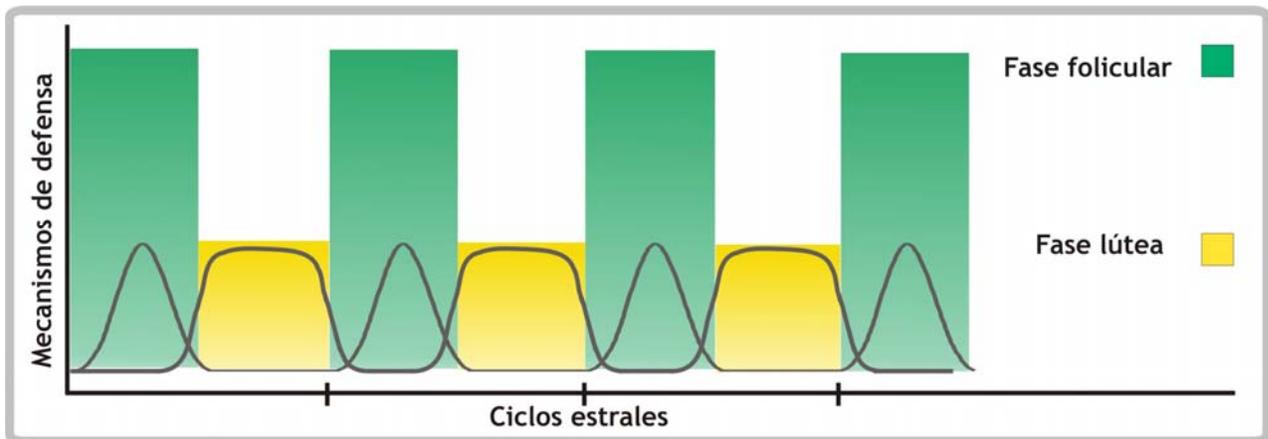


## Metritis y endometritis posparto

Durante y después del parto el útero es invadido por bacterias, las cuales son eliminadas por los mecanismos de defensa uterinos (Figura 2.7); sin embargo, con frecuencia, algunas bacterias superan a las defensas uterinas, lo que resulta en procesos inflamatorios (endometritis o metritis). Las infecciones uterinas son más frecuentes en el ganado productor de leche que en el productor de carne o doble propósito, lo cual obedece a las condiciones de manejo del ganado lechero, por ejemplo, el confinamiento, malas condiciones sanitarias de las áreas de partos y mayor manipulación durante los partos.

Figura 2.7

Relación de las fases del ciclo estral con los mecanismos uterinos de defensa.



En la práctica se le llama *metritis* a cualquier proceso inflamatorio del útero que se acompaña por la eliminación de exudado purulento viscoso o acuoso (Figura 2.8); sin embargo, este concepto difiere de la definición correcta de metritis. Se debe entender por *metritis* al proceso inflamatorio que involucra las diferentes capas del útero (mucosa, muscular y serosa). Este padecimiento se presenta principalmente en los primeros 10 días posparto y se caracteriza clínicamente por elevación de la temperatura, retraso de la involución uterina, eliminación de secreciones uterinas purulentas y fétidas, y en ocasiones se acompaña de septicemia y toxemia. Por otra parte, *endometritis* se refiere a la inflamación de la mucosa uterina. La endometritis clínicamente se caracteriza por un retraso de la involución uterina y por la eliminación de exudado purulento o mucopurulento.

Figura 2.8

Exudado purulento de una vaca con endometritis.



La metritis y endometritis afectan la eficiencia reproductiva de diversas formas: perturban la función ovárica, provocan un alargamiento de periodo del parto al primer servicio y disminuyen la fertilidad. Además, estas afecciones provocan considerables pérdidas debidas a la disminución de la producción de leche, al costo de los tratamientos y por la disminución de la eficiencia reproductiva.

Las bacterias más frecuentes encontradas en procesos inflamatorios en útero son: *Arcanobacterium pyogenes* (antes *Actinomyces pyogenes*), *Fusobacterium necrophorum*, *Bacteroides melaninogenicus* y *Escherichia coli*. Los tres primeros actúan sinérgicamente. Así, *A pyogenes* produce un factor de crecimiento para *F necrophorum* y ésta última produce una leucotoxina; *B melaninogenicus* produce una sustancia que disminuye la quimiotaxis e inhibe la fagocitosis.

## Tratamientos con antibióticos

Para evitar el efecto negativo de las infecciones uterinas en la eficiencia reproductiva es necesario el diagnóstico y tratamiento oportunos. El diagnóstico se basa en la evaluación uterina a través de la palpación rectal, en la cual se revisa el grado de involución uterina y las características de las secreciones. Además, es necesaria la evaluación clínica general, ya que las vacas con metritis durante los primeros 10 días posparto llegan a presentar fiebre.

Existen diferentes tratamientos para la metritis o endometritis, tales como el uso de antibióticos por vía sistémica o intrauterina, infusiones intrauterinas de sustancias antisépticas y la administración de hormonas. Los tratamientos intrauterinos con antibióticos (Figura 2.9) se han utilizado durante muchos años y son una opción, siempre y cuando se consideren ciertos aspectos: el útero es un medio anaeróbico, hay presencia de exudados y tejidos en descomposición y existe gran diversidad de bacterias y algunas de ellas llegan a producir enzimas que inactivan antibióticos. Al ser el útero un medio anaeróbico, los antibióticos del grupo de los aminoglicósidos no son efectivos, puesto que necesitan un medio aeróbico para ser activos. Por otra parte, la acumulación de exudado purulento y desechos de tejidos en el útero, inhiben la actividad de las sulfonamidas. Los nitrofuranos son efectivos contra *A. pyogenes* sólo cuando se utilizan dosis extraordinariamente altas; las dosis habituales nunca llegan a alcanzar la concentración mínima inhibidora en el endometrio; además, no son activos en presencia de sangre y exudado purulento, son irritantes y se asocian con problemas de baja fertilidad.

Figura 2.9

Infusión intrauterina de oxitetraciclinas en una vaca con endometritis.



La penicilina por vía intrauterina es efectiva para curar infecciones entre los días 25 y 30 posparto, es decir, cuando ya ha habido una disminución en la diversidad de especies bacterianas (menor probabilidad que alguna bacteria produzca penicilinasas) y predomina *A. pyogenes*, el cual es sensible a este antibiótico. Las cefalosporinas por vía intrauterina y sistémica han demostrado su efectividad en metritis durante las primeras semanas posparto.

Las tetraciclinas son el grupo de antibióticos de elección en la terapia intrauterina debido a su amplio espectro y a su aceptable actividad en las condiciones del útero posparto; sin embargo, debido a su uso indiscriminado se ha desarrollado resistencia bacteriana.

El problema más importante en la terapia antibiótica radica en fijar un criterio de cuáles animales verdaderamente lo necesitan, ya que muchos casos se resuelven sin ningún tratamiento. No se debe olvidar que la utilización de antibióticos por cualquier vía representa un riesgo de eliminación por la leche en cantidades no permisibles.

### **Tratamiento con infusiones de sustancias antisépticas.**

También se utilizan tratamientos basados en la administración por vía intrauterina de sustancias antisépticas. El tratamiento más frecuente consiste en la infusión de soluciones de yodo; sin embargo, los resultados de esta terapia no son positivos y además se asocia con una disminución de la fertilidad subsiguiente. Se debe ser prudente en la utilización de sustancias antisépticas por vía intrauterina, ya que todas ellas provocan irritación del endometrio, lo cual afecta los mecanismos de defensa del útero y en algunos casos llegan a provocar necrosis del endometrio.

### **Tratamientos hormonales**

La administración de estrógenos en casos de metritis, particularmente cuando el útero retiene mucho líquido, es una práctica frecuente en condiciones de campo. Se conoce que los estrógenos en condiciones fisiológicas favorecen la capacidad del útero para eliminar las infecciones; sin embargo, en dosis farmacológicas el efecto es negativo, debido a que puede contribuir a que las infecciones asciendan a los oviductos y provoquen salpingitis y adherencias ováricas y, consecuentemente, problemas de infertilidad.

En la práctica, se utiliza un tratamiento basado en la administración de la  $PGF2\alpha$ . Así, existen protocolos en los que se inyecta la  $PGF2\alpha$  cada 14 días a todas las vacas a partir del día 25 posparto. De esta forma, el estro inducido después del periodo de espera voluntaria es utilizado para inseminarlas. Este tratamiento evita el uso de antibióticos y se basa en el acortamiento de las fases lúteas y en la inducción de fases foliculares, lo cual favorece la eliminación de las infecciones. Es evidente que este tratamiento sólo tiene efecto en las vacas que tienen un cuerpo lúteo. El efecto directo de la  $PGF2\alpha$  en la involución uterina, sin que esté de por medio un cuerpo lúteo, es cuestionable.

Los resultados de los programas de manejo del puerperio con base en la PGF2 $\alpha$  son similares a los programas tradicionales basados en revisiones rectales y tratamiento con antibióticos por vía uterina. Sin embargo, el uso de la PGF2 $\alpha$  se debe considerar como una opción de tratamiento individual en los casos en que la vaca tenga una metritis y presente un cuerpo lúteo. En estos casos la inyección de la PGF2 $\alpha$  puede coadyuvar a la solución del problema.

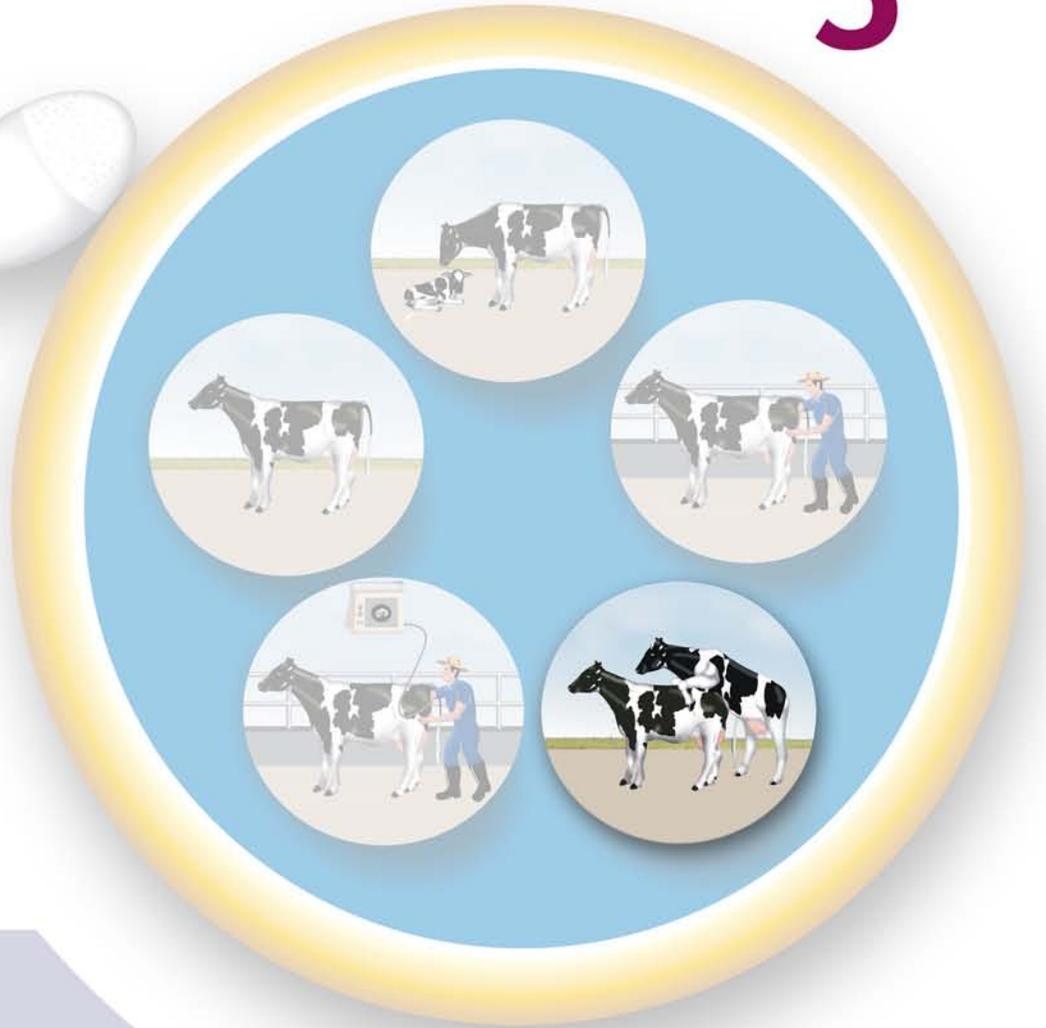
## Vaginitis en hembras gestantes

La vaginitis en hembras gestantes se presenta con baja frecuencia, sin embargo, cuando hay algún caso provoca alarma porque se confunde con un aborto. Las vacas con vaginitis son enviadas a revisión debido a que eliminan exudado por la vulva, lo cual les indica un posible aborto. En estos casos, el veterinario deberá hacer una revisión por vía rectal para determinar si el producto está vivo y, también, para conocer si el cervix está abierto. El diagnóstico se completa con la revisión por vía vaginal mediante un vaginoscopio o directamente con la mano con un guante limpio.

En el caso de un aborto, el producto generalmente está muerto y el cervix está abierto; en estos casos el producto debe ser extraído. Por el contrario, si el cervix está cerrado y el feto vivo, no hay de que preocuparse, es un caso de vaginitis.

El pronóstico es favorable y el problema cede con un tratamiento con antibióticos por vía sistémica.

capítulo  
**3**



**Endocrinología  
del ciclo estral**

# Endocrinología del ciclo estral

## Introducción

La hembra bovina presenta ciclos estrales a intervalos de 19 a 23 días, los cuales sólo son interrumpidos por la gestación o debido a alguna patología. El estro es el periodo de aceptación de la copula y tiene una duración de 12 a 18 horas. Durante el metaestro ocurre la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo a partir del folículo ovulatorio. El diestro es la etapa más duradera del ciclo y se caracteriza por la presencia de un cuerpo lúteo. Si la gestación no se establece, el endometrio secreta prostaglandina  $F2\alpha$  ( $PGF2\alpha$ ) lo que resulta en la regresión del cuerpo lúteo, reiniciándose un nuevo ciclo.

## Contenido:

- ➔ Desarrollo folicular
- ➔ Desarrollo y control de la función del cuerpo lúteo
- ➔ Regresión del cuerpo lúteo
- ➔ Etapas del ciclo estral

## **Etapas del ciclo estral**

**El ciclo estral se divide en cuatro etapas bien definidas:**

### ***Estro***

En esta etapa la hembra acepta la cópula o la monta de una compañera de hato. Esta conducta es determinada por un incremento significativo de las concentraciones de estradiol producido por un folículo preovulatorio y por la ausencia de un cuerpo lúteo.

La conducta estral tiene como fin llamar la atención del macho para el apareamiento. Por efecto de los estrógenos la hembra está inquieta, camina más, interactúa con sus compañeras y acepta la monta de otra hembra (conducta homosexual, Figura 3.1). También los estrógenos provocan turgencia del útero, edema en los genitales externos y producción de moco cervical. La duración del estro es de 12 a 18 h y es afectada por el tipo de ganado y por las condiciones ambientales. El inicio del estro guarda una relación temporal con la secreción ovulatoria de LH (pico de LH), ya que los estrógenos al mismo tiempo que provocan la conducta estral también desencadenan el pico de LH (Figura 3.2). Entre el inicio del estro y pico de LH transcurren de 2 a 6 horas, y en algunos casos estos dos eventos ocurren simultáneamente. La ovulación mantiene una relación temporal constante con el pico de LH (Figura 3.3), en general, la ovulación ocurre de 28 a 30 h después del pico de LH, o, visto de otra manera, de 30 a 36 h después del inicio del estro.

### ***Metaestro***

El metaestro es la etapa posterior al estro y tiene una duración de 4-5 días. Durante esta etapa ocurre la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo. Después de la ovulación se observa una depresión en el lugar ocupado por el folículo ovulatorio (depresión ovulatoria) y posteriormente aparece el cuerpo hemorrágico, el cual es el cuerpo lúteo en proceso de formación. Durante el metaestro, las concentraciones de progesterona comienzan a incrementarse hasta alcanzar niveles mayores de 1 ng/ml, momento a partir del cual se considera que el cuerpo lúteo llegó a la madurez. Un evento hormonal que se destaca en este periodo consiste en la presentación del pico posovulatorio de

FSH que mantiene una relación directa con el inicio de la primera onda de desarrollo folicular. Algunas vacas presentan un sangrado conocido como sangrado metaestral.

### ***Diestro***

El diestro es la etapa de mayor duración del ciclo estral (12 a 14 días). Durante esta etapa el cuerpo lúteo mantiene su plena funcionalidad, lo que se refleja en niveles sanguíneos de progesterona mayores de 1 ng/ml. Además, en esta fase se observan las ondas de desarrollo folicular, por lo cual se pueden observar folículos de diferente tamaño. Después de 12-14 días de exposición a progesterona el endometrio comienza a secretar  $\text{PGF2}\alpha$  en un patrón pulsátil, el cual termina con la vida del cuerpo lúteo y con el diestro. En términos endocrinos cuando el cuerpo lúteo pierde su funcionalidad, es decir, cuando las concentraciones de progesterona disminuyen por debajo de 1 ng/ml, termina el diestro y comienza el proestro. Cabe mencionar que durante esta etapa la LH se secreta con una frecuencia muy baja, y la FSH tiene incrementos que coinciden con el inicio de las ondas de desarrollo folicular.

### ***Proestro***

El proestro se caracteriza por la ausencia de un cuerpo lúteo funcional y por el desarrollo y maduración del folículo ovulatorio. El proestro en la vaca dura en promedio de 2 a 3 días. Un evento hormonal característico de esta etapa es el incremento de la frecuencia de los pulsos de secreción de LH que conducen a la maduración final del folículo ovulatorio, lo cual se refleja en un incremento de las concentraciones de estradiol. Cuando los niveles de estradiol alcanzan su nivel máximo provocan el estro y desencadenan el pico preovulatorio de LH, completándose así el ciclo estral (Figura 3.4).

Además de la clasificación del ciclo estral descrita anteriormente, existe otra que divide al ciclo en dos fases: la progestacional (lútea) y la estrogénica (folicular). La fase progestacional comprende el metaestro y el diestro y la fase estrogénica al proestro y estro. Aunque no es muy usual es conveniente conocerla.

Figura 3.1

Vacas montándose (conducta homosexual), signo positivo de estro.



Figura 3.2

Mecanismos de retroalimentación entre el hipotálamo, hipófisis, ovario y útero.

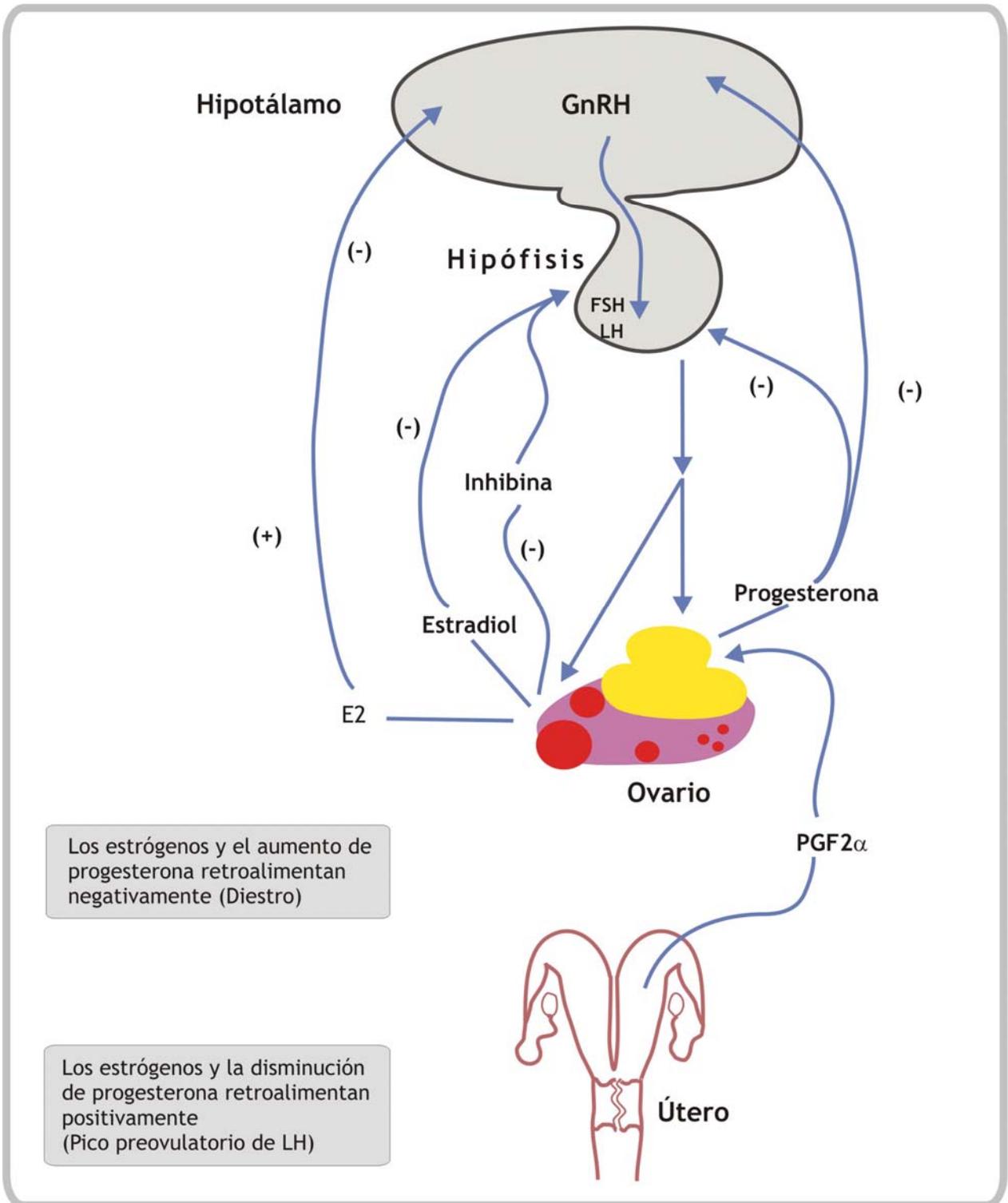


Figura 3.3

Relaciones temporales entre el inicio del estro, pico preovulatorio de LH y ovulación.

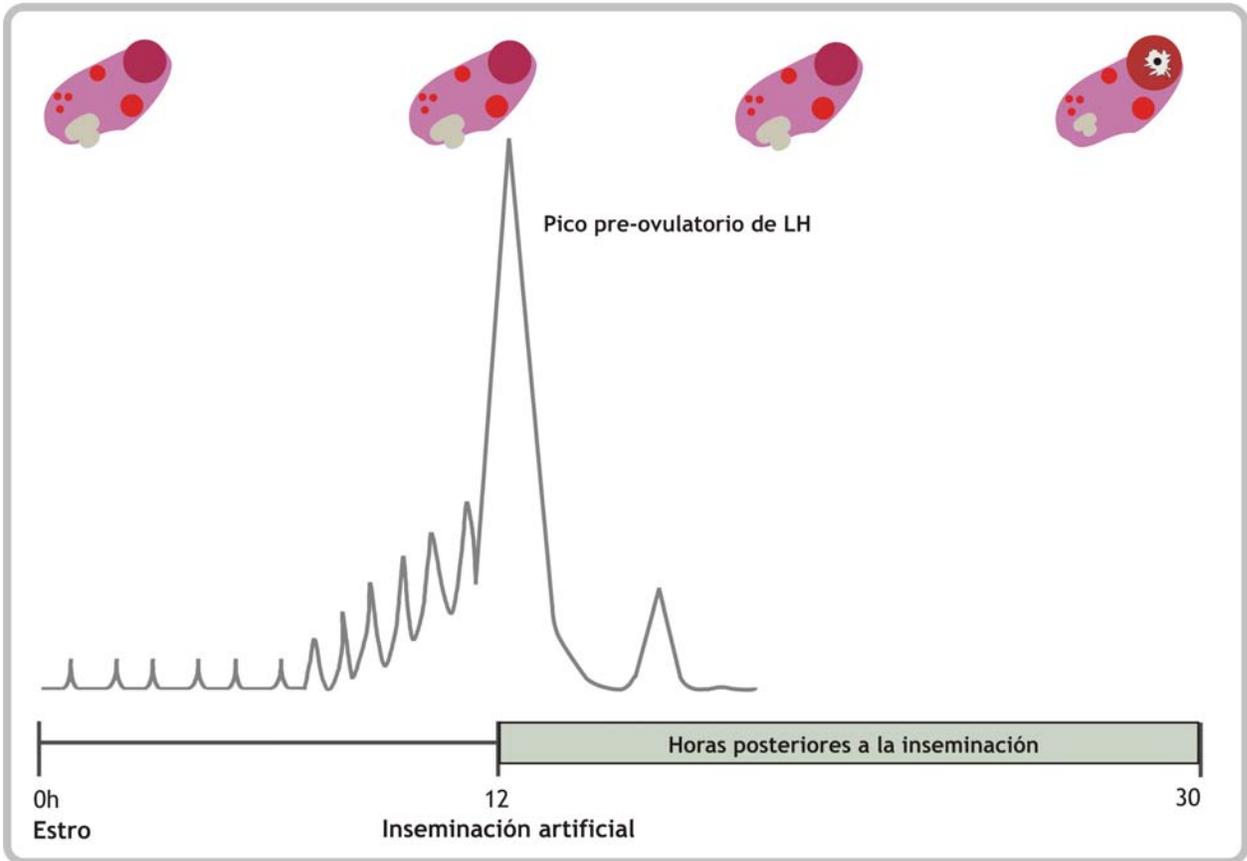
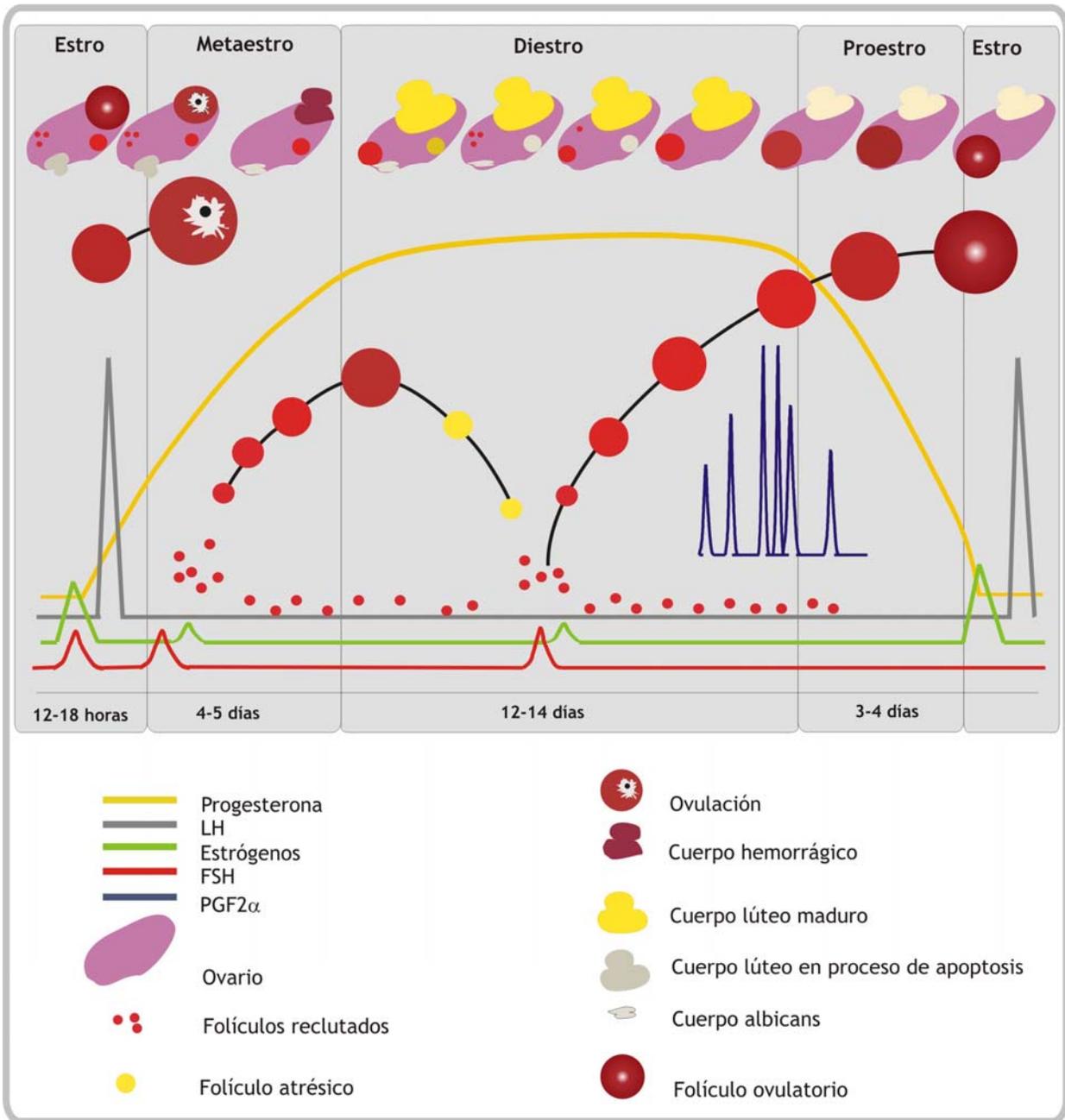


Figura 3.4

Cambios ováricos y hormonales durante el ciclo estral en la vaca.



## Desarrollo folicular

La hembra bovina nace con aproximadamente 200 000 folículos primordiales, de los cuales muy pocos (500-1500) inician su crecimiento en algún momento su vida. El folículo primordial está formado por un ovocito desprovisto de la zona pelúcida y rodeado por una capa de células epiteliales planas (pregranulosa). El crecimiento de estos folículos se inicia con la división de las células de la pregranulosa y la diferenciación del tejido conectivo que rodea al folículo, el cual da origen a la teca interna. El mecanismo que estimula el crecimiento de los folículos primordiales se desconoce; se sabe que este desarrollo inicial es independiente del estímulo de la FSH y LH y que es modulado por sustancias producidas en el mismo ovario (sustancias parácrinas y autócrinas). Conforme el folículo crece, se forma la capa que recubre al ovocito (zona pelúcida), la cual se origina a partir de un depósito de glicoproteínas. Posteriormente, comienza a secretarse líquido que se acumula entre las células de la granulosa con lo que se inicia la formación del antro. Una vez que el folículo se distiende por acumulación de líquido (líquido folicular), el ovocito se fija a la pared del folículo mediante el *cumulus oophorus*, el cual es un grupo de células derivadas de las células de la granulosa. Este proceso juega un papel importante en la fisiología del folículo, ya que el líquido folicular permite que las diferentes células se comuniquen por medio de hormonas y sustancias parácrinas o autócrinas. Además, el ovocito mantiene una comunicación estrecha con los diferentes compartimentos foliculares, lo cual regula su proceso de maduración.

El desarrollo folicular se ha clasificado en dos etapas: basal y tónica. La etapa basal comprende el crecimiento del folículo desde las primeras etapas hasta que alcanza 3-4 mm de diámetro y este proceso es independiente de las gonadotropinas. La etapa tónica comprende el desarrollo del folículo a partir de 3-4 mm de diámetro hasta que se convierte en preovulatorio y es regulada por gonadotropinas. Esta última etapa se presenta en forma de oleadas constituidas por fases de reclutamiento, selección, dominancia y atresia. Durante el ciclo estral de la vaca se presentan entre 2 y 3 ondas foliculares (Figura 3.5). Las vacas que presentan 3 ondas foliculares tienden a tener un ciclo estral más largo (22 a 23 días) que las vacas que tienen 2 ondas (19 a 21 días).

**Figura 3.5**

**Ovarios de una vaca en metaestro. En el ovario derecho se puede observar el cuerpo hemorrágico y en ambos ovarios se observan folículos de la primera onda de folicular.**

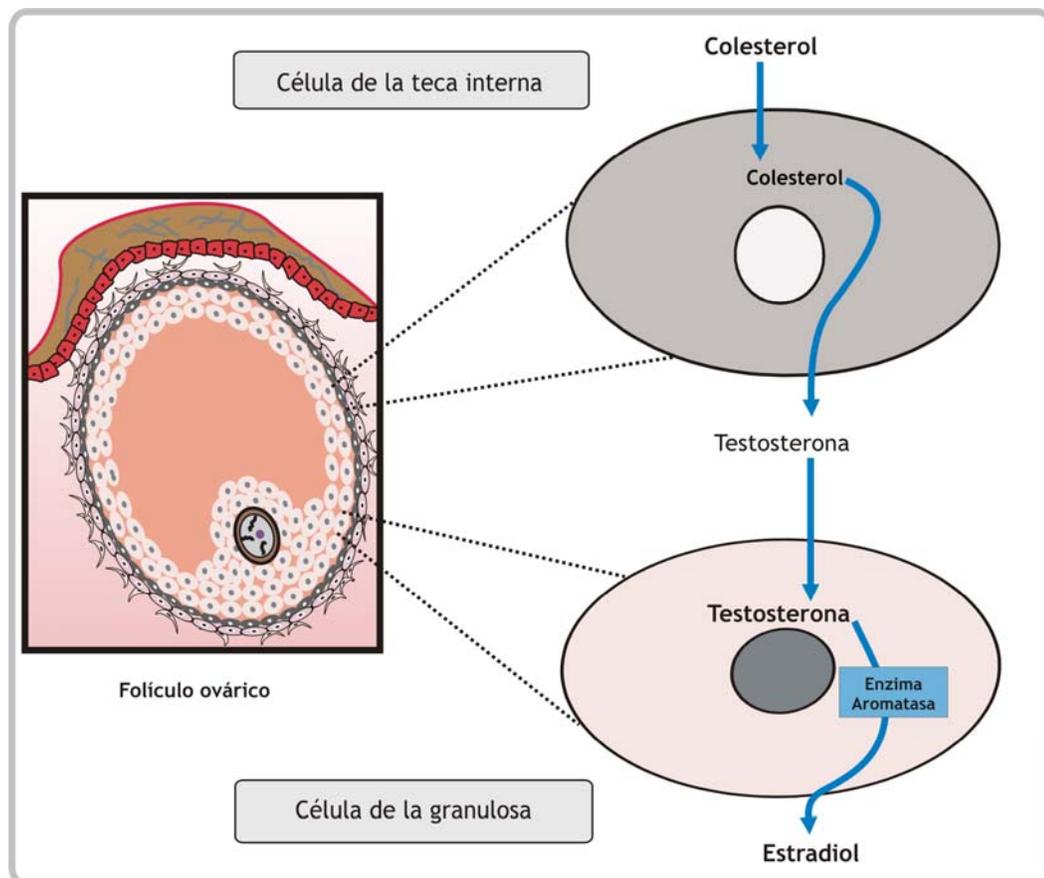


Las oleadas foliculares comienzan cuando hay un aumento en los niveles de FSH, lo cual promueve el crecimiento de un grupo de 5 a 6 folículos antrales (3-4 mm diámetro), este proceso es conocido como reclutamiento. Posteriormente un folículo continúa creciendo y se separa del grupo (folículo dominante), mientras que sus compañeros (subordinados) sufren atresia. El folículo seleccionado ejerce dominancia mediante la inhibición de la diferenciación y crecimiento de los folículos subordinados. Así, el folículo dominante produce estrógenos e inhibina, hormonas que suprimen la secreción de FSH, lo cual bloquea el crecimiento de los folículos subordinados, ya que ellos dependen totalmente del estímulo de la FSH. En contraste, el folículo dominante continúa creciendo a pesar de haber concentraciones bajas de FSH, debido a que cuando alcanza un diámetro de 9-10 mm adquiere receptores para la LH, y es esta hormona la que se

encarga de estimular su crecimiento (Figura 3.6). El folículo dominante ejerce dominancia fisiológica de 4 a 6 días y si no llega a ovular, sufre atresia. Con la atresia del folículo dominante, los niveles de estradiol e inhibina disminuyen, lo que permite un incremento en las concentraciones de FSH, iniciándose una nueva oleada folicular. El folículo dominante se convierte en ovulatorio cuando ocurre la regresión natural del cuerpo lúteo, lo cual le permite terminar su maduración.

La atresia del folículo dominante, después de un periodo fisiológico de dominancia, depende de la frecuencia de secreción de la LH. Así, durante el diestro, la progesterona y los estrógenos se encargan de suprimir la frecuencia de secreción de la LH (1 pulso cada 4-6 h), lo que resulta en atresia del folículo dominante. Sin embargo, el folículo dominante que está presente cuando el cuerpo lúteo sufre regresión continúa su maduración y se convierte en ovulatorio, debido a que al disminuir los niveles de progesterona aumenta la frecuencia de secreción de LH (1 pulso cada 2-3 h), lo cual le permite continuar con su desarrollo.

**Figura 3.6**  
**Síntesis de estradiol en el folículo ovárico (Teoría dos células-dos gonadotropinas).**



## Desarrollo y control de la función del cuerpo lúteo

Cuando el folículo dominante completa su maduración produce niveles de estrógenos suficientes para provocar la liberación máxima de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), lo cual desencadena el pico preovulatorio de la LH. Esta secreción de LH provoca la ovulación e inicia los cambios necesarios para que el folículo se transforme en un cuerpo lúteo, proceso conocido como luteinización.

La luteinización consiste en todos los cambios morfológicos, endócrinos y enzimáticos que ocurren en el folículo ovulatorio hasta que este se transforma en un cuerpo lúteo. La luteinización comienza a partir de la elevación preovulatoria de LH, aún antes de la ovulación.

La ovulación ocurre en promedio 30 h después del pico preovulatorio de LH; esta hormona regula los cambios a nivel de las paredes foliculares que conducen a la ruptura folicular (dehiscencia; Figura 3.7). Después de la ovulación, las células de la teca interna y de la granulosa migran y se distribuyen en las paredes del folículo. Las células de la teca interna se multiplican y diferencian en células lúteas chicas mientras que las células de la granulosa se hipertrofian y dan origen a las células lúteas grandes. Estos cambios son facilitados por la ruptura de la membrana basal que separa la capa de células de la granulosa de la teca interna. Concomitantemente comienza la formación de una amplia red de capilares que se distribuyen en todo el cuerpo lúteo en formación, y llegan a constituir hasta 20% del volumen del cuerpo lúteo maduro (Figura 3.8).

El cuerpo lúteo es uno de los órganos que muestran uno de los mayores índices de crecimiento. Así, en el segundo día después de la ovulación las concentraciones de progesterona en sangre comienzan a incrementarse, y en el quinto día ya se detectan concentraciones mayores de 1 ng/ml, lo que indica que el cuerpo lúteo ha adquirido su plena funcionalidad (Figura 3.9; 3.10).

La progesterona es el principal producto de secreción del cuerpo lúteo; ésta hormona actúa básicamente sobre los órganos genitales de la hembra, siendo responsable de la preparación del útero para el establecimiento y mantenimiento de la gestación. En la mucosa del oviducto y del útero, estimula la secreción de sustancias que nutrirán al embrión hasta que éste comience a nutrirse a través de la placenta. La progesterona

suprime la respuesta inmune del útero, lo cual es necesario para evitar el rechazo del embrión. Además, la progesterona evita las contracciones del útero, cierra el cérvix y modifica las características del moco cervical, volviéndolo más viscoso, evitando el paso de agentes extraños al interior del útero. En la glándula mamaria estimula el desarrollo del sistema alveolar, preparándola para la síntesis y secreción de leche.

**Figura 3.7**

**Ovario con una depresión ovulatoria (DOV). Después de la ovulación, el espacio que deja el folículo ovulatorio es invadido por las células de la teca interna y de la capa granulosa y forman el cuerpo lúteo.**

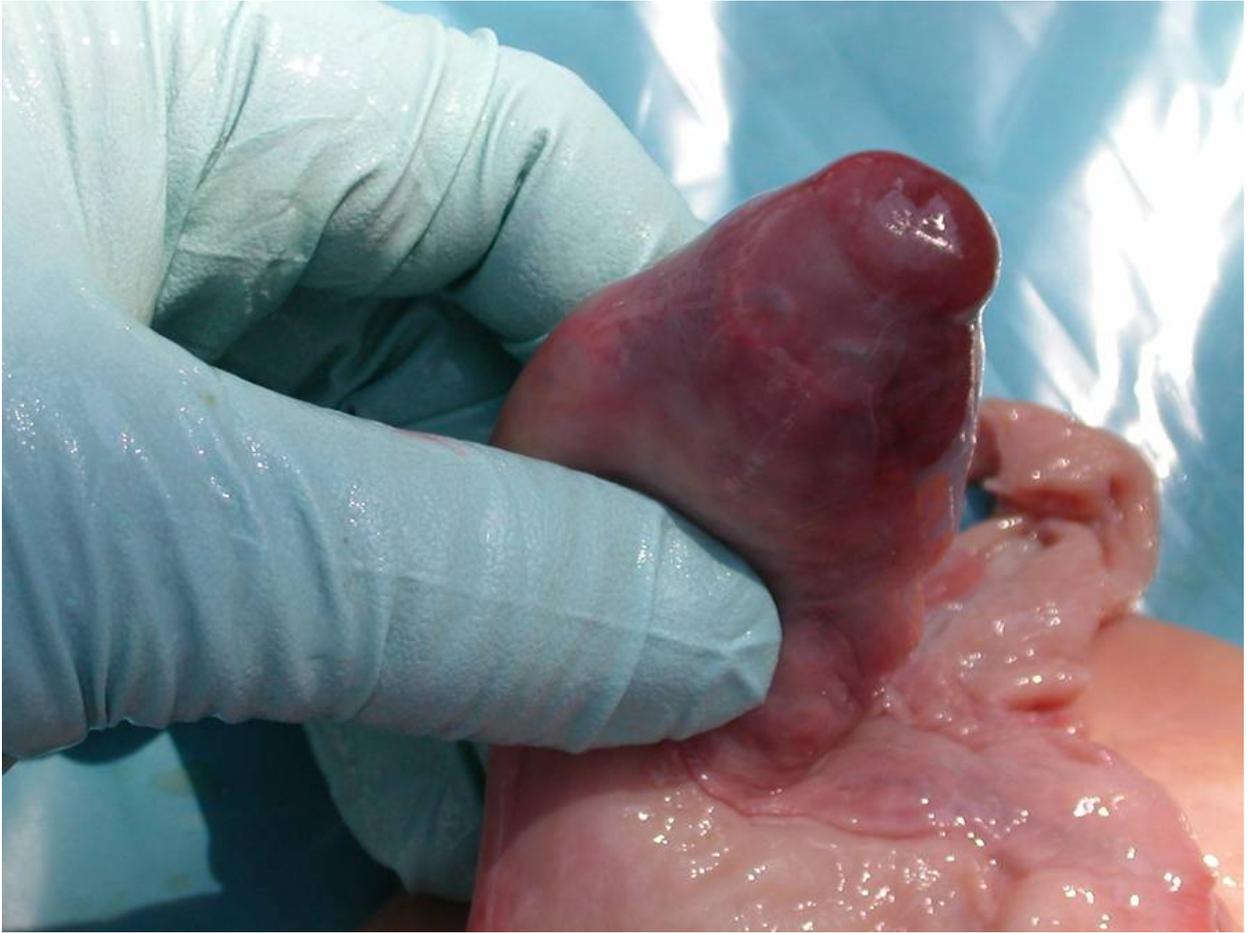


Figura 3.8

El cuerpo lúteo representa más de 50% de la masa ovárica y tiene diferente forma.

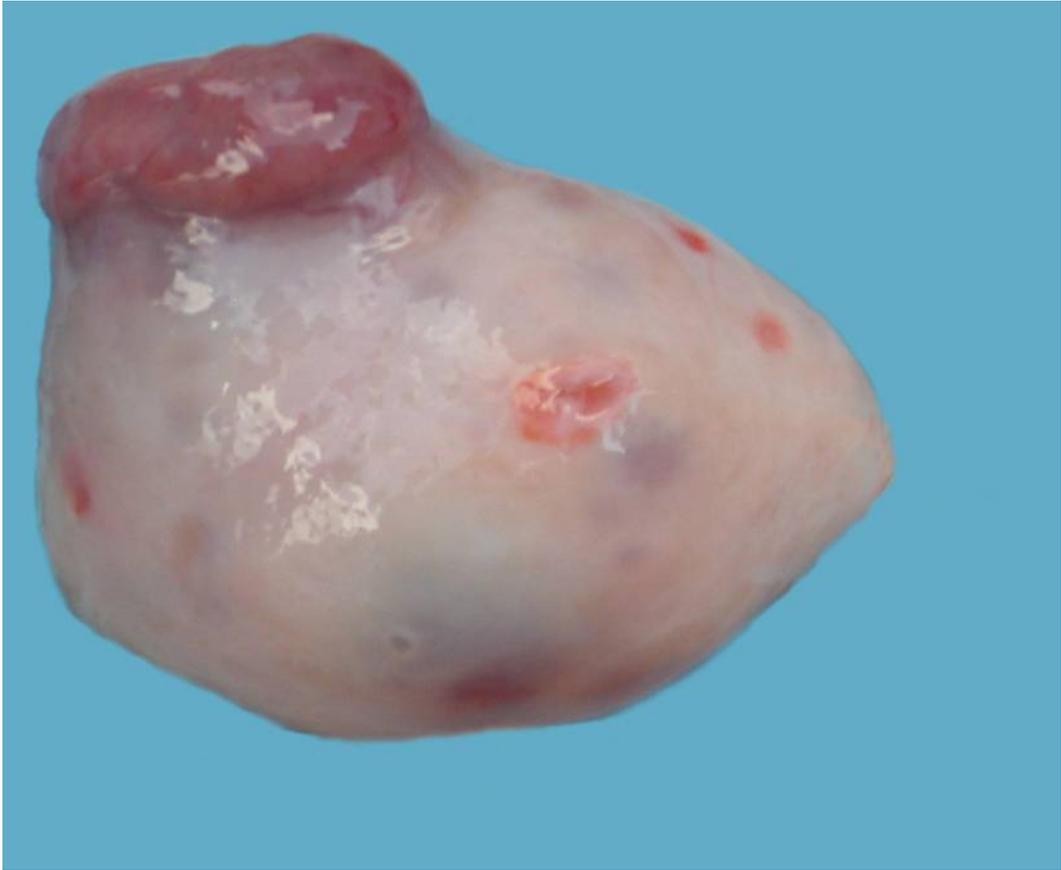


**Figura 3.9**  
**Ovario con un cuerpo lúteo maduro.**



**Figura 3.10**

**Ovario con un cuerpo lúteo maduro.**



## Regresión del cuerpo lúteo

El cuerpo lúteo es de los pocos órganos que tienen una fase de crecimiento, desarrollo y regresión. La regresión lútea es ocasionada por la secreción de  $\text{PGF2}\alpha$  de origen uterino, la cual actúa en las células lúteas promoviendo apoptosis (muerte celular programada).

El mecanismo por el cual se inicia la síntesis y secreción de la  $\text{PGF2}\alpha$  depende de una interacción entre el cuerpo lúteo, los folículos ováricos y el útero. Los estrógenos ováricos desempeñan un papel importante en el inicio de la secreción de  $\text{PGF2}\alpha$ , ya que promueven la síntesis de receptores para oxitocina. Además, los estrógenos estimulan en el endometrio la producción de la fosfolipasa A y la ciclooxigenasa, enzimas indispensables para la síntesis de  $\text{PGF2}\alpha$ .

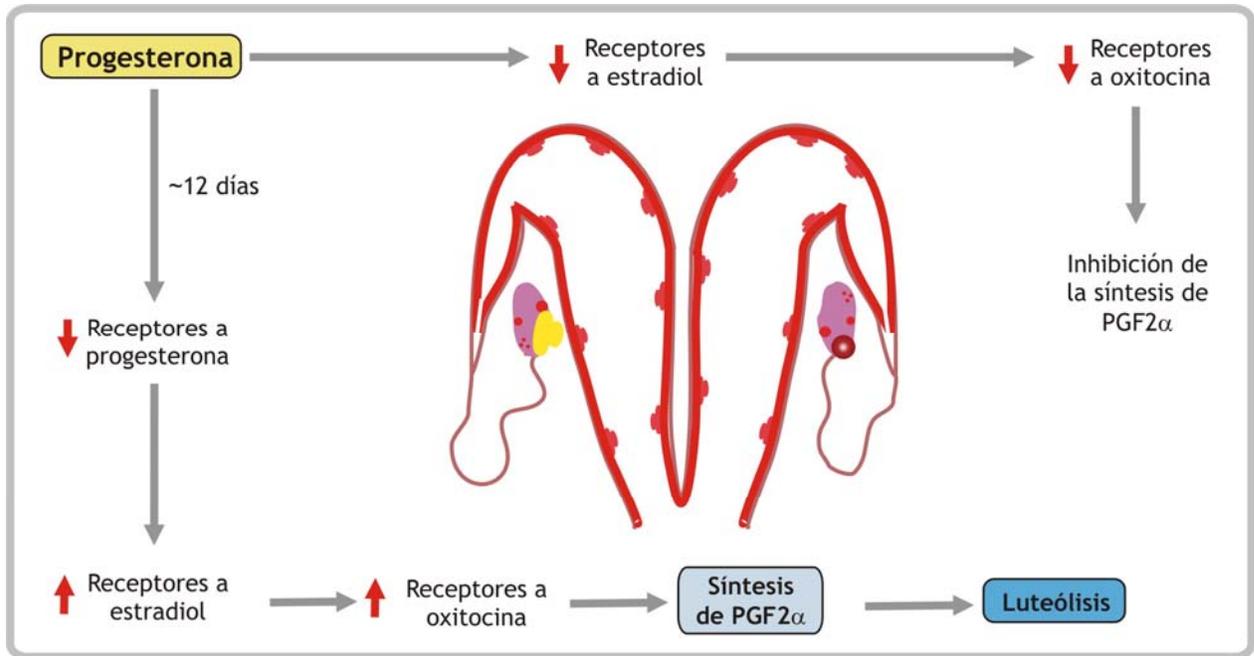
Durante la fase lútea la progesterona inhibe la síntesis de la  $\text{PGF2}\alpha$ , lo cual logra a través de la supresión de la síntesis de receptores a estradiol en el endometrio. Después de un periodo de 12 días de exposición a progesterona, los receptores de esta hormona se agotan y, en consecuencia, el endometrio se vuelve insensible a ella. Cuando esto ocurre, se sintetizan receptores a estradiol, lo que le permite al estradiol producido por el folículo dominante estimular la síntesis de receptores a oxitocina. En este momento el endometrio está listo para sintetizar y secretar  $\text{PGF2}\alpha$  (Figura 3.11) en respuesta al estímulo de la oxitocina. El primer episodio de secreción de oxitocina, el cual desencadena el primer pulso de  $\text{PGF2}\alpha$ , es de origen hipotalámico, mientras que los siguientes pulsos de  $\text{PGF2}\alpha$  son provocados por la oxitocina secretada por el cuerpo lúteo. La secreción de  $\text{PGF2}\alpha$  muestra un patrón pulsátil, es decir, se observan episodios de secreción a intervalos de 6 a 8 h, los cuales son provocados por periodos de sensibilidad e insensibilidad del endometrio a la oxitocina. Lo anterior obedece a que se agotan los receptores de la oxitocina y toma de 6 a 8 h su síntesis. La secreción pulsátil de  $\text{PGF2}\alpha$  con el intervalo entre pulsos mencionado previamente es indispensable para provocar la luteólisis; si el intervalo entre pulsos es mayor (14 h) o si sólo se presenta un aumento de la secreción basal, la regresión lútea no ocurre.

Además de la  $\text{PGF2}\alpha$  de origen uterino, el cuerpo lúteo también produce  $\text{PGF2}\alpha$ , la cual aumenta el efecto luteolítico de esta hormona. Resulta interesante que la falta de sensibilidad a la  $\text{PGF2}\alpha$  que se observa en los cuerpos lúteos inmaduros (primeros 5 días

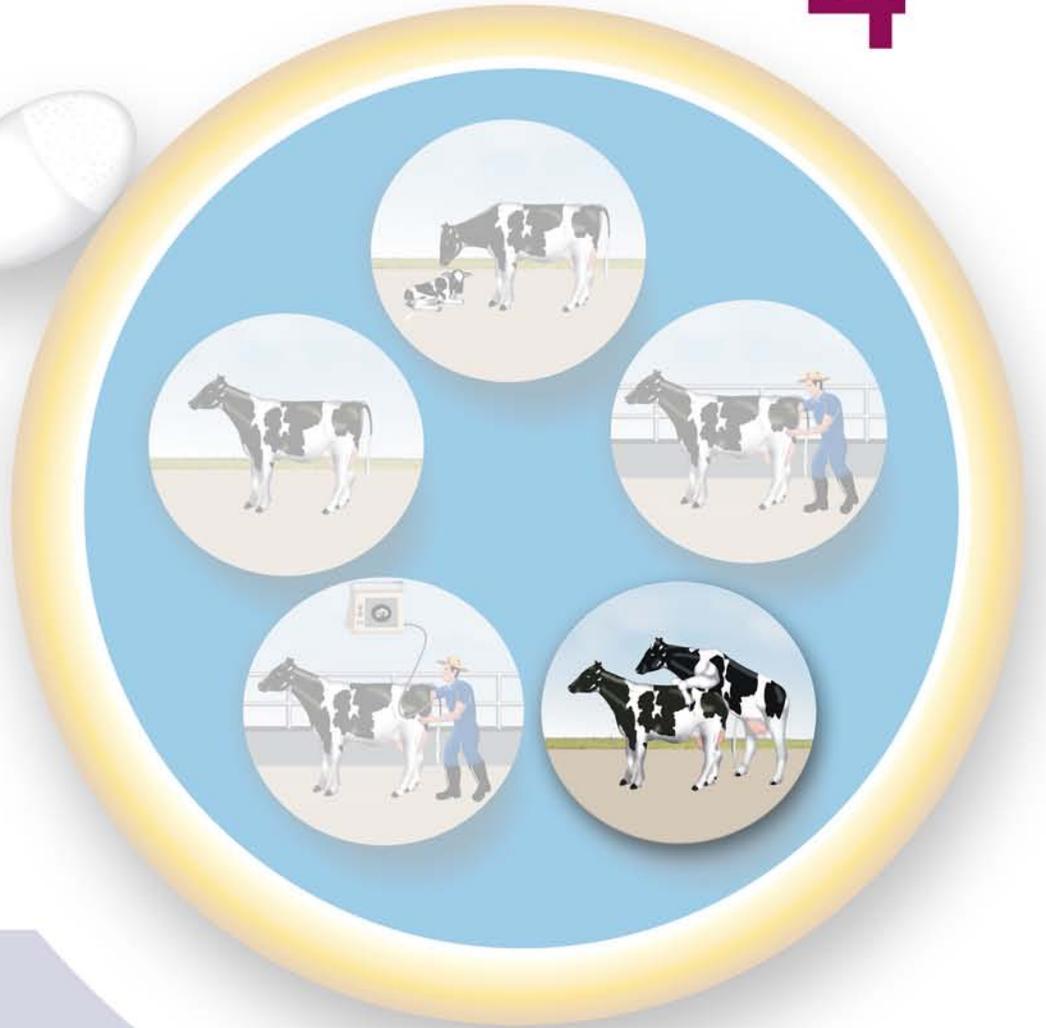
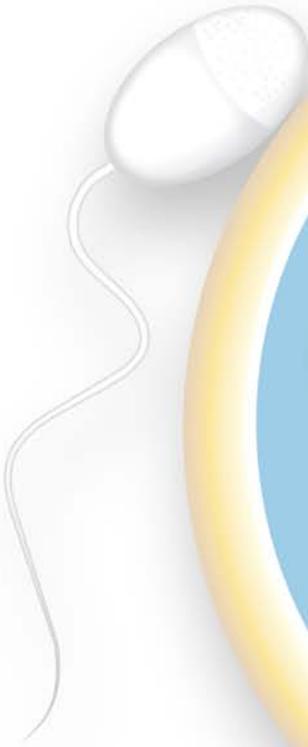
posovulación) obedece a que en este periodo todavía no se ha establecido este mecanismo.

Figura 3.11

Mecanismos de control de la síntesis de  $\text{PGF2}\alpha$  en el endometrio.



capítulo  
**4**



# Anestro posparto

# Anestro posparto

## Introducción:

El anestro posparto es el periodo después del parto en el cual la hembra no tiene actividad cíclica. En los bovinos, el parto es seguido de un período de inactividad ovárica de longitud variable, el cual es afectado principalmente por el amamantamiento, el estado nutricional de la vaca, la producción de leche, la ganancia o pérdida de condición corporal antes y después del parto, estación del año en que ocurrió el parto y por condiciones patológicas.

## Contenido:

- Control neuroendócrino
- Factores que determinan el inicio de la actividad ovárica posparto
- Anestro patológico
- Falso anestro
- Anestro en relación con el momento del servicio
- Tratamientos hormonales para la inducción de actividad ovárica

## Control neuroendócrino

En las primeras semanas posparto (primeros 15 días), las concentraciones circulantes de LH son bajas, lo cual obedece a la ausencia de reservas de LH y a la incapacidad temporal de la hipófisis para responder al estímulo de la GnRH. Entre los días 15 a 20 posparto, la hipófisis aumenta su capacidad para responder al GnRH y comienza a sintetizar y acumular reservas de LH. En este momento, la hipófisis tiene la capacidad para liberar LH con una frecuencia apropiada para que ocurra la maduración de un folículo y la ovulación (Figuras 5.1 y 5.2).

Figura 5.1

Inicio de la actividad ovárica posparto en vacas bajo sistemas de producción de carne y doble propósito.

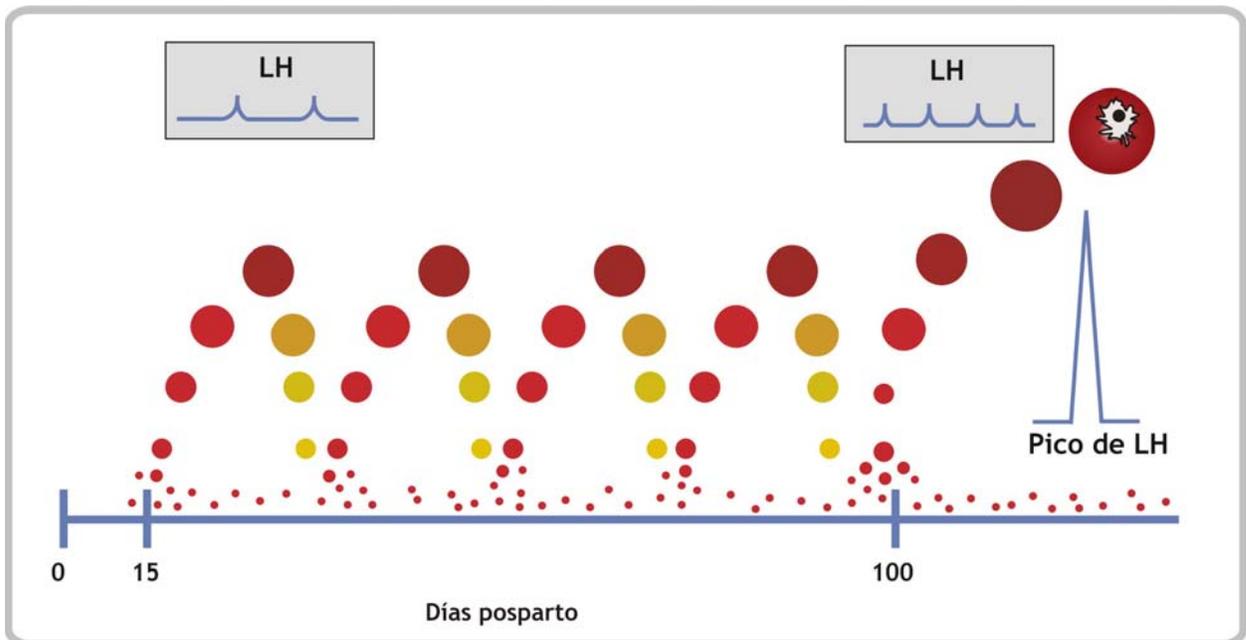
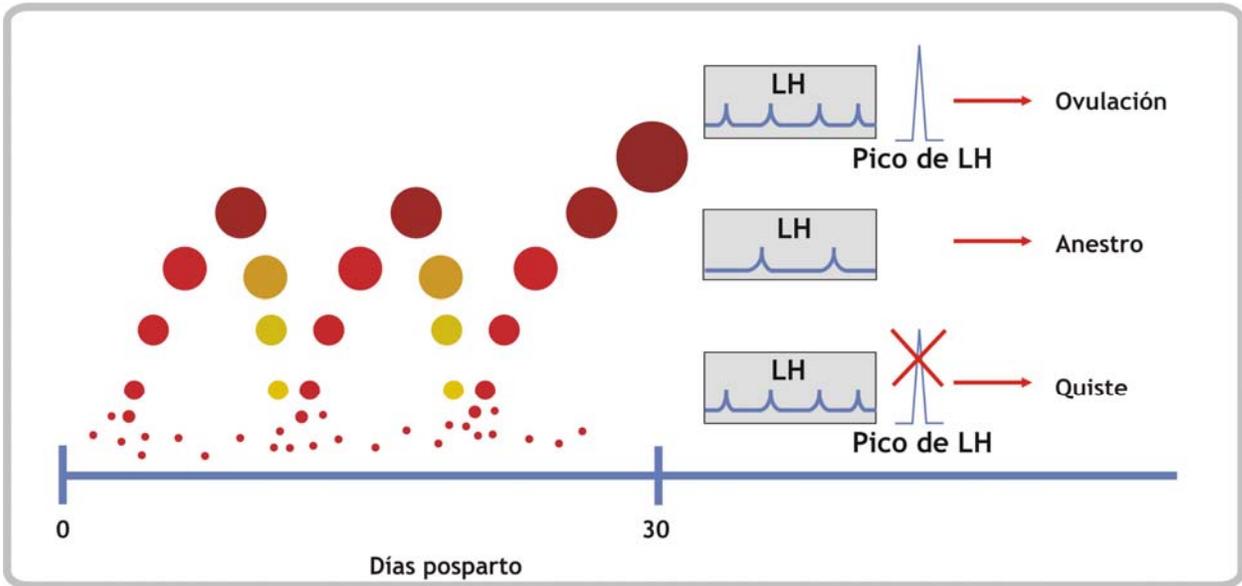


Figura 5.2

Inicio de la actividad ovárica posparto en vacas lecheras. Se presentan los diferentes destinos que tienen los folículos que se desarrollan durante el periodo posparto.



## Factores que determinan el inicio de la actividad ovárica posparto

Los cambios metabólicos posparto, particularmente el balance energético, determinan el tiempo del parto a la primera ovulación. Frecuentemente alguno de los primeros folículos dominantes que se desarrollan durante las primeras 2 o 3 semanas ovula. El factor limitante para el reinicio de la actividad ovárica posparto en el ganado lechero es el balance energético negativo (Figura 5.3). En el ganado lechero, el consumo de materia seca (MS) después de la parto se debe incrementar de 4 a 6 veces, para cubrir la demanda de nutrimentos para la producción de leche y mantenimiento; sin embargo, la vaca es incapaz de consumir el requerimiento de MS, por lo cual recurren a sus reservas de grasa y proteína (Figura 5.4 y 5.5). Las vacas lecheras caen en un balance energético negativo (BEN), llegan a su punto más bajo (nadir) entre los días 10 y 20 posparto y siguen en BEN hasta los días 70- 80 y en algunos casos hasta el día 100 posparto (vacas de primer parto). No obstante el BEN, una alta proporción de ellas comienza a ciclar en las primeras 8 semanas posparto. Las vacas que llegan rápido al nadir y cambian de dirección el balance energético (Figuras 5.6 y 5.7), inician su actividad ovárica más rápido que las vacas que tienen un BEN más profundo y duradero, las cuales es frecuente que sigan en anestro en el día 70 posparto.

El intervalo entre parto a primera ovulación en ganado lechero en sistemas de producción no intensiva, es alrededor de los 30 días, mientras que en vacas en sistemas de producción intensiva, es de 40. Cabe señalar que es común encontrar que en el día 70 posparto, 20 % de las vacas no hayan ovulado.

Con frecuencia se observa que las vacas lecheras desarrollan folículos que crecen más que los folículos ovulatorios, los cuales se convierten en quistes foliculares. Esto se asocia con un incremento en la frecuencia de los pulsos de LH y con insensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación positiva del estradiol, lo cual ocasiona la ausencia del pico preovulatorio de LH.

Figura 5.3

Balance energético y primera ovulación posparto en el ganado lechero.

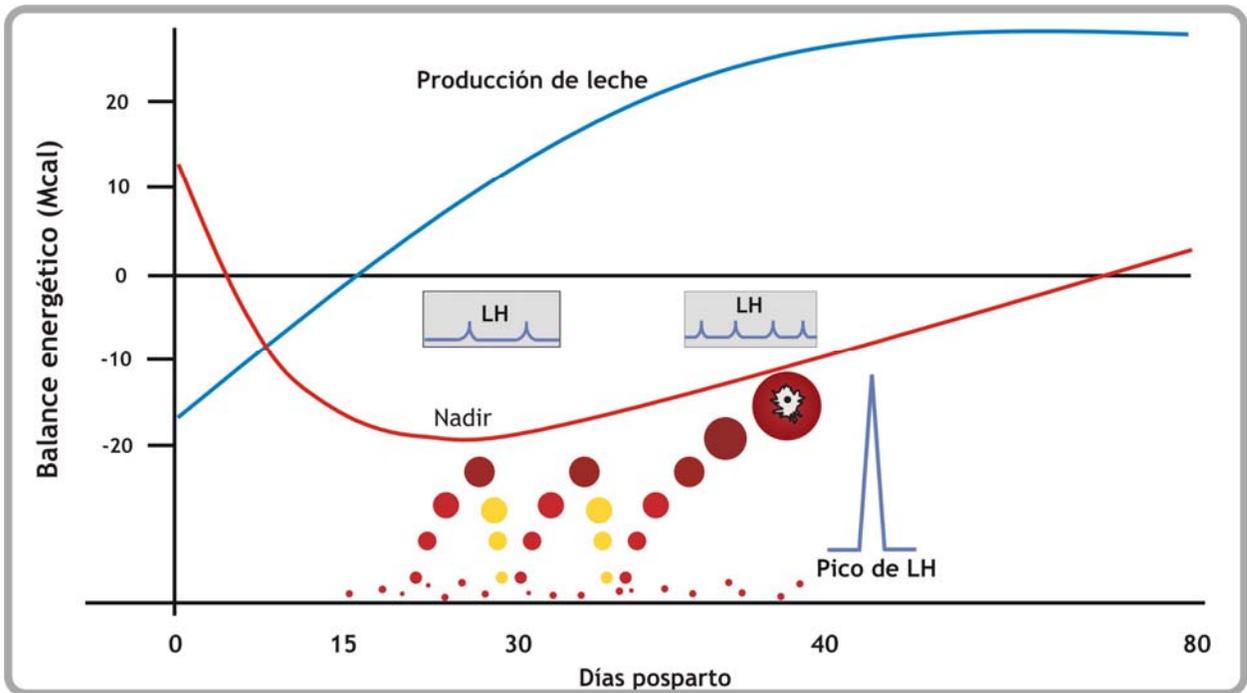
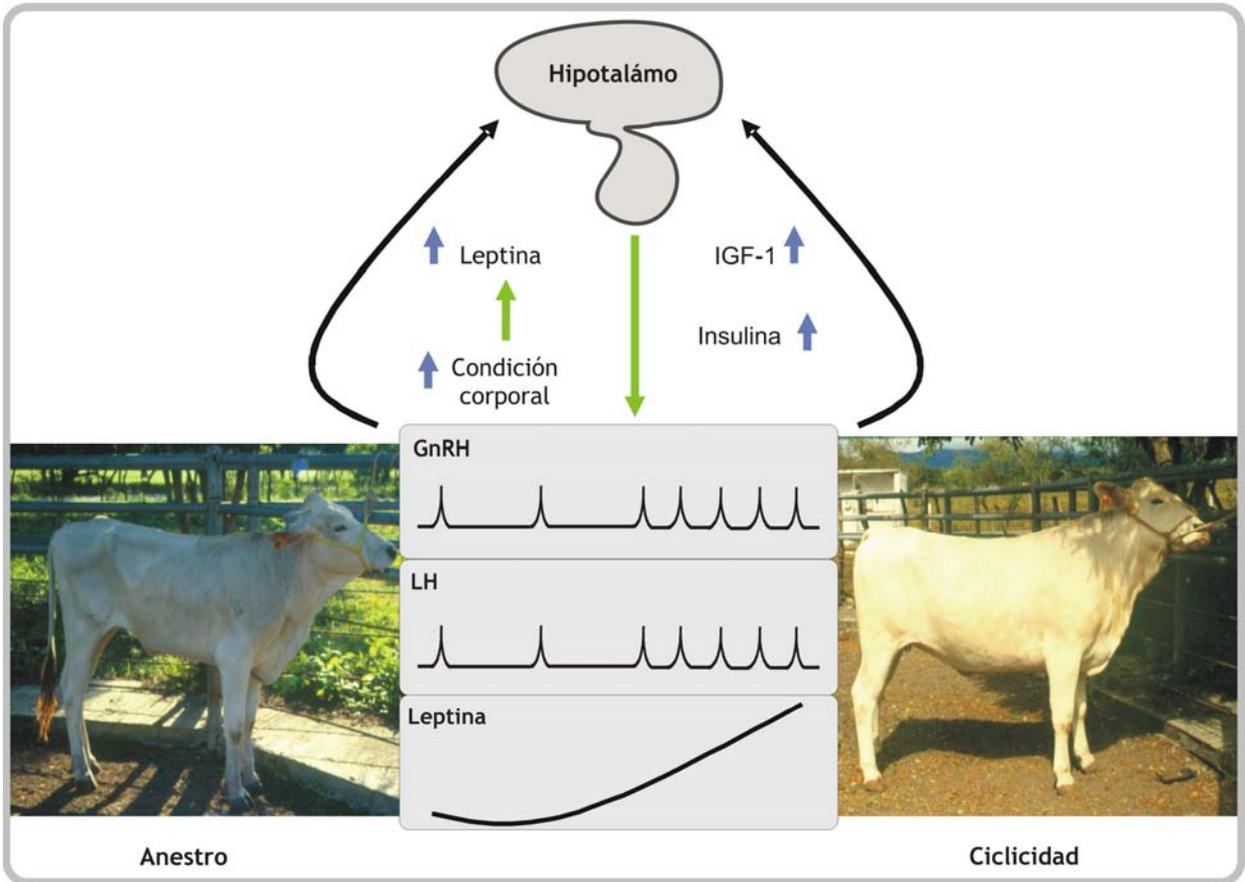


Figura 5.4

Relación de la condición corporal con el inicio de la actividad ovárica posparto.



**Figura 5.5**

**Los cambios en la condición corporal posparto determina la eficiencia reproductiva en el ganado lechero.**



**Figura 5.6**

**En el ganado bovino en sistemas de producción de carne o doble propósito, el amamantamiento y la mala nutrición son las principales causas del anestro posparto.**



Figura 5.7

El balance energético es el factor más importante que determina el inicio de la actividad ovárica posparto en el ganado lechero. Todas las vacas presentan un balance energético negativo después del parto y entre más rápido salgan de ésta condición metabólica, más rápido recuperan su capacidad reproductiva.



## Anestro patológico

### Alteraciones del aparato genital que causan anestro

En la vaca, se ha estimado que las alteraciones del aparato genital que afectan la actividad ovárica, representan sólo el 10% del total de las causas de anestro. Entre éstas se encuentran la atrofia, hipoplasia bilateral ovárica, freemartin, piometra, momificación y maceración fetal, el quistes luteinizados, aplasia segmentaria. No existe tratamiento para el freemartinismo, la aplasia segmentaria (Figura 5.8) y la hipoplasia ovárica, por lo que el diagnóstico debe realizarse lo antes posible, con el fin de eliminar a estos animales. Los quistes foliculares y luteinizados y la piometra pueden tratarse con bastante eficacia, con el restablecimiento posterior de la actividad cíclica.

En la momificación (Figura 5.9), la fertilidad de la vaca después de la expulsión de la momia, es normal, no así en el caso de maceración, en la que el endometrio ha sido dañado seriamente.

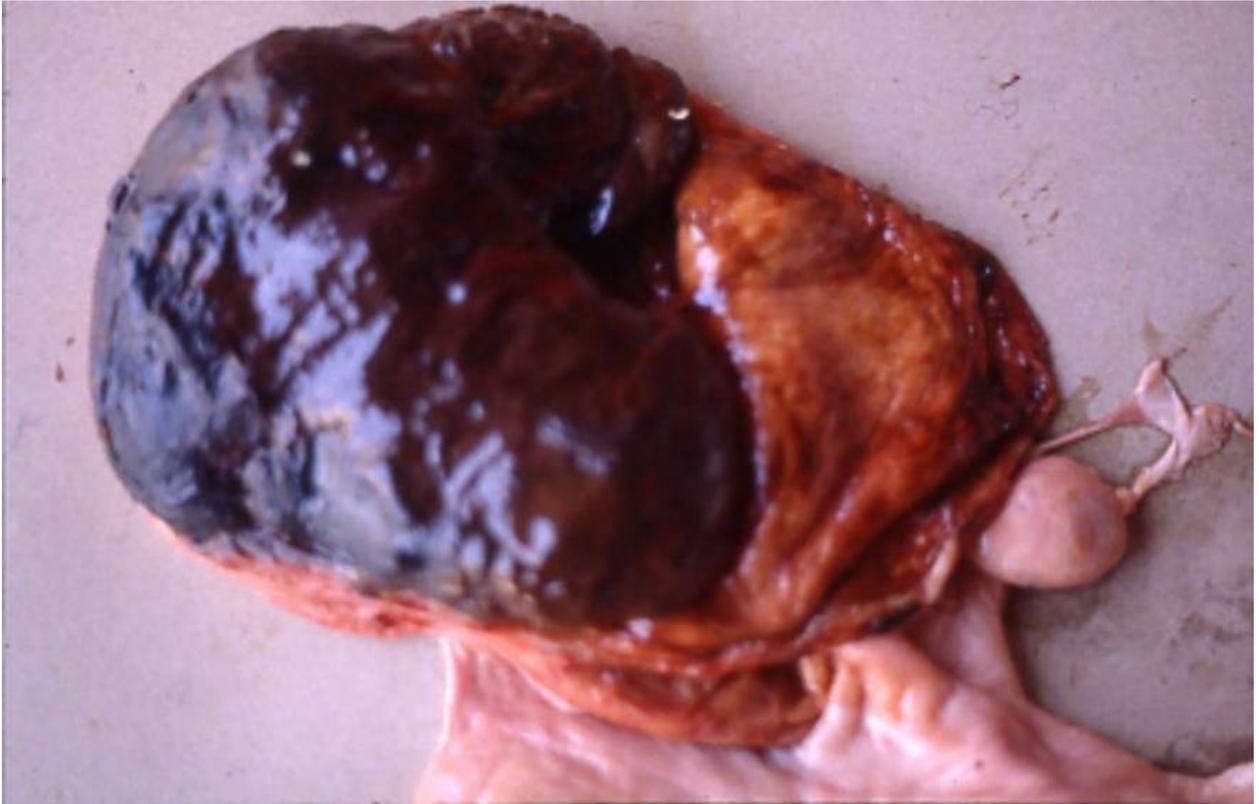
**Figura 5.8**

**Aplasia segmentaria. Las vacas con esta condición pueden gestar cuando la ovulación ocurre del lado del cuerno uterino presente. Si la ovulación sucede del lado en donde falta el cuerno uterino ocasiona anestro.**



Figura 5.9

Feto momificado. Esta condición se diagnostica cuando se hace la confirmación de la gestación previo al secado



## **Anestro en relación con el momento del servicio**

El anestro en el ganado bovino se ha clasificado también como anestro antes y después del servicio.

### **Anestro antes del servicio**

Incluye vacas y vaquillas que no han mostrado celo en el período en el que deben ser cubiertas. En algunos estudios se ha observado que el anestro antes del servicio puede afectar hasta 50% de las vacas elegibles para presentar estro.

### **Anestro después del servicio**

En este grupo se incluyen las vacas que no retornan al estro 23 días después del servicio y no están gestantes. Alrededor de 10 a 20% de las vacas que llegan a diagnóstico de gestación, caen en esta condición. El diagnóstico precoz de gestación es una gran ayuda para conocer a tiempo que los animales no están gestantes. El diagnóstico temprano de gestación con el uso de ultrasonografía transrectal es una opción viable y rentable en hatos lecheros.

## **Falso anestro**

Existe una condición llamada falso anestro que es la que causa las mayores pérdidas económicas de carácter reproductivo en hatos lecheros, y se refiere a las vacas que están ciclando pero no son observadas en estro.

## Revisión de vacas en anestro

Después del parto las vacas lecheras tienen un periodo en el cual no presentan ciclos estrales. La duración de este periodo es variable y depende de diversos factores tales como condición corporal, balance energético y producción de leche, por mencionar los factores más importantes. La primera ovulación ocurre entre los 30 a 50 días posparto. Es recomendable que el periodo del parto a la primera ovulación sea lo más corto posible, ya que las vacas que ovulan más rápido después del parto tienen un mejor desempeño reproductivo.

Las vacas lecheras se deben inseminar una vez que presentan ciclos estrales y que termina el periodo voluntario de espera, es decir, el tiempo después del parto que debe transcurrir antes de realizar la primera inseminación. Es común que se realice la primera inseminación en el primer estro que se presenta después del día 50 posparto; sin embargo, la fertilidad lograda con este servicio es baja, por lo que se opta por inseminar después del día 60 o 70.

La probabilidad de que la vaca sea inseminada depende de la eficiencia de la detección de estros. Es común que la mitad de los estros no sean observados por los trabajadores de los hatos lecheros, por tal razón, muchas vacas no son inseminadas una vez que termina el periodo de espera voluntario. Por otro lado, hay vacas que por causas patológicas o por balance energético negativo, están en anestro aún después que termina el periodo voluntario de espera. Así, para identificar las causas de la falta de presentación del estro, todas las vacas que no hayan sido inseminadas al día 60 posparto, deben ser revisadas por vía rectal para aplicar el tratamiento o manejo pertinente.

El manejo de estas vacas requiere del conocimiento de fisiología ovárica. Durante esta revisión se pone especial atención en las características del útero y estructuras ováricas, ya que de aquí depende la toma de decisiones. La descripción de los hallazgos a la palpación se realiza mediante claves reproductivas que se registran en tarjetas (Figura 5.10). La palpación comienza en el útero; en éste es importante determinar si no hay gestación, posteriormente se evalúa la consistencia que puede ser normal, edematosa o turgente. Después de evaluar el útero se procede a palpar los ovarios comenzando con

el derecho y posteriormente el izquierdo. A continuación se describen los diferentes hallazgos que se pueden encontrar y el tratamiento o manejo:

#### ***UN DCL 2 ó 3 IF10 ; UN DF10 ICL2 ó 3 ; UN DE ICL2 ó 3 F5***

Útero normal con un cuerpo lúteo (CL) 2 ó 3, y folículos de diferente diámetro. La consistencia normal del útero (es normal cuando no hay edema o turgencia) se encuentra en vacas no gestantes durante el diestro, o en vacas que están en anestro. El CL 2 ó 3 es una estructura bien desarrollada que deforma el ovario y en algunos casos representa más de 50% de la masa ovárica. Determinar si el CL es 2 ó 3 es una apreciación subjetiva de su tamaño, la cual no tiene sentido práctico, pues en cualquiera de los dos casos el manejo es el mismo. El CL indica que la vaca está en cualquier día del diestro y obviamente que está ciclando. Durante el diestro se pueden encontrar folículos de diferente tamaño en cualquiera de los dos ovarios, ya que esto depende de las ondas de desarrollo folicular. Es importante señalar que las estructuras mencionadas pueden estar en ovarios diferentes o bien en el mismo ovario. El hallazgo más importante en esta etapa es la presencia del cuerpo lúteo lo que permite el tratamiento con  $PGF2\alpha$ , lo que resulta en la presentación del estro en las siguientes 48 a 120 h. Este estado fisiológico es el que se encuentra con mayor frecuencia en este grupo de vacas, pues el diestro ocupa entre 50 y 60% de los días del ciclo estral.

#### ***UE DCL 1 IF10***

Útero edematoso con un cuerpo lúteo 1 y un folículo de 10 mm de diámetro. El útero edematoso se puede encontrar en el proestro y metaestro. La presencia del CL1 y un folículo grande indica que se trata de una vaca que muy probablemente se encuentra en proestro. La diferencia entre un CL1 y un CL2 ó 3 es básicamente su tamaño; un CL1 es una estructura pequeña con consistencia dura. Cabe señalar que el margen de error en la palpación de cuerpos lúteos es grande, y depende en gran medida de las características inherentes de esta técnica y de la habilidad del veterinario. En trabajos realizados con veterinarios con amplia experiencia, apoyados con determinaciones de progesterona, se ha encontrado que 20% de las estructuras que ellos diagnostican como cuerpo lúteo no lo son. Las vacas que tienen estas características deben ser marcadas para que los trabajadores le pongan más atención, ya que presentarán el estro en los

siguientes 2 a 5 días. Si la vaca no es observada en estro se deberá palpar en la siguiente semana.

#### ***UT DE IF10 ó 15***

Útero turgente o con tono, ovario derecho estático y ovario izquierdo con folículo de 10 ó 15 mm de diámetro. Estos hallazgos, además de la presencia de moco estral, corresponden a una vaca en estro. Con frecuencia en la palpación de las vacas de anestro se encuentran vacas en estro; estas vacas deberán ser programadas para inseminación.

#### ***UE DE IE***

Útero con edema y ovarios estáticos. Estas observaciones corresponden a una vaca en metaestro; esta decisión tiene un alto margen de error ya que también pueden corresponder a un animal en proestro o en anestro verdadero. Un hallazgo que permite ser más acertado en el diagnóstico es la presencia de sangrado metaestral; en este caso la presencia de sangre en el moco cervical indica con seguridad que la vaca está en metaestro; sin embargo, no todas las vacas presentan este sangrado. Estas vacas deben ser palpadas 8 días después para confirmar o corregir un primer diagnóstico. Si la primera palpación fue correcta, en la segunda se encontrará un CL2-3.

#### ***UE DCH IF10***

Útero con edema ovario derecho con un cuerpo hemorrágico y ovario con un folículo de 10 mm de diámetro. Estas observaciones son de una vaca en metaestro. El cuerpo hemorrágico es considerado como la fase de transición entre el folículo ovulado y el cuerpo lúteo funcional; el CH se palpa como una estructura pequeña con una saliente en forma de torre y es muy suave al tacto. Estimar el tamaño del CH (1, 2 ó 3) es totalmente subjetivo y carece de aplicación práctica ya que en este momento no se puede hacer nada, debido a que el CH no es sensible a la  $PGF2\alpha$ ; por tal motivo será necesario esperar 4 ó 5 días para que se convierta en un cuerpo lúteo maduro y así poder destruirlo con  $PGF2\alpha$ . En la rutina estas vacas se palpan en la siguiente revisión (7 días después).

### ***UN DE IE***

Útero normal y ovarios estáticos. Esto caracteriza a las vacas que están en anestro verdadero. Las vacas caen en anestro principalmente por encontrarse en balance negativo de energía; este problema es más grave en vacas de primer parto. El único tratamiento efectivo consiste en mejorar su estado metabólico. Los tratamientos hormonales tales como GnRH y progestágenos no funcionan si no se resuelve primero su estado nutricional. La proporción de vacas en anestro verdadero no debe superar el 10%, un número mayor de vacas es indicador de problemas de manejo de la alimentación, el cual tienen su origen desde el periodo seco.

### ***UN DQF IE***

Útero normal y quiste folicular. El quiste folicular es un folículo de más de 20 mm de diámetros de paredes delgadas. Esta es una condición patológica del ovario y obedece a una deficiencia en secreción de LH. Si bien estas vacas se caracterizan por presentar estros recurrentes, también llegan a presentar anestro. El tratamiento consiste en la administración de GnRH o hCG. Con ello se provocará la luteinización con la consiguiente formación de un cuerpo lúteo, el cual posteriormente sufrirá regresión natural, lo que resultará en el reinicio de su actividad cíclica.

### ***UN DQL IE***

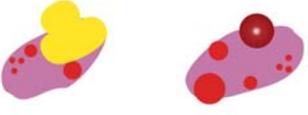
Útero normal y quiste luteinizado. Este quiste también es provocado por una deficiencia en la secreción de LH, sólo que en este caso la deficiencia fue parcial, lo cual ocasiona cierto grado de luteinización. El quiste luteinizado es una estructura de más de 20 mm de diámetros de paredes gruesas. En este caso el tratamiento indicado es la administración de PGF $2\alpha$ . En la práctica es difícil diferenciar un quiste folicular de un luteinizado, por lo cual el tratamiento recomendable es, primero, la administración GnRH o hCG seguido 9 días después de la aplicación de PGF $2\alpha$ .

### ***Piometra DCL2 ó 3 IF***

La piómetra es una condición que se presenta con mayor frecuencia en los primeros 30 días posparto; sin embargo, algunas vacas en anestro que son revisadas en el día 50 posparto llegan a tener piómetra. El tratamiento indicado consiste en la administración de PGF $2\alpha$ .

Figura 5.10

Claves reproductivas y tratamientos en el ganado lechero

Clave	Útero	Ovarios	Etapa	Tratamiento
UT DF15 IE	Turgente		Estro	Inseminación Artificial
UE DDOV IE	Edematoso		Metaestro	Ver en 7 días + PGF2 $\alpha$
UE DCH1 IF5	Edematoso		Metaestro	Ver en 7 días + PGF2 $\alpha$
UN DCL1 IF10	Normal		Diestro	PGF2 $\alpha$
UE DCL1 IF10	Edematoso		Proestro	Ver calor + inseminación artificial
UN DE IE	Normal		Anestro	Mejorar alimentación
UE DE IE	Edematoso		Metaestro o anestro	Ver en 7 días
UE DQF IEF10	Normal			GnRH o hCG + PGF2 $\alpha$ (9 días después)
UN DF10 IQL	Normal			GnRH o hCG + PGF2 $\alpha$ (9 días después)

## Tratamientos hormonales para la inducción de actividad ovárica

Uno de los objetivos desde el punto de vista reproductivo en el ganado bovino, tanto en sistemas de producción de leche como de carne, es el inicio rápido de la actividad ovárica después del parto. En el ganado lechero el inicio temprano de la ciclicidad posparto está asociado con un mejor desempeño reproductivo. Así, el establecimiento de la ciclicidad favorece la involución uterina y se ha observado que el número de ciclos previos a la primera inseminación está correlacionado positivamente con la fertilidad, es decir, a más ciclos previos mejor fertilidad. Un tratamiento utilizado para adelantar el inicio de la primera ovulación posparto, consiste en la administración de GnRH cuando a la palpación rectal se encuentra un folículo grande. Con esto se pretende hacer ovular al folículo y después se inyecta  $\text{PGF2}\alpha$  para provocar la regresión lútea.

Otras combinaciones consisten en la administración de GnRH y en la inserción de un implante de norgestomet o de un CIDR y al retirar el progestágeno se inyecta  $\text{PGF2}\alpha$ . El progestágeno simula la presencia de un cuerpo lúteo y cuando se retira, la vaca presenta el estro, algo así como *engañar* al sistema neuroendocrino. No obstante que los tratamientos mencionados son de uso común, no funcionan en todos los casos. Un requisito para que tengan éxito es que las vacas deben tener buena condición corporal o que estén ganando condición corporal.

Debido a que en los trabajos de campo no se tiene un grupo testigo para comparar los resultados, queda la duda si el tratamiento hormonal fue el responsable de la inducción de la actividad ovárica o fue el estado metabólico favorable de la vaca o la combinación de estos dos factores. Aunque los tratamientos hormonales pueden ayudar en algunos casos, no se debe olvidar que las causas del anestro no se arreglan con la administración de hormonas, ya que la vaca no cicla porque toda la información que recibe el cerebro del medio externo e interno, le indica que no le conviene ciclar. Se puede engañar al hipotálamo con hormonas temporalmente pero una vez que pasa el engaño se activa nuevamente los candados y la vaca cae en anestro (se desconecta).

## Quistes foliculares

Los quistes foliculares (QF) son la patología ovárica más frecuente en el ganado bovino lechero y provocan pérdidas económicas debido al retraso del periodo del parto al primer servicio, por el costo de los tratamientos y por el riesgo que tienen las vacas de ser desechadas. La incidencia de los QF ha aumentado conforme se ha intensificado la producción de leche. Así, entre 5 y 30% de las vacas desarrollan esta patología en los primeros 60 días posparto; sin embargo, cerca de 60% de ellas se recupera espontáneamente. Los signos clínicos de las vacas con QF descritos en la literatura son: ninfomanía, ciclos cortos, masculinización y relajamiento de los ligamentos pélvicos; Sin embargo, actualmente una alta proporción de las vacas con QF muestran anestro.

Durante muchos años se definió un quiste folicular como un folículo de un diámetro de 2.5 mm, que está presente en uno o en ambos ovarios durante un mínimo de 10 días, en ausencia de un cuerpo lúteo. Los conocimientos modernos han modificado el concepto clásico; así, no todos los QF tienen un diámetro de 2.5 mm; además, algunos pueden persistir más de 10 días, pero otros son estructuras dinámicas los cuales sufren regresión y pueden ser sustituidos por nuevos QF. Por tal motivo, la definición más acertada de un QF es: Un folículo de un diámetro de al menos 20 mm, el cual está presente en uno o en ambos ovarios en la ausencia de tejido lúteo y que interfiere con el ciclo estral normal (Figura 5.11).

La patogénesis de los QF no se conoce. Se propone que las vacas que desarrollan QF tienen una anomalía en los mecanismos de retroalimentación entre el hipotálamo y la hipófisis en conjunción con una disfunción a nivel folicular (Figura 5.12).

Durante el proestro de un ciclo estral normal, el folículo dominante se desarrolla hasta alcanzar su estado preovulatorio, lo cual es apoyado por un incremento en la frecuencia de los pulsos de secreción de LH. En esta fase, el folículo secreta concentraciones altas de estrógenos, los cuales retroalimentan positivamente al hipotálamo para que ocurra la secreción preovulatoria de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y en consecuencia de LH. Después del pico preovulatorio de LH ocurre la ruptura y salida del ovocito (ovulación) y la subsiguiente formación del cuerpo lúteo (luteinización). Se propone que en las vacas con QF, el pico preovulatorio de LH no ocurre o es de menor

amplitud, o no tiene una relación sincrónica con la maduración del folículo, lo cual ocasiona la falla ovulatoria. La alteración en la secreción de LH puede obedecer a falta de sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación positiva de los estrógenos. También se señala que algunas anormalidades a nivel folicular tales como alteraciones en la síntesis de hormonas esteroides y una menor sensibilidad a la LH, pueden contribuir con la patología. Una vez que se ha establecido el QF, se ha propuesto que un incremento en la frecuencia de secreción pulsátil de LH contribuye con la persistencia de ésta patología. Cabe señalar que algunas de estas hipótesis se han obtenido de observaciones hechas en vacas, en los cuales se han inducido QF; por lo tanto, son aproximaciones a las causas verdaderas de ésta patología.

Existen factores que están asociados con el desarrollo de los QF, los cuales, de acuerdo con la patología propuesta, pueden influir a nivel del eje hipotálamo-hipofisario y ovárico. Los QF ocurren principalmente durante la transición del anestro posparto a la ciclicidad. En este periodo las vacas se encuentran en balance energético negativo (BEN). Se ha observado una asociación entre la profundidad del BEN y el tiempo posparto en que ocurre el nadir del BEN, con la incidencia de QF. Así, las vacas que padecen un BEN más grave tienden a presentar una incidencia mayor de QF. Por otra parte, hay una correlación positiva entre la producción de leche y la incidencia de QF, lo que indica que las vacas que producen más leche tienen mayor riesgo de padecer QF. También existen otros factores asociados con la incidencia de QF tales como, estrés, genéticos, infecciones uterinas, estrés calórico y presencia de fitoestrógenos en la dieta.

El tratamiento indicado consiste en la administración de la hormona GnRH, la cual provoca la luteinización del quiste y la formación de un cuerpo lúteo. Es recomendable la combinación con una dosis luteolítica de PGF<sub>2α</sub> 7 a 10 días después de la inyección de GnRH. También está indicado el tratamiento con la hCG en lugar de GnRH. En algunos estudios se ha logrado integrar a las vacas con QF a esquemas de sincronización de la ovulación y tiempo fijo con resultados en fertilidad aceptables.

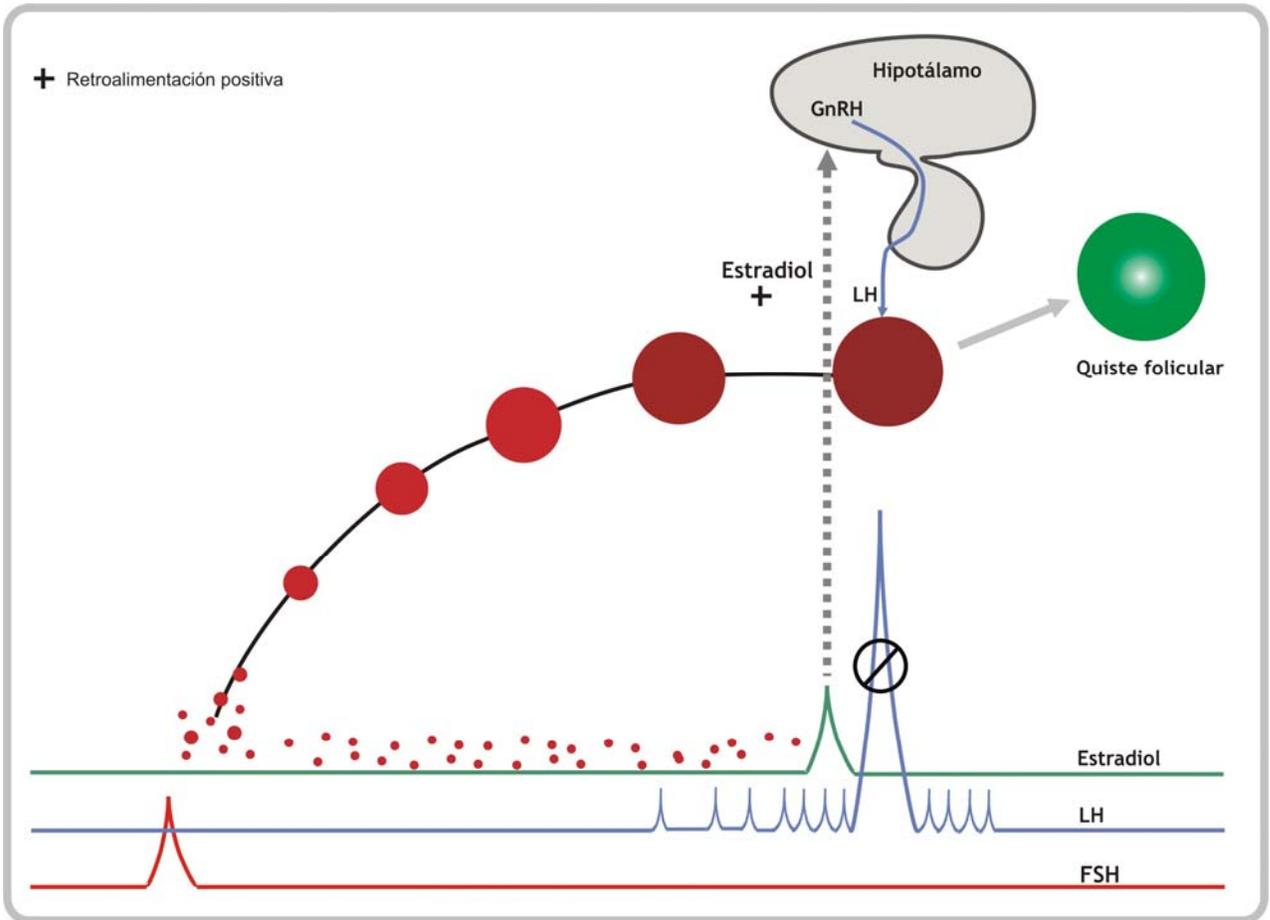
**Figura 5.11**

**Quistes foliculares. Estructura de un diámetro de al menos 20 mm con paredes delgadas, el cual está presente en uno o en ambos ovarios en la ausencia de tejido lúteo y que interfiere con el ciclo estral normal.**

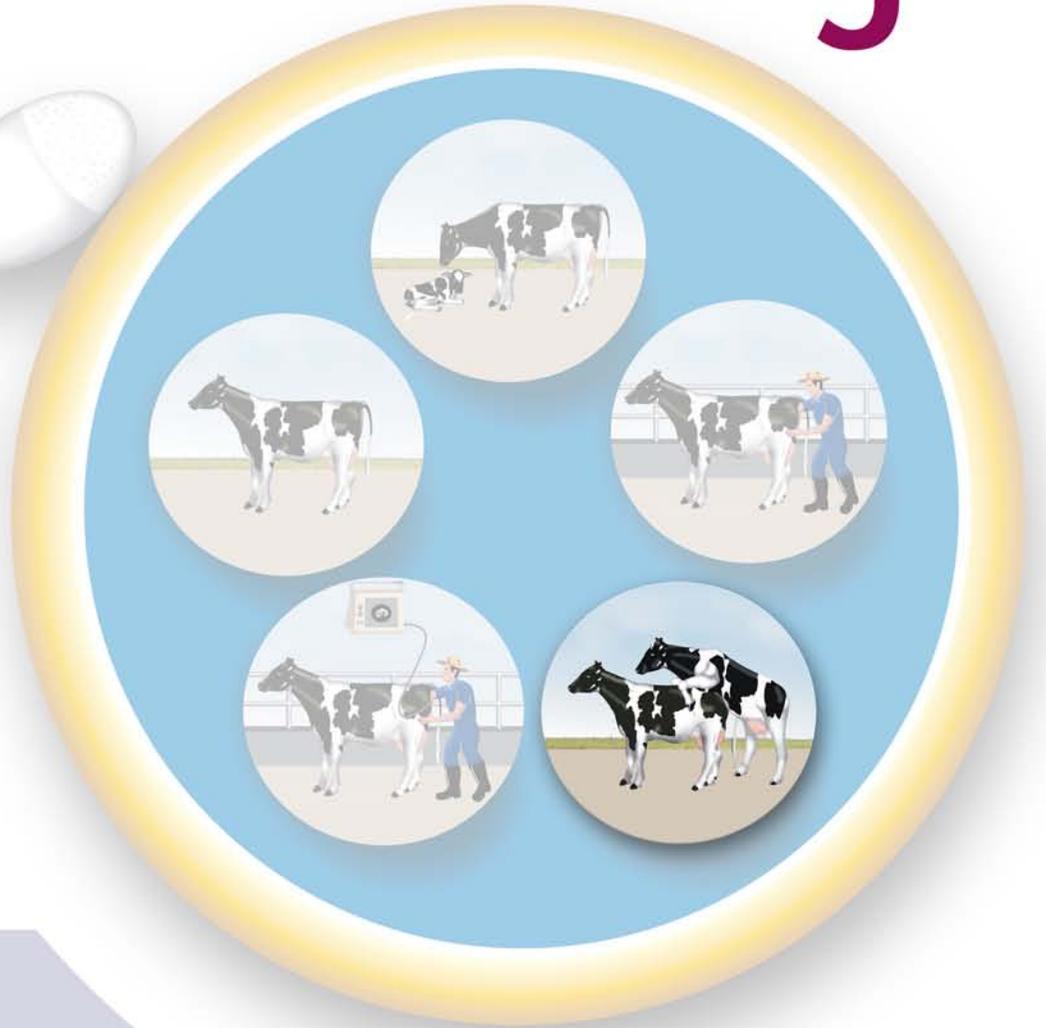
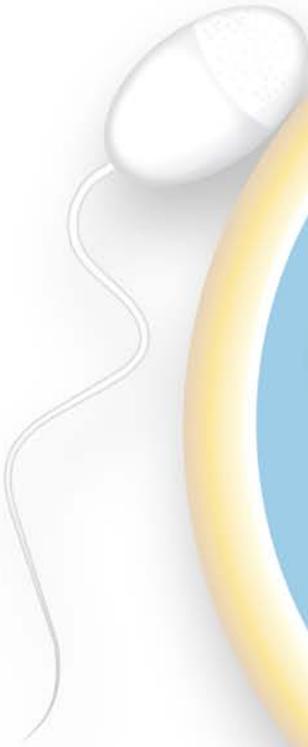


Figura 5.12

Una de las patologías propuestas de los quistes foliculares se basa en incapacidad del eje hipotálamo-hipofisiario para responder a la retroalimentación positiva de los estrógenos, lo cual ocasiona la falla en la secreción preovulatoria de LH



capítulo  
**5**



# Sincronización de estros

# Sincronización de estros

## Introducción

Los tratamientos para sincronizar el estro se basan en la destrucción del cuerpo lúteo mediante la administración de prostaglandina  $F2\alpha$ , o en la inhibición de la ovulación a través de la administración de progestágenos.

## Contenido:

- ⇒ Prostaglandina  $F2\alpha$
- ⇒ Factores que afectan la respuesta
- ⇒ Doble inyección de  $PGF2\alpha$
- ⇒ Sincronización de la ovulación e inseminación a tiempo fijo
- ⇒ Progestágenos

## Prostaglandina F2 $\alpha$

La prostaglandina F2 $\alpha$  (PGF2 $\alpha$ ) es una hormona producida en el endometrio, la cual provoca la regresión del cuerpo lúteo (CL), proceso que marca el fin del diestro y el inicio del proestro. La administración de PGF2 $\alpha$  entre los días 6 a 17 del ciclo estral produce la regresión del CL, lo que resulta en la presentación del estro en las siguientes 48 a 144 horas (Figura 4.1).

La PGF2 $\alpha$  se utiliza para la sincronización de los estros en grupos de vacas, y también se utiliza para la inducción del estro en forma individual en aquellas que tienen un cuerpo lúteo. La respuesta de los animales tratados es variable; en vaquillas se puede lograr hasta un 95% de animales en estro, mientras que en vacas adultas, y particularmente con vacas en lactación, la respuesta fluctúa de 45 a 70%. Los factores más importantes que determinan la variación en la respuesta se tratan a continuación.

### Precisión en la palpación rectal del cuerpo lúteo

La PGF2 $\alpha$  es efectiva sólo en las vacas que tienen un cuerpo lúteo funcional (CL del día 6 al 17 del ciclo). El error que se comete con mayor frecuencia, consiste en tratar a vacas que no tienen un cuerpo lúteo funcional. En pruebas realizadas con veterinarios se ha obtenido una precisión en la palpación del CL de 80%, lo cual significa que 20% de las vacas a las que se les diagnosticó un CL, no lo tienen, y, por lo tanto, no responden al tratamiento. Esto se explica, porque un cuerpo lúteo no funcional puede diagnosticarse morfológicamente como un CL funcional, en la palpación rectal. Lo anterior se ha demostrado mediante estudios ecográficos de los ovarios simultáneamente con determinaciones de progesterona sanguínea, en los cuales se ha observado que algunas vacas tienen una estructura similar a un CL, pero no es funcional.

### Efectividad de la PGF2 $\alpha$ para provocar regresión lútea

Frecuentemente se piensa que determinada PGF2 $\alpha$  comercial es más efectiva que otra. Se han probado diferentes marcas de PGF2 $\alpha$  (naturales y análogos sintéticos), mediante la determinación de progesterona, y se ha encontrado que todas ellas destruyen con la misma eficacia el CL. En estos experimentos las concentraciones de progesterona

alcanzaron niveles basales entre 24-36 h después del tratamiento. Alrededor de 10% de las vacas con cuerpos lúteos funcionales no sufren regresión lútea, condición que no depende de la  $PGF2\alpha$ , sino de las características del CL. Además, entre el día 4 y 5 del ciclo estral, el CL no es susceptible al efecto luteolítico de la  $PGF2\alpha$ .

En el pasado se pensó en la posibilidad de utilizar dosis reducidas de  $PGF2\alpha$  vía submucosa vaginal y vulvar o directamente en la luz del útero. Lo anterior obedece a que en condiciones fisiológicas, la  $PGF2\alpha$  llega al CL en concentraciones muy bajas por una vía de circulación local. Los resultados obtenidos con estas técnicas son inconsistentes; el porcentaje de vacas con regresión lútea varía de 30 hasta 75%, lo que la hace impráctica.

### **Etapa del diestro en que se aplica la $PGF2\alpha$**

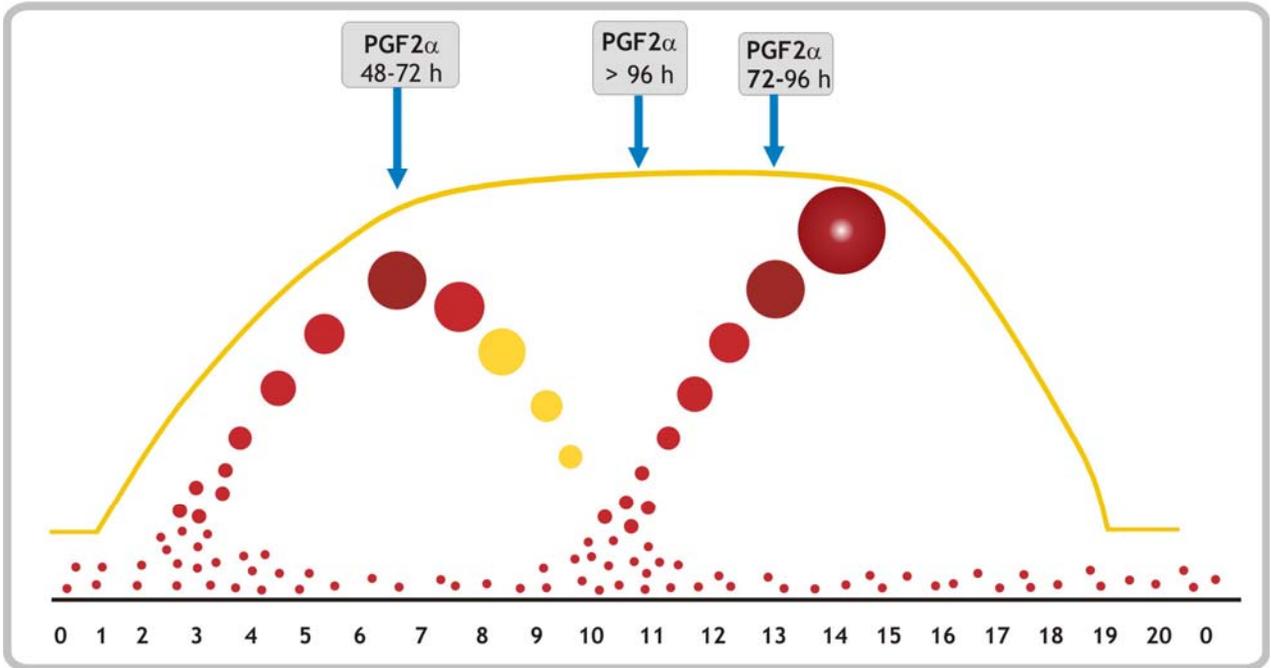
Después del tratamiento con  $PGF2\alpha$  el estro se presenta entre las 48 y 144 horas, concentrándose 75% de los estros entre 48 y 96 horas. La variabilidad en el tiempo de respuesta no depende de la rapidez con que la  $PGF2\alpha$  destruya el CL, sino de la etapa del diestro en que se administra la hormona. La causa de la variación de la respuesta, radica en las ondas de crecimiento folicular que ocurren durante el diestro; así, en la vaca se observan entre 2 y 3 ondas de desarrollo folicular; por este motivo, existe variabilidad en la población folicular entre vacas al momento del tratamiento. Se ha demostrado que si la vaca tiene un folículo de 10 mm de diámetro tarda menos tiempo (48 a 72 horas) en presentar el estro que una vaca que tiene folículos menores de 5 mm (> 72 horas). Esta condición ha limitado la utilización de la inseminación a tiempo fijo; en los trabajos realizados con este esquema los resultados de fertilidad han sido desastrosos. Actualmente hay técnicas que permiten homogeneizar la población folicular para obtener una mejor sincronización del estro y de la ovulación, lo cual permite la inseminación a tiempo fijo, con buenos resultados.

### **Detección de estros**

Frecuentemente las vacas tratadas con  $PGF2\alpha$  tienen un cuerpo lúteo funcional y sufren luteólisis, pero no son detectadas en estro. Este es un tema que se revisa en el capítulo de inseminación artificial.

Figura 4.1

Tiempo de presentación del estro después del tratamiento con PGF2 $\alpha$  en diferentes momentos del diestro.

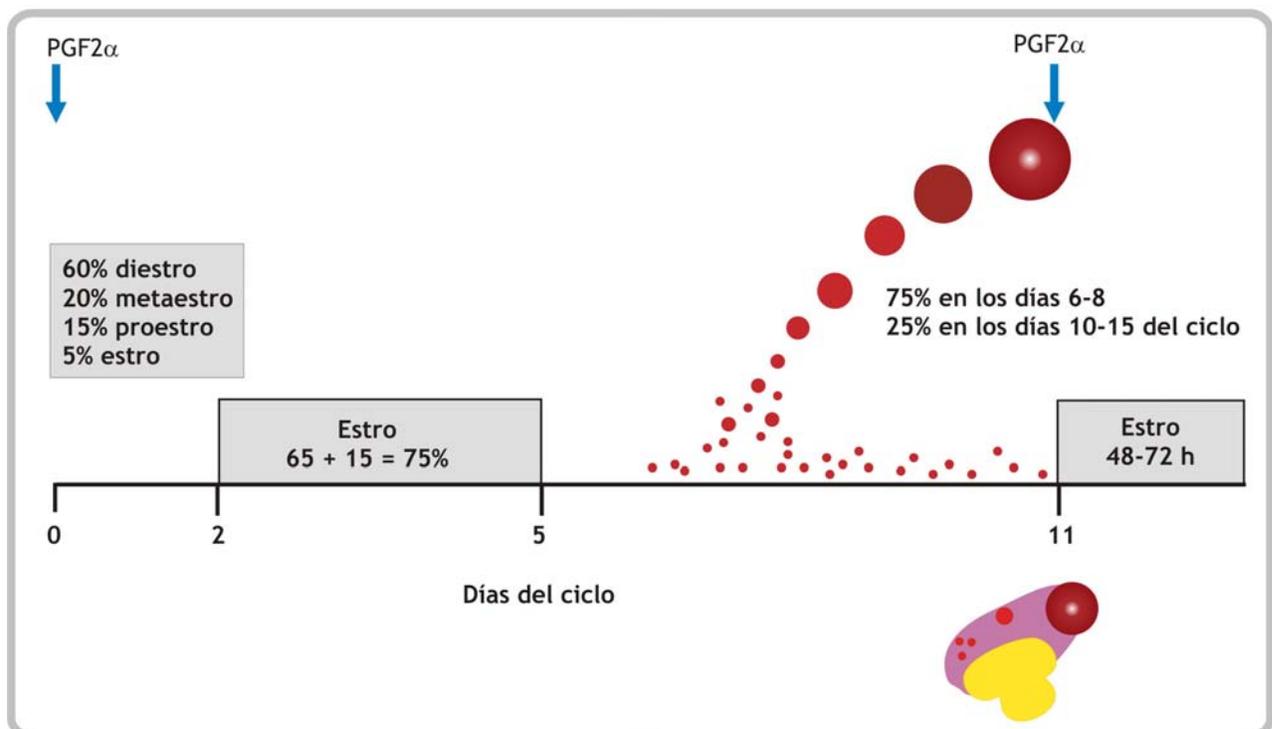


## Doble inyección de PGF2 $\alpha$

Además de la sincronización de las vacas seleccionadas por la presencia de un cuerpo lúteo diagnosticado mediante palpación rectal, existe otra posibilidad de sincronizar el estro sin la palpación rectal. En este esquema se administran dos dosis de PGF2 $\alpha$  con 11 o 14 días de separación (Figura 4.2). Así, en la primera inyección responden las vacas que estaban en diestro. Once o 14 días después de la primera inyección, tanto las vacas que presentaron estro en la primera dosis como las que no, estarán en diestro. La elección de 11 o 14 días de separación entre las inyecciones de PGF2 $\alpha$  depende de las condiciones y del tipo de ganado. En vacas lecheras en lactación se recomiendan 14 días de diferencia debido a que tienen mayor variación en la duración del ciclo estral y, además, con este intervalo las inyecciones se pueden aplicar los días lunes, lo cual favorece la detección del estros. En vaquillas o novillas se puede optar por la doble inyección de PGF2 $\alpha$  con 11 días de separación.

Figura 4.2

Sincronización del estro con doble inyección de PGF2 $\alpha$ .

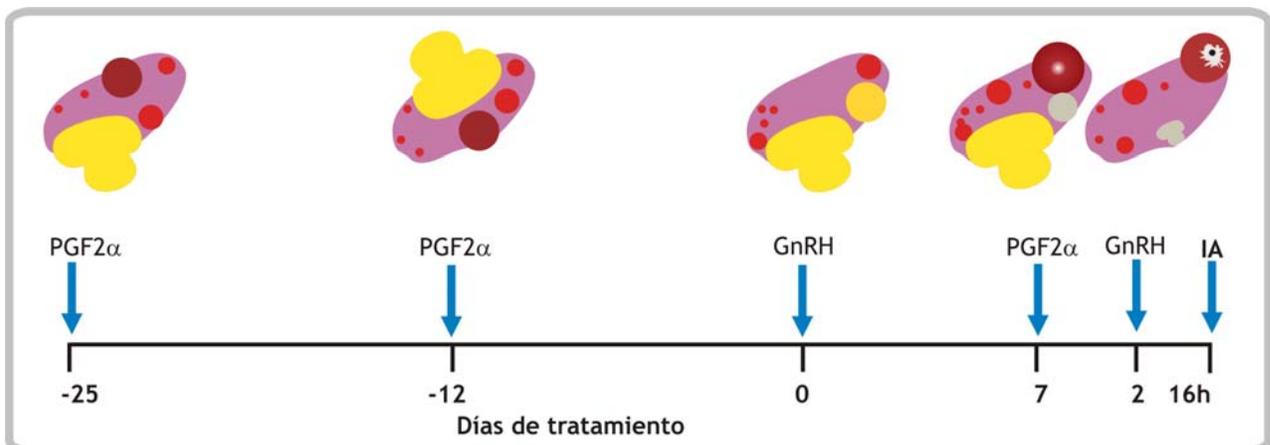


## Sincronización de la ovulación e inseminación a tiempo fijo

Se han desarrollado esquemas de sincronización con  $\text{PGF2}\alpha$  que incluyen tratamientos para sincronizar la oleada folicular y la ovulación. Uno de ellos es el Ovsynch, el cual fue desarrollado para sincronizar la ovulación e inseminar a tiempo fijo (Figura 4.3). En este esquema, las vacas se sincronizan con  $\text{PGF2}\alpha$  (presincronización) cada 14 días a partir del día 30 o 40 posparto, con el propósito de que al momento de iniciar la sincronización de la ovulación las vacas estén en el diestro temprano (días 6 a 9). La sincronización de la ovulación inicia 14 días después de la última inyección de  $\text{PGF2}\alpha$ ; comienza con la inyección de GnRH (día 0), seguida de la inyección de  $\text{PGF2}\alpha$  (día 7) y posteriormente se administra otra dosis de GnRH (día 9) y se insemina 16 h después. La primera inyección de GnRH ocasiona un pico de LH, el cual provoca la ovulación o luteinización de los folículos de ~8 mm de diámetro, y con esto se provoca el surgimiento de una nueva onda folicular. Dado que la primera inyección de GnRH se realiza en el diestro temprano, al momento de la inyección de  $\text{PGF2}\alpha$  las vacas están en el diestro tardío; además, las vacas tienen un folículo con un grado de desarrollo similar, el cual ovula en respuesta a la segunda inyección de GnRH.

Figura 4.3

### Protocolo de sincronización de la ovulación e inseminación a tiempo fijo.



## Progestágenos

Los progestágenos constituyen un grupo de hormonas esteroides, las cuales se caracterizan por ser liposolubles, termoestables y por no inactivarse en el tracto digestivo. Estas propiedades permiten administrarlos por vía oral, a través de la mucosa vaginal o en implantes subcutáneos de liberación controlada. Dentro de este grupo de hormonas se encuentra la progesterona, la cual es un progestágeno natural, y los progestágenos sintéticos como el acetato de melengestrol (MGA; Figura 4.4) y Norgestomet (Figura 4.5).

Los progestágenos suprimen la secreción de LH, lo que resulta en la inhibición de la ovulación (Figura 4.6). Durante el periodo de administración, el cuerpo lúteo sufre regresión natural, y al retirar el tratamiento el estro se presenta de 48 a 96 h.

Existen tratamientos cortos que consisten en la inserción de un implante en la parte externa de la oreja que contiene norgestomet, el cual permanece por nueve días. Además, el tratamiento se complementa con la inyección intramuscular de valerato de estradiol y norgestomet, al momento de poner el implante. En este esquema, el estradiol y el norgestomet evitan el desarrollo normal del cuerpo lúteo o pueden provocar la luteólisis. El tiempo de presentación del estro a partir de retirar el implante es de 48 a 72 h y la proporción de animales en estro con frecuencia llega a ser mayor de 80%.

Otro tratamiento consiste en la inserción intravaginal de un dispositivo liberador de progesterona (CIDR, por sus siglas en inglés: Controlled Internal Drug Release). El dispositivo permanece 12 días y también se combina con la inyección de benzoato de estradiol al momento de la inserción del dispositivo. El tiempo de permanencia del dispositivo se puede acortar, siempre y cuando se acompañe con la inyección de una dosis luteolítica de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  al momento de retirarlo. Por ejemplo, hay tratamientos de 7 o 9 días, con buenos resultados. El estro se presenta de 48 a 72 h post-retiro y la proporción de vacas en estro es similar a lo obtenido con otros progestágenos.

La fertilidad global lograda después del servicio en el estro sincronizado es similar a la obtenida en el estro natural; sin embargo, algunas vacas tienen baja fertilidad, lo cual se asocia con la presentación de estros anovulatorios (Figura 4.7) y con alteraciones en el desarrollo folicular.

Experimentalmente se ha demostrado que estos tratamientos pueden inducir conducta estral en animales que no están ciclando y aun en animales que no tienen ovarios. Esto se debe a que los niveles del estradiol administrado en el primer día, persisten hasta el momento de retirar el implante; así, al retirar la fuente del progestágeno y al haber concentraciones altas de estradiol, se desencadena la conducta estral, la cual no es acompañada de ovulación. Además, en animales que se encuentran ciclando, los niveles altos de estradiol al momento de retirar el implante pueden alterar la relación temporal entre el estro, el pico preovulatorio de LH y la maduración final del folículo ovulatorio. Se logran buenos resultados sin administrar la ampollita de valerato de estradiol y norgestomet, y en su lugar se aplica una dosis de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  al momento de retirar el implante.

Otro de los factores que se han asociado con la baja fertilidad es el día del ciclo en que comienza el tratamiento. Se ha observado que cuando coincide con la presencia de un cuerpo lúteo, el porcentaje de concepción es mayor que cuando no hay un cuerpo lúteo. Esto ocurre debido a que la concentración plasmática del progestágeno, por si sola, es incapaz de suprimir la secreción pulsátil de LH; mientras que cuando el tratamiento coincide con la presencia de un cuerpo lúteo si se suprime eficazmente la secreción de LH. Cuando se logra suprimir la LH se provoca una dinámica folicular, la cual permite la sustitución del folículo dominante por uno nuevo; en contraste, cuando no se suprime la secreción pulsátil de LH, se impide que el folículo dominante sufra atresia y, de esa forma, este folículo persiste hasta el día del retiro del progestágeno, convirtiéndose en el folículo ovulatorio. Para ese entonces, el folículo ya envejeció y el ovocito ya sufrió alteraciones que reducen su capacidad para desarrollar un embrión viable. En condiciones de campo, la selección de las vacas por la presencia de un cuerpo lúteo antes de iniciar el tratamiento con progestágenos es impráctico; además no tendría sentido, ya que

sería más conveniente tratar a estos animales con  $\text{PGF2}\alpha$ . Actualmente se cuenta con tratamientos para eliminar los folículos dominantes y promover una nueva onda folicular que permite el surgimiento de un folículo nuevo. Con este propósito se utiliza la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), gonadotropina coriónica humana (hCG), estradiol y progesterona, las cuales se inyectan de 5 a 7 días antes de retirar el progestágeno.

### Progestágenos orales

El acetato de melengestrol (MGA) es un progestágeno que se administra por vía oral y fue desarrollado para suprimir la ovulación en la mujer. En las hembras bovinas se utiliza para mejorar la eficiencia alimenticia en los corrales de engorda, lo cual se logra a través de la inhibición de la presentación del estro. Como todos los progestágenos, el MGA inhibe la secreción de la hormona luteinizante (LH), la cual suprime la maduración del folículo y la ovulación. Después de retirar el MGA, el folículo dominante termina su desarrollo y las hembras presentan estro en forma sincronizada. La dosis de MGA por vaca es de 0.5 a 1 mg al día, en tratamientos que van desde 9 a 14 días. La presentación comercial de MGA contiene 0.22 mg de la hormona por 1 g del producto. El MGA se puede mezclar fácilmente con cualquier concentrado o grano molido. Después del último día de tratamiento, el estro se presenta de 2 a 7 días. El intervalo del retiro del MGA al estro es más largo si se compara con otros progestágenos. Esto obedece al tiempo de eliminación del MGA, ya que mientras un implante o un dispositivo intravaginal se retiran en forma abrupta, el MGA puede continuar absorbiéndose mientras se elimina del tracto gastrointestinal. Con tratamientos por más de 14 días se pueden tener porcentajes de concepción menores en comparación con el estro natural, lo cual se debe en gran parte a la ovulación de folículos persistentes ("viejos"). Un tratamiento eficaz y, que además mejora la fertilidad, consiste en la administración de MGA durante 14 días seguido de una inyección de  $\text{PGF2}\alpha$  15 o 17 días después del retiro del progestágeno. Bajo este esquema, una alta proporción de las hembras tienen un cuerpo lúteo al momento de la inyección de la  $\text{PGF2}\alpha$  y presentan el estro con buena sincronización. Otro tratamiento efectivo consiste en la administración de MGA durante 9 días más una dosis de  $\text{PGF2}\alpha$  el día 9, con éste esquema también se obtienen buenos

resultados en sincronización del estro y fertilidad. Este tratamiento lo hemos evaluado en nuestro laboratorio con vaquillas Holstein y el porcentaje de hembras sincronizadas es alto (95%) con una tasa de preñez de 77.6%. Estos resultados son comparables a los logrados con otros esquemas de sincronización tales como implantes de norgestomet o dispositivos intravaginales liberadores de progesterona, pero con un costo significativamente menor.

Figura 4.4

Esquemas de tratamiento para la sincronización del estro con Acetato de Melengestrol (MGA).

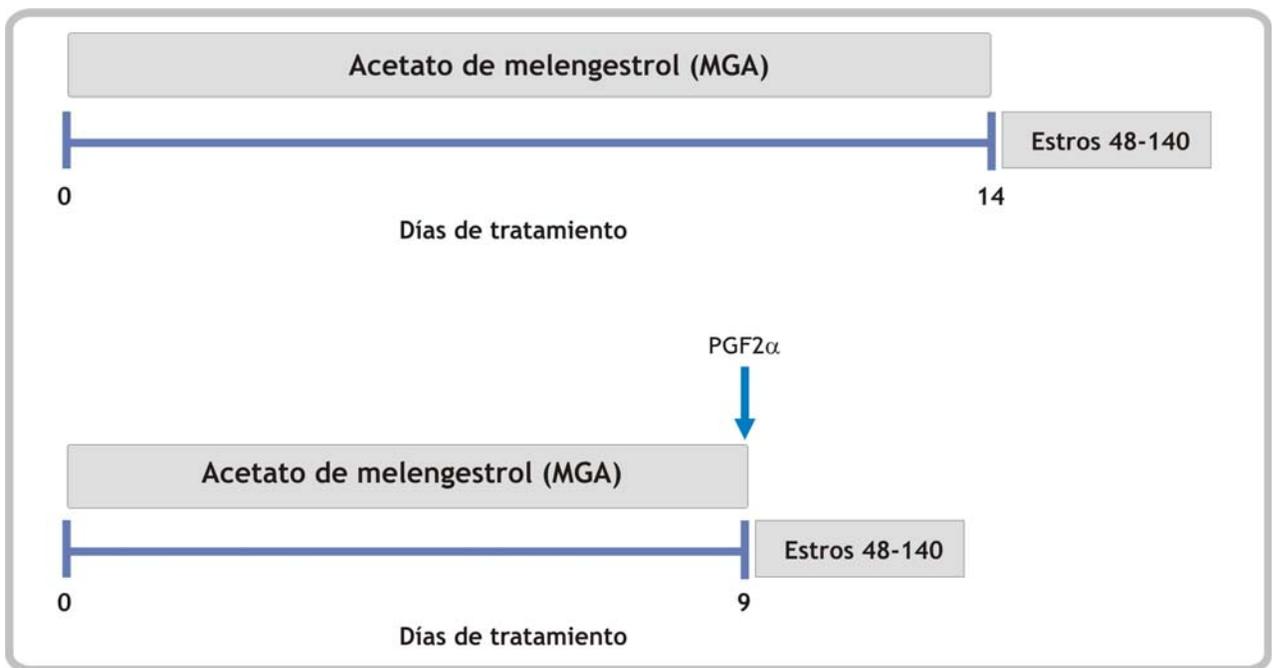


Figura 4.5

Esquemas de sincronización con Acetato de Melengestrol y Norgestomet.

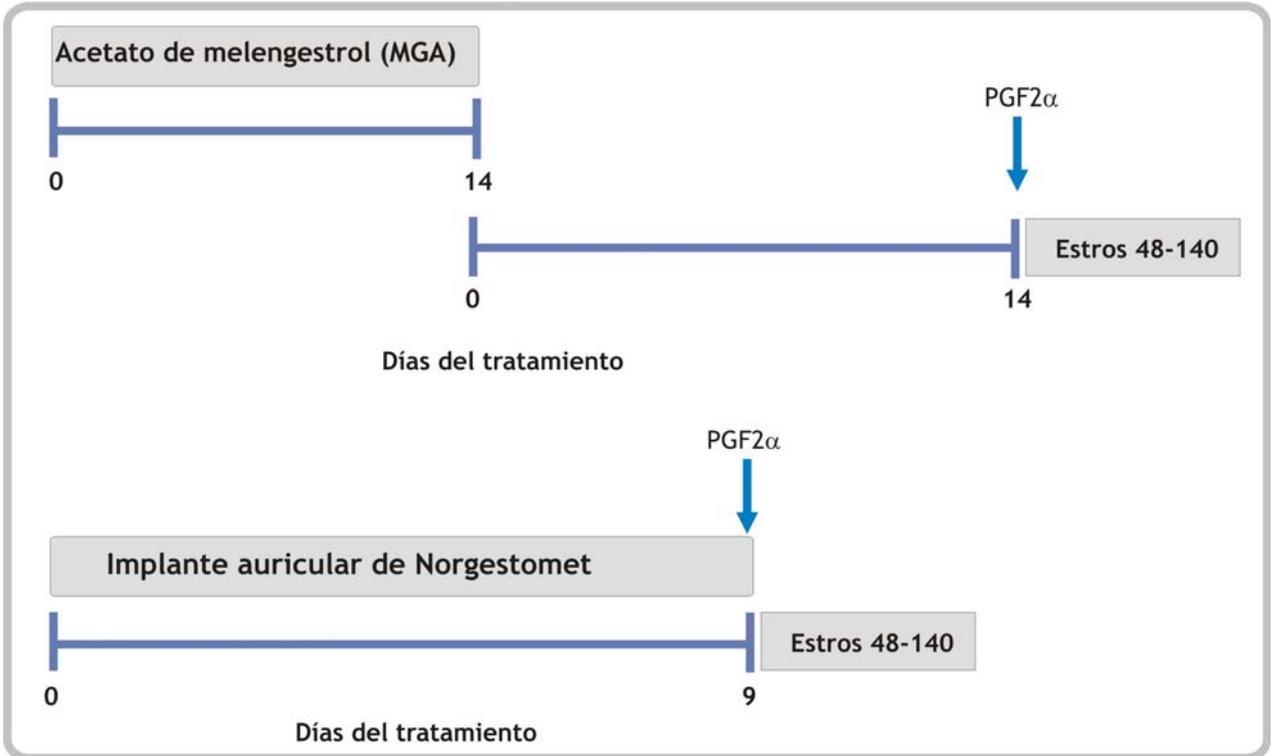


Figura 4.6

Frecuencia de secreción de la LH de acuerdo a la etapa del ciclo estral. Durante el diestro la progesterona inhibe la frecuencia de la LH, una vez que ocurre la regresión del cuerpo lúteo, se observa un incremento en la secreción pulsátil, lo cual estimula la maduración final del folículo ovulatorio

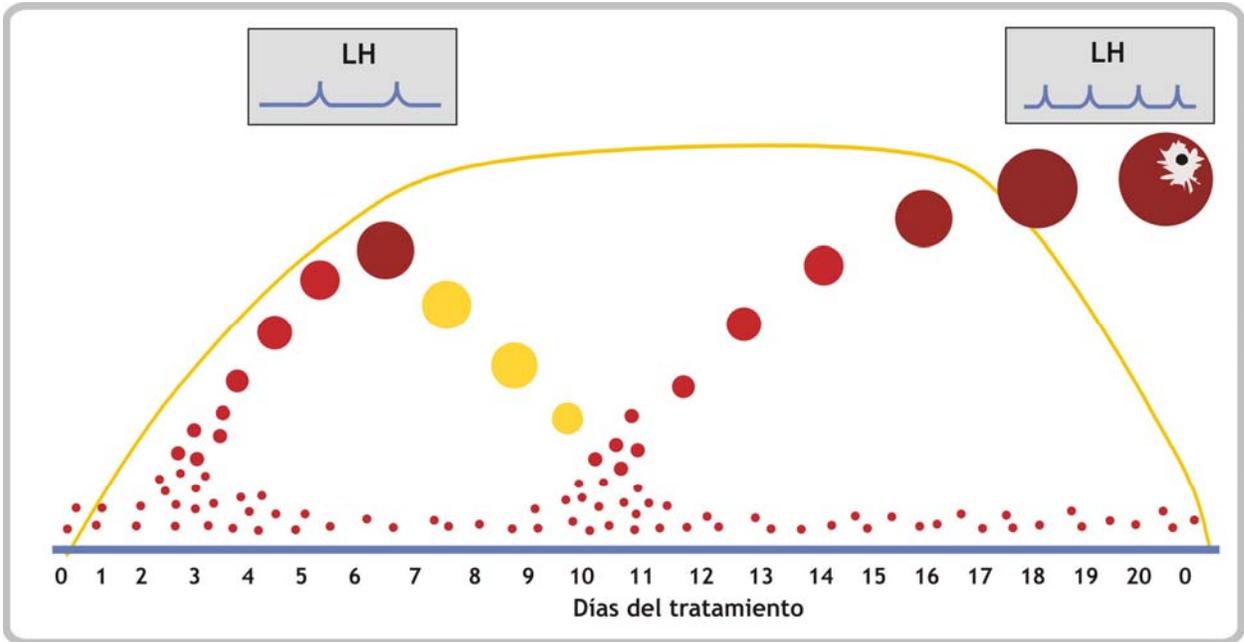
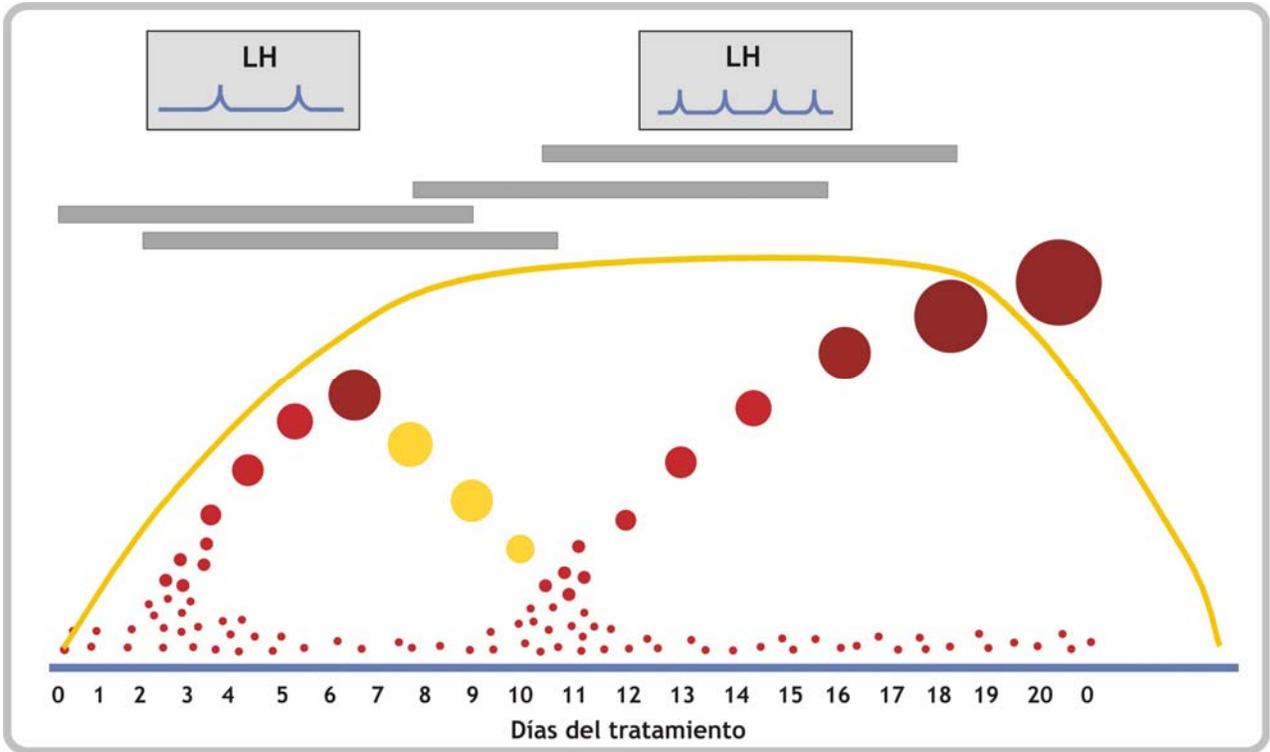
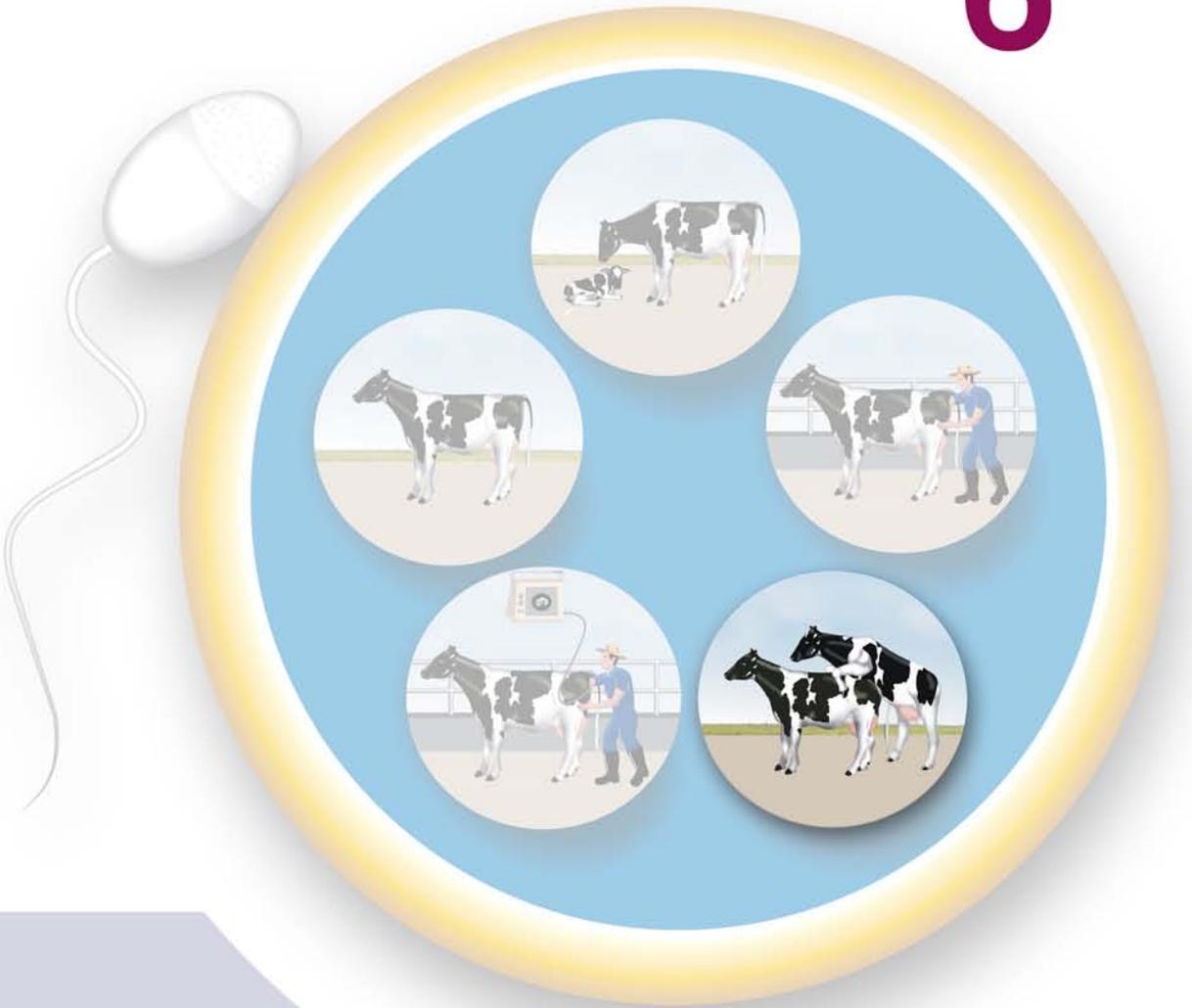


Figura 4.7

Desarrollo de folículos dominantes persistentes en la vaca lechera durante el esquema de sincronización con progestágenos. En las vacas que coincide el tratamiento con la presencia de un cuerpo lúteo, se observa un recambio folicular, mientras que en las vacas que no tienen cuerpo lúteo (proestro), el folículo dominante persiste hasta el retiro del tratamiento.



capítulo  
**6**



**Factores que determinan  
la fertilidad en los programas  
de inseminación artificial**

# Factores que determinan la fertilidad en los programas de inseminación artificial

## Contenido:

- Momento de inseminación
- Manejo de semen
- Sitio de depósito del semen
- Salud reproductiva de las vacas inseminadas
- Producción de leche e infertilidad
- Nutrición
- Estrés calórico
- Estrés oxidativo
- ¿Cómo podemos incrementar el número de vacas gestantes en los programas de inseminación artificial?

## Momento de inseminación

La IA se debe realizar durante el estro, es decir, antes de que ocurra la ovulación. En términos prácticos, se toma como referencia el inicio del estro, ya que este es un predictor del momento de la ovulación. En la vaca, la ovulación ocurre de 30 a 32 horas en promedio, después del inicio del estro. Para que ocurra la fertilización del óvulo y el desarrollo embrionario normal, es necesario que previo a la ovulación haya una población de espermatozoides previamente capacitados en la región de istmo. Desde hace más de 50 años, se ha aplicado el esquema de inseminación AM-PM y PM-AM, lo que significa que las vacas que presentan el estro en la mañana son inseminadas en la tarde y las de la tarde se inseminan en la mañana siguiente. Este esquema proporciona buenos resultados en fertilidad, siempre y cuando se cuente con una eficiente detección de estros.

En condiciones deficientes en la observación de estros, no se sabe si la vaca detectada en estro se encuentra en las primeras o en las últimas horas del periodo de aceptación de la monta, por lo que si se programa la IA 12 h después, es probable que se realice demasiado tarde, cuando ya ocurrió la ovulación. Esta situación aumenta la probabilidad de encontrar óvulos viejos, ya que la viabilidad del óvulo es de 8 a 10 h. Bajo las condiciones prácticas, es recomendable inseminar cuando las vacas son observadas en estro, es decir, sin dejar transcurrir 12 horas entre la observación del estro y la inseminación. Por otro lado, con una excelente eficiencia en la detección de estros, la IA se puede realizar en el esquema tradicional AM-PM o PM-AM, con buenos resultados en la fertilidad.

Debido a las prácticas deficientes en el manejo, es común la inseminación de vacas que nos están en estro. Esto se ha demostrado mediante la determinación de las concentraciones de progesterona al momento de la inseminación; se ha encontrado que hasta 20% de las vacas son inseminadas tienen niveles de progesterona que indican que no están en estro ( $> 1\text{ng/ml}$ ). Este error es más grave cuando las vacas inseminadas con niveles altos de progesterona son inseminadas y están gestantes; en estos casos, una proporción alta de éstas, vacas abortan.

## Manejo de semen

El manejo del semen es elemental en cualquier programa de IA. Las empresas genéticas que distribuyen semen congelado aseguran, de origen, su fertilidad y, además, garantizan una dosis de inseminación con un número suficiente de espermatozoides, el cual depende de la fertilidad de cada semental, pero generalmente es de alrededor de 20 a 30 millones de espermatozoides antes de la congelación. Se estima que hasta 50% de los espermatozoides mueren durante el proceso de congelación y descongelación; no obstante, los sobrevivientes son suficientes para lograr la fertilización. Aun cuando una dosis comercial se divide en dos y se inseminan dos vacas, se logra una fertilidad igual que en las vacas inseminadas con una dosis completa. Este último aspecto tiene aplicación práctica, ya que en casos de dosis de toros de alta calidad genética y, consecuentemente, de precio elevado, es posible dividirla sin que se afecte el porcentaje de concepción.

El semen congelado se encuentra a  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; a esta temperatura su viabilidad es indefinida. Es común que el nivel de nitrógeno del termo disminuya por debajo del mínimo indispensable, lo que provoca variaciones de la temperatura y disminución de la viabilidad espermática. Además, cuando los contenedores y bastones no están correctamente identificados y se exponen mucho tiempo al aire, se provocan variaciones en la temperatura y disminución de la fertilidad.

La técnica de descongelación es elemental en un programa de IA. Frecuentemente los técnicos olvidan el protocolo de descongelación y descongelan con métodos erróneos (en la bolsa de su overol, en la axila o frotando las pajillas entre sus manos). Las pajillas de 0.5 ml, que son las de uso generalizado, se descongelan a  $35\text{-}37\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 20 a 30 segundos. El semen no debe exponerse al sol y el tiempo que transcurre del descongelado al depósito en el útero, deberá ser el menor posible.

## Sitio de depósito del semen

El semen se debe depositar siempre en el cuerpo del útero, inmediatamente después de pasar el último anillo cervical. Los errores más frecuentes consisten en el depósito del semen en el cérvix o en la vagina. Existe la creencia de que una parte del semen se deberá depositar en el cérvix para que sirva de reservorio y además para que se capaciten los espermatozoides. Sin embargo, el verdadero reservorio de espermatozoides en los bovinos se encuentra en porción distal del istmo; en este sitio los espermatozoides se capacitan y esperan el momento en que ocurre la ovulación para ascender al ampulla. Por otra parte, el depósito del semen en la parte más profunda del cuerno uterino del lado en donde se encuentra el folículo ovulatorio, no mejora la fertilidad.

## Salud reproductiva de las vacas inseminadas

Los resultados dependen también de las características de las vacas inseminadas. El número de servicios previos que tienen las vacas al inseminarse afecta la fertilidad; así, la fertilidad de las vacas de primer y segundo servicio, es mayor que la fertilidad de las vacas de 4 o más servicios (repetidoras). Las vacas que se inseminan deben estar sanas de su aparato reproductor (Figuras 6.1 y 6.2), ya que los problemas de salpingitis, adherencias ováricas y endometritis afectan la fertilidad.

**Figura 6.1**

**Vaca con moco estral sanguinolento, lo cual puede indicar que la vaca está en proceso de involución uterina o que está en metaestro. En cualquiera de los dos casos no se debe inseminar.**



**Figura 6.2**

**Moco estral cristalino, indica que no hay ninguna infección aparente en el aparato genital de la vaca.**



## Producción de leche e infertilidad

La alta producción de leche por sí misma no afecta la fertilidad. Sin embargo, la alta producción sí puede afectar la fertilidad si se asocia con prácticas inadecuadas de manejo de la alimentación. Las vacas lecheras después del parto caen en un balance energético negativo, lo cual significa que la suma de la energía necesaria para su propio mantenimiento y la que requieren para producción, es mayor que la energía consumida, por lo que se ven obligadas a utilizar sus reservas corporales. Todas las vacas caen en balance negativo de energía durante el periodo posparto y tienen la capacidad de adaptarse a esos cambios. Sin embargo, algunos animales llegan a fallar en este proceso, lo cual puede ser secundario a un bajo consumo de nutrimentos provocado por problemas de salud, periodos secos prolongados que provoquen obesidad o por complicaciones durante el parto. El balance energético negativo (BEN) afecta algunos procesos reproductivos, de esta forma, se ha asociado con un retraso en la primera ovulación posparto y con una disminución de las concentraciones séricas de progesterona en el segundo y tercer ciclo posparto, lo que potencialmente puede afectar la supervivencia embrionaria. Por otra parte, el BEN también afecta el desarrollo folicular y el potencial de los ovocitos para desarrollar embriones viables.

## Nutrición

Independientemente del efecto de los cambios metabólicos provocados por el balance energético negativo, las dietas ofrecidas a las vacas altas productoras también pueden afectar su fertilidad. Este efecto se puede ver cuando se administran dietas con alto contenido de proteína con relación al consumo de energía.

Las dietas con contenidos de proteína cruda de 17 a 19 % llegan a ocasionar una disminución de la fertilidad (Figura 6.3); se ha demostrado que las vacas alimentadas de esta forma tienen altas concentraciones de urea y amoníaco en sangre y en los fluidos uterinos, lo cual afecta la viabilidad de los espermatozoides, óvulo y embrión.

En condiciones de campo es frecuente la medición de las concentraciones de urea en sangre o en leche. De ésta forma, las concentraciones de urea mayores de 20 mg/dl en sangre se asocian con baja fertilidad. En condiciones *in vitro* se ha observado que concentraciones equivalentes a las que tendrían las vacas consumiendo dietas altas en proteína, afectan el desarrollo embrionario reduciendo la proporción de embriones que llegan al estado de blastocisto.

Proveer todos los nutrimentos a las vacas altas productoras obliga a ofrecer dietas altas en energía basadas en altas cantidades de granos. Un factor de riesgo en la pérdida de gestaciones tempranas es la acidosis ruminal. Una hipótesis propuesta del mecanismo de este fenómeno consiste en que la dieta alta en granos ocasiona acidosis y una elevación de endotoxinas libres, las cuales provocan liberación de prostaglandina F<sub>2α</sub> y regresión del cuerpo lúteo. La semilla de algodón (Figura 6.4) se utiliza extensivamente en las dietas de las vacas bajo sistemas intensivos de producción. Las dietas comunes ofrecidas a las vacas lecheras (10% de la materia seca) provocan concentraciones de gossipol en plasma que caen dentro del margen de seguridad (<5 µg/ml). Sin embargo, el uso de mayores cantidades de semilla de algodón y/o la utilización de variedades con mayor contenido de este pigmento (Pima) generan concentraciones plasmáticas de gossipol mayores (>5 µg/ml), las cuales tienen efectos embriotoxicos

**Figura 6.3**

**Las dietas con un porcentaje alto de proteína cruda ocasionan un incremento de la urea sérica lo cual se asocia con baja fertilidad.**



**Figura 6.4**

**Se debe tener cuidado que las cantidades de semilla de algodón no excedan el 10% de la materia seca total, ya que pueden ocasionar un incremento en los niveles séricos de gossipol que ponga en peligro el desarrollo embrionario.**



## Estrés calórico

El estrés provocado por las altas temperaturas también contribuye con la baja fertilidad en los programas de inseminación. El problema del estrés calórico se ha agudizado en los últimos años debido al incremento de la producción de leche, el cual provoca un incremento en la producción de calor de origen metabólico. El efecto del calor en la fertilidad es de naturaleza multifactorial dado que la hipertermia altera directamente la viabilidad embrionaria y la función celular de varios tejidos del aparato reproductor (Figura 5.5). Por otra parte el efecto del estrés calórico no solo se observa durante los meses mas calurosos sino que también es evidente un efecto a largo plazo (residual), ya que las vacas sometidas a estrés calórico mantienen afectada su función reproductiva aun después que terminó el periodo más caliente del año. Así, si el programa de inseminación se practica durante o después de la temporada de estrés calórico, es posible que los resultados sean pobres.

## Efectos en los ovocitos y el desarrollo folicular

Los ovocitos pueden afectarse por las altas temperaturas. Tales efectos pueden incluir una alteración directa de la función del ovocito o cambios en el desarrollo folicular que influyen en la calidad del ovocito. La proporción de ovocitos clasificados morfológicamente normales es menor durante el verano que en el invierno. Además, una menor proporción de los ovocitos, fertilizados *in vitro*, se desarrollaron hasta la etapa de blastocistos durante los meses de verano que durante el invierno. También se ha observado un efecto residual en los ovocitos cuando las vacas fueron expuestas a estrés calórico. En estos estudios, es evidente que la exposición de los folículos en diferentes etapas de desarrollo a altas temperaturas durante el verano, tiene un efecto en la calidad de los ovocitos en el otoño. Estos estudios son consistentes con la baja fertilidad observada durante el otoño, aún cuando las temperaturas ambientales son menores, en vacas que fueron sujetas a estrés calórico durante el verano.

El estrés calórico afecta el desarrollo folicular. Se tiene evidencia de que durante el verano se reduce el grado de dominancia folicular, lo que permite que se desarrollen folículos grandes adicionales, lo cual puede incrementar el porcentaje de partos dobles. Esto ha sido corroborado en observaciones hechas en vacas que fueron inseminadas en

los meses de Agosto y Septiembre, en las cuales aumentaron hasta en 50% los partos gemelares. Por otra parte, se ha observado un aumento en la duración de la dominancia folicular del folículo ovulatorio, lo que también puede afectar la fertilidad, ya que la duración de la dominancia esta correlacionada negativamente con la fertilidad. La función esteroidogénica de los folículos también se ve afectada por el estrés calórico. En vacas bajo estrés térmico se ha observado una reducción de las concentraciones plasmáticas de estradiol, lo cual puede ser consecuencia de una reducción en la secreción de LH; también se ha observado una reducción de las concentraciones de estradiol el día del estro, lo cual puede ser un factor que contribuye con la disminución del comportamiento estral.

### **Efectos en los embriones**

En condiciones *in vivo*, el estrés calórico durante los días 1 al 7 después del estro afecta el desarrollo embrionario en vacas superovuladas. En condiciones *in vitro*, la exposición de los embriones a temperaturas equivalentes a la temperatura rectal de las vacas bajo estrés calórico (41 °C), disminuye la proporción de embriones que llegan a la etapa de blastocisto. La susceptibilidad de los embriones al estrés calórico disminuye conforme los embriones avanzan en su desarrollo. Así, los embriones de dos células son más susceptibles que los embriones en la etapa de mórula. Independientemente de la etapa del desarrollo en que los embriones son susceptibles al estrés térmico, el resultado final es un aumento de la muerte embrionaria.

Por otro lado, el estrés calórico puede afectar el mecanismo de reconocimiento materno de la gestación. Las altas temperaturas comprometen la habilidad de los embriones para producir cantidades suficientes de interferón- $\tau$  (IFN- $\tau$ ) u otros productos celulares, necesarios para el reconocimiento materno de la gestación.

### **Efectos en la función lútea**

La información respecto al efecto del estrés calórico en la función del cuerpo lúteo es muy variable. En algunos estudios se ha observado que la exposición crónica al estrés calórico (estacional) disminuye la producción de progesterona. Estas observaciones son consistentes con estudios *in vitro*, en los cuales se encontró que la producción de

progesterona por células lúteas colectadas de vacas durante el verano, es menor a la secretada por células colectadas en invierno. En contraste, también hay trabajos en los cuales no se observa ningún efecto en las concentraciones de progesterona durante condiciones de estrés térmico.

### **Estrés calórico y balance energético**

Anteriormente se mencionaron los efectos que puede tener el estrés calórico, en forma directa, en algunos procesos reproductivos. Sin embargo, el estrés calórico puede afectar la reproducción en forma indirecta, a través de las alteraciones que provoca en el balance energético. En las vacas bajo condiciones de altas temperaturas, se observa una reducción del consumo de materia seca, lo cual hace más agudo el balance energético negativo (BEN). Así, los efectos del estrés calórico en la reproducción se combinan con los efectos que tiene el BEN en el proceso reproductivo. Por ejemplo, el anestro posparto se prolonga en vacas con BEN y se agrava durante el verano, lo que resulta en un periodo anovulatorio más largo.

Figura 6.5

Efectos del estrés calórico en la reproducción.

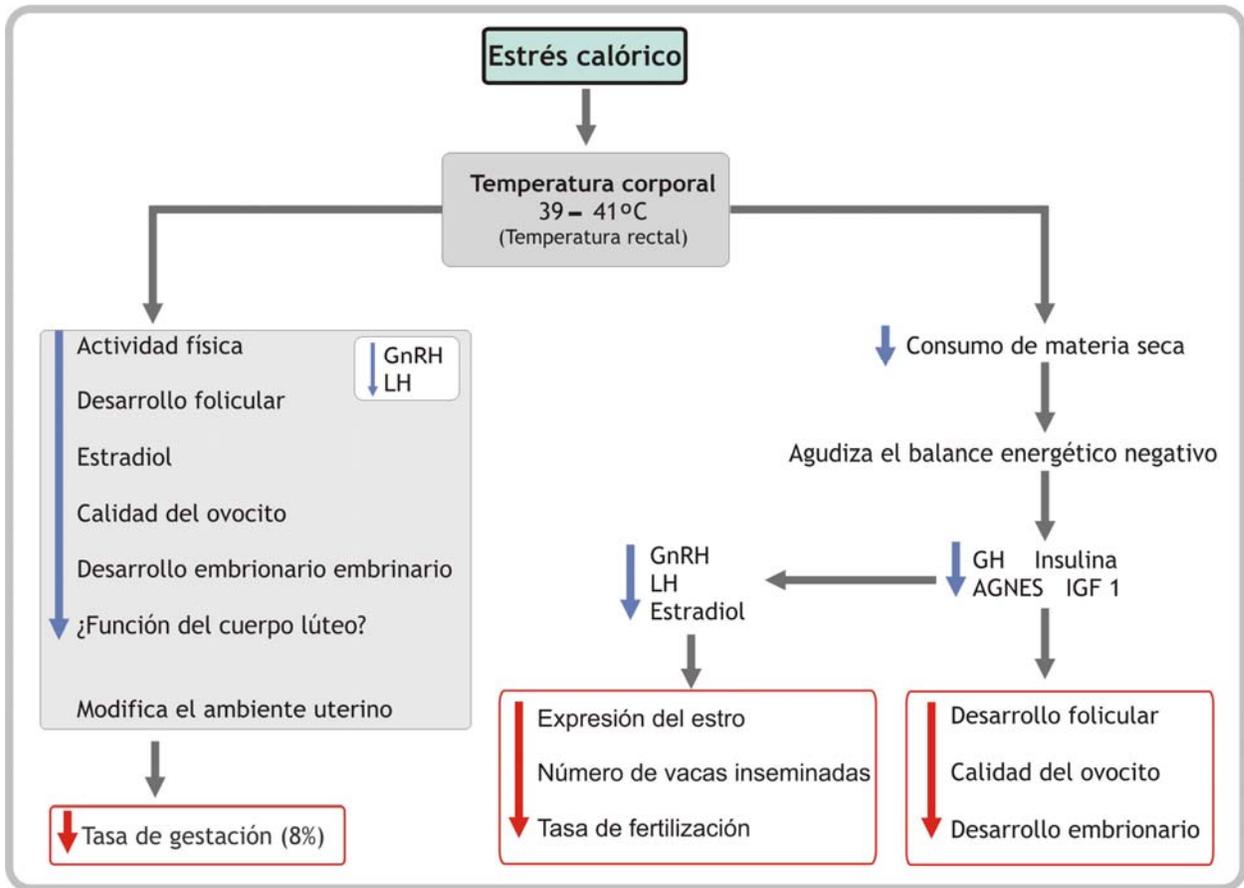


Figura 6.6

Sistema de enfriamiento con ventiladores y agua previo al ordeño.



Figura 6.7

Sistema de enfriamiento con sombras y ventiladores.



Figuras 6.8 y 6.9

Sistema de enfriamiento con aire húmedo en los alojamientos y previo al ordeño.



Figura 6.10

Sistema de enfriamiento en estanques de agua.



Figura 6.11

Sistema de enfriamiento con ventiladores en los alojamientos.



## Estrés oxidativo

Un incremento en la generación de radicales libres puede superar a los mecanismos antioxidantes y comprometer a la función celular; este problema es más drástico cuando existe una deficiencia en el consumo de sustancias antioxidantes. La producción excesiva de radicales libres puede afectar la fertilidad, debido a que los tejidos esteroideogénicos del ovario, los espermatozoides y los embriones en etapas tempranas de desarrollo, son muy sensibles al daño causado por ellos. La suplementación con antioxidantes es una forma de enfrentar el problema de la baja fertilidad y en varios estudios, en los cuales se han administrado  $\beta$ -caroteno o vitamina E y selenio se ha mejorado la fertilidad.

## ¿Cómo podemos incrementar el número de vacas gestantes en los programas de inseminación artificial?

Una manera de aumentar el número de vacas gestantes en los programas de inseminación consiste en disminuir las pérdidas de gestaciones provocadas por los factores señalados anteriormente (Figura 5.12). Sin embargo, es difícil lograrlo en condiciones de campo, por lo que el único recurso viable consiste en aumentar el número de vacas inseminadas, lo cual se logra mediante el incremento de la eficiencia en la detección de estros. Para aumentar el número de vacas detectadas en estro debemos considerar algunos factores que determinan esta práctica de manejo:

### El tiempo y hora en que se detectan calores

En los hatos se destina poco tiempo a la detección de estros y generalmente se combina con otras actividades. Con frecuencia los trabajadores dedicados a esta actividad son responsables de otras prácticas de manejo, lo cual tiene grandes inconvenientes, ya que pueden perderse montas mientras se atiende otro trabajo. La actividad estral es más intensa durante el amanecer y atardecer, por lo que las mejores horas para observar calores son de las 5 a las 10 de la mañana y de las 5 de la tarde a las 8 de la noche. Debe considerarse, no obstante, que si se opta por la observación continua se obtendrán mejores resultados, ya que también algunas vacas pueden presentar conducta estral fuera de los periodos de observación mencionados (Figura 5.13).

### Capacitación de los trabajadores

La capacitación del personal dedicado a la detección de estros es deficiente y por ello, con frecuencia, los trabajadores no conocen la conducta estral. Toda inversión en la formación de recursos humanos, principalmente en esta área, aporta resultados excelentes; el apoyo con videos y con pláticas de los médicos responsables de hato son de incalculable utilidad.

### Motivación

Los ranchos carecen de programas de motivación para los trabajadores que detectan estros. Al personal se le debe hacer sentir que son los trabajadores más importantes, y

que la calidad de su trabajo determina la productividad de la empresa. Se puede establecer un mecanismo de estímulos económicos, ya sea por vaca servida o por vaca gestante, en la práctica ha llegado a funcionar mejor un pago extra por vaca gestante.

## **Instalaciones**

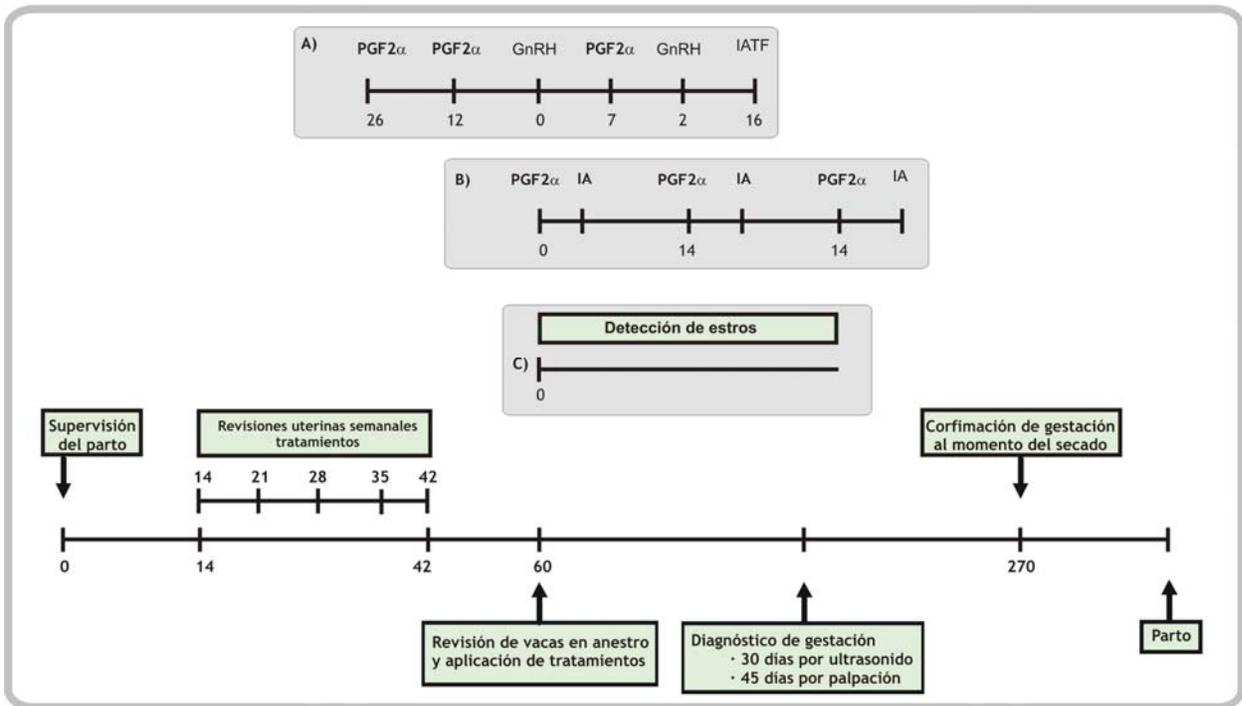
Las instalaciones influyen en forma importante en la expresión del estro (Figura 5.14). En alojamientos con piso de cemento los estros son más difíciles de detectar, ya que duran menos y son menos intensos; mientras que en aquellos con piso de tierra duran más y son más intensos y, como consecuencia, se observan con mayor facilidad. Los pisos resbalosos también disminuyen la intensidad del estro, dado que las vacas temen caerse y rápidamente dejan de aceptar la monta.

## **Ayudas en la detección de estros**

Existen diferentes métodos que facilitan la detección de estros, tales como el uso de pintura o crayón (Figura 5.15), cápsulas de colorante (K-MAR), detectores electrónicos de la monta (Heat Watch; Figura 5.16), podómetros (Figura 5.17) y toros con pene desviado; sin embargo, todos ellos sólo permiten hacer más eficiente la detección visual de los estros. Es importante señalar que la IA no debe realizarse sólo porque la vaca esté marcada, porque haya desaparecido la pintura, o porque haya caminado más. Si estos criterios deciden qué vacas inseminar, la fertilidad será pobre. No se debe olvidar que el mejor método para la detección de estros, es la observación visual

Figura 6.12

Manejo reproductivo para aumentar el porcentaje de gestación en el hato lechero.



**Figura 6.13**

**La observación visual por una persona entrenada es la mejor opción para detectar animales en estro. Se recomienda hacerlo de 6 a 10 y de 16 a 20 h.**



**Figura 6.14**

**Las vacas en estro aumentan su actividad cuando se mueven a las diferentes áreas del establo, lo cual facilita su observación.**



**Figura 6.15**

La utilización del crayón ayuda en la detección de estros. La desaparición total o parcial del color indica que la vaca recibió alguna monta. Antes de realizar la inseminación artificial se deben confirmar los signos de estro en el útero (turgencia y presencia de moco estral).



Figura 6.16

Vaca con un detector electrónico de montas (Heat Watch).



**Figura 6.17**

**Los podómetros son dispositivos que permiten registrar la distancia recorrida por una vaca, lo cual está correlacionado con la presentación del estro. Las vacas en estro caminan más.**



## **Tratamientos hormonales para aumentar la fertilidad**

### **Progesterona**

Existe evidencia de que las vacas infértiles tienen una función lútea anormal, lo cual se refleja en concentraciones subnormales de progesterona. El tratamiento lógico consiste en la administración de progesterona; sin embargo, los estudios en los cuales se ha suplementado directamente con progesterona o en aquellos en los que se promovido el mejoramiento de la función lútea con GnRH o hCG, tienen resultados variables.

### **GnRH o hCG al momento de la inseminación**

Son muy populares los tratamientos con GnRH o hCG al momento de la inseminación. Esta forma de enfrentar la falla en la concepción se fundamenta en el concepto de que estas hormonas sincronizan la ovulación con el momento de la inseminación, previenen problemas de ovulación retardada y mejoran el desarrollo del cuerpo lúteo. Son muchos los estudios, y también la variabilidad de los resultados; el análisis de los resultados de 40 estudios publicados en 27 artículos, indica que el tratamiento aumentó la probabilidad de gestación en los animales tratados, en particular en los animales repetidores, Sin embargo, en experiencias de nuestro grupo de investigación, no se ha observado un mejoramiento en la fertilidad.

### **GnRH o hCG en el día 5 o 6**

Se han realizado evaluaciones de tratamientos que consisten en provocar la ovulación del folículo dominante de la primera onda folicular y, con ello, el desarrollo de un cuerpo lúteo accesorio. El tratamiento con GnRH o hCG en los días 5 y 7, ha demostrado efectividad para desarrollar un cuerpo lúteo e incrementar los niveles de progesterona; sin embargo, los resultados de fertilidad no han sido consistentes. En algunos de los estudios en los que se ha administrado hCG el día 5 posinseminación, se ha incrementado significativamente el porcentaje de concepción en vacas repetidoras y en aquellas con baja condición corporal; sin embargo en otros estudios el efecto ha sido nulo. La variación en los resultados se debe posiblemente a las diferencias de los hatos estudiados y a la participación relativa de la disfunción del cuerpo lúteo en la falla de la concepción.

## GnRH o hCG en los días 12 a 14 posinseminación

Para que la gestación se establezca, se debe establecer un diálogo estrecho entre el embrión en desarrollo y el ambiente materno. De esta forma, el embrión debe establecer los mecanismos que evitan la regresión del cuerpo lúteo los días 15 a 17 posinseminación, lo cual consigue mediante la secreción de interferón tau, la cual bloquea la síntesis de la  $PGF2\alpha$ . Se ha propuesto que uno de los factores que contribuye a la falla en la concepción es la incapacidad del embrión para evitar la regresión del cuerpo lúteo. De esta forma, la inhibición de la cascada de la secreción de la  $PGF2\alpha$ , podría mejorar los porcentajes de concepción, ya que al embrión se le daría más tiempo para alcanzar el estado óptimo de desarrollo que le permita establecer eficientemente el mecanismo de reconocimiento materno de la gestación. Éste es el principio de los tratamientos con GnRH o hCG durante los días 12-14 posinseminación, los cuales buscan disminuir los niveles de estradiol circulante mediante la ovulación, luteinización o atresia de los folículos. En la práctica, se han evaluado tratamientos con GnRH o hCG los días 12-14; sin embargo, los resultados en fertilidad son muy variables.

## Hormona del crecimiento bovina (bST)

En el ganado lechero es común el uso de la bST para incrementar la producción de leche. La utilización de esta hormona en forma periódica, aumenta la producción láctea de 10 a 20 %. Algunos de los efectos de la bST en la producción de leche obedecen a la acción de esta hormona; sin embargo, el mayor efecto es provocado por el factor de crecimiento parecido a la insulina tipo I (IGF-I), el cual se incrementa en respuesta al tratamiento con bST.

La bST y el IGF-I también desempeñan funciones importantes en el control de la reproducción. Las dos hormonas, participan en la regulación del desarrollo folicular, en la función del cuerpo lúteo y, especialmente, en el desarrollo embrionario temprano. Estudios *in vitro* e *in vivo*, muestran efectos favorables del IGF-I en el desarrollo embrionario. El IGF-I evita el efecto negativo de algunas sustancias tóxicas para los embriones, presentes en el medio uterino. Nuestro laboratorio propuso, por primera vez, el uso de la bST para mejorar la fertilidad en vacas repetidoras. Los primeros resultados de estos estudios demostraron que un tratamiento con 500 mg de bST el día de la

inseminación y una segunda dosis 10 días después, incrementa el porcentaje de concepción en las vacas repetidoras. En un estudio posterior, en el cual se administró una sola inyección de bST al momento de la inseminación, también se observó un aumento de la fertilidad. En un trabajo paralelo, la misma inyección de bST el día de la inseminación, redujo la proporción de embriones con anomalías del desarrollo. Estos experimentos permiten proponer que la administración de bST el día del servicio aumenta el porcentaje de concepción mediante el mejoramiento del desarrollo embrionario temprano. Cabe señalar, que los experimentos referidos se hicieron con vacas que no estaban en programas de bST y sólo recibieron la inyección de la hormona en los días indicados. Estos resultados, permiten recomendar el uso de una inyección de 500 mg de bST al momento del servicio, para mejorar la fertilidad en las vacas repetidoras.

capítulo  
**7**



**Manejo reproductivo  
de las vaquillas  
de reemplazo**

## Manejo reproductivo de las vaquillas de reemplazo

El objetivo general de la crianza de reemplazos en el ganado lechero es producir una vaquilla que tenga su parto a los 2 años de edad y con un peso de 550 a 580 Kg (Figuras 10.1 y 10.2).

El manejo reproductivo en las vaquillas, comienza cuando estas alcanzan los 15 meses de edad y un peso de 350 a 370 Kg (Figura 10.3). En el manejo tradicional, la vaquilla que eventualmente muestra signos de estro se insemina (Figura 10.4). Este manejo tiene desventajas, ya que debido a que las vaquillas están en áreas de poca actividad, la eficiencia en la detección de estros es baja. Un manejo que permite aumentar la eficiencia en la detección de estros, consiste en la administración de  $\text{PGF2}\alpha$ , ya sea después de la palpación rectal de un cuerpo lúteo o en esquemas de doble aplicación con 11 días de separación. Bajo éste esquema de manejo, es posible inseminar a todas las vaquillas elegibles en un periodo corto (Figura 10.5).

Otra posibilidad práctica de sincronización, consiste en la utilización de progestágenos. Además de los esquemas convencionales con implantes de norgestomet o CIDR's, existe un tratamiento basado en MGA oral, en el cual se administra durante 9 días y al final se aplica una dosis luteolítica de  $\text{PGF2}\alpha$ . Éste tratamiento es eficaz y además es más barato que los esquemas convencionales.

El empadre natural es una opción práctica y eficaz. En este sistema se introduce un semental con el grupo de vaquillas para que el se encargue de encontrar a las hembras en estro y dar la monta (Figura 10.6). Sin embargo, tiene como desventaja que se pierde la oportunidad de utilizar la inseminación artificial y, con ello, la posibilidad de mejorar genéticamente.

Las vaquillas que tienen la edad y peso para que se integren al programa reproductivo y no muestren signos de estro, se deben revisar por vía rectal para descartar cualquier posibilidad de gestación o de alguna patología congénita o adquirida (fremartinismo, hipoplasia genital o quistes ováricos). El diagnóstico de gestación se debe realizar con los mismos criterios que en las vacas adultas.

Figura 10.1

Sistema de producción de vaquillas de reemplazo en estabulación.



**Figura 10.2**

**Sistema de producción de vaquillas de reemplazo en pastoreo.**



Figura 10.3  
Revisión reproductiva de vaquillas.



**Figura 10.4**

**Las vaquillas tienen menos limitantes para mostrar el estro en comparación con las vacas en lactación. Con observación visual se puede lograr una alta eficiencia en la detección de estros.**



**Figura 10.5**  
**Manejo reproductivo en vaquillas**

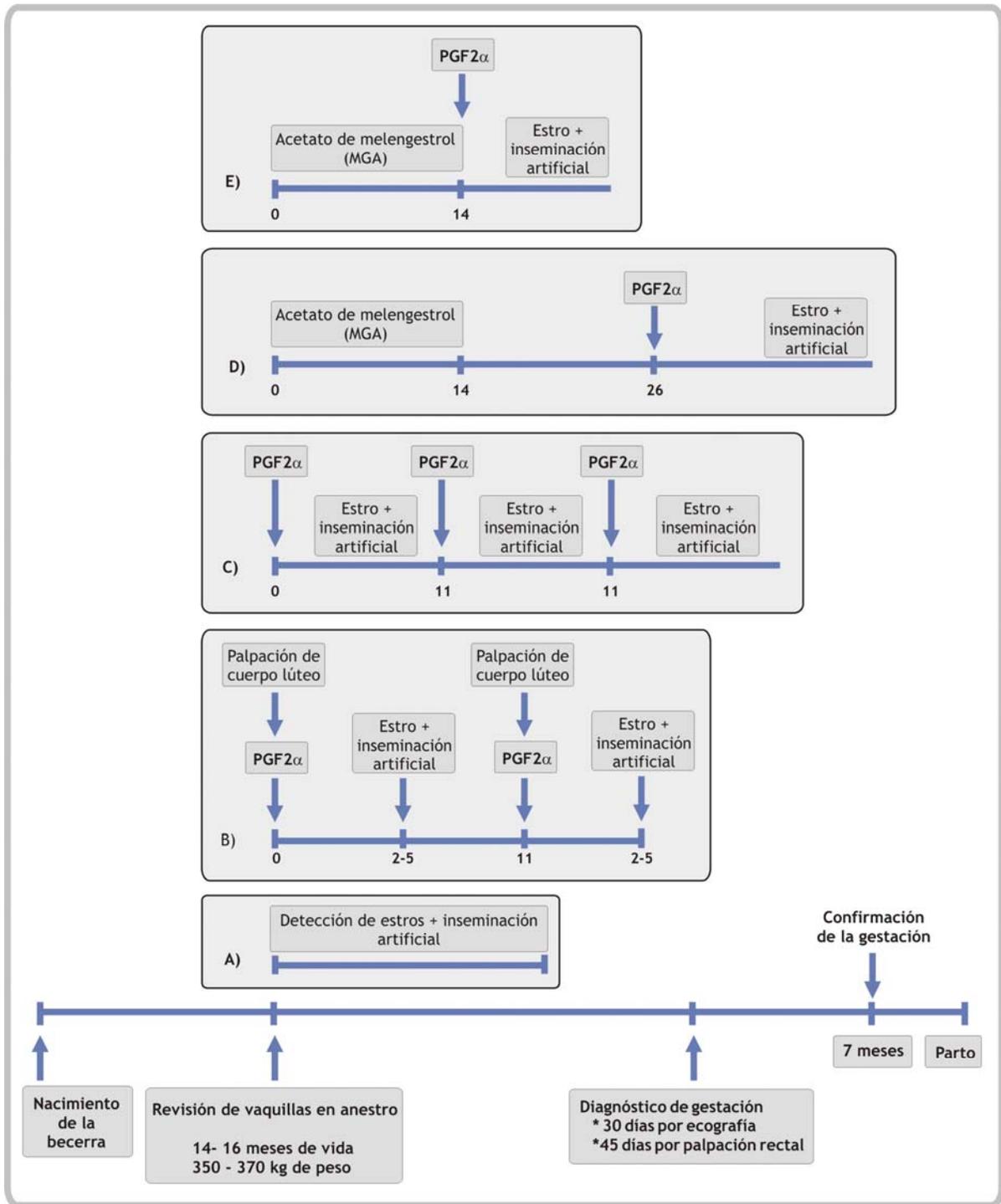
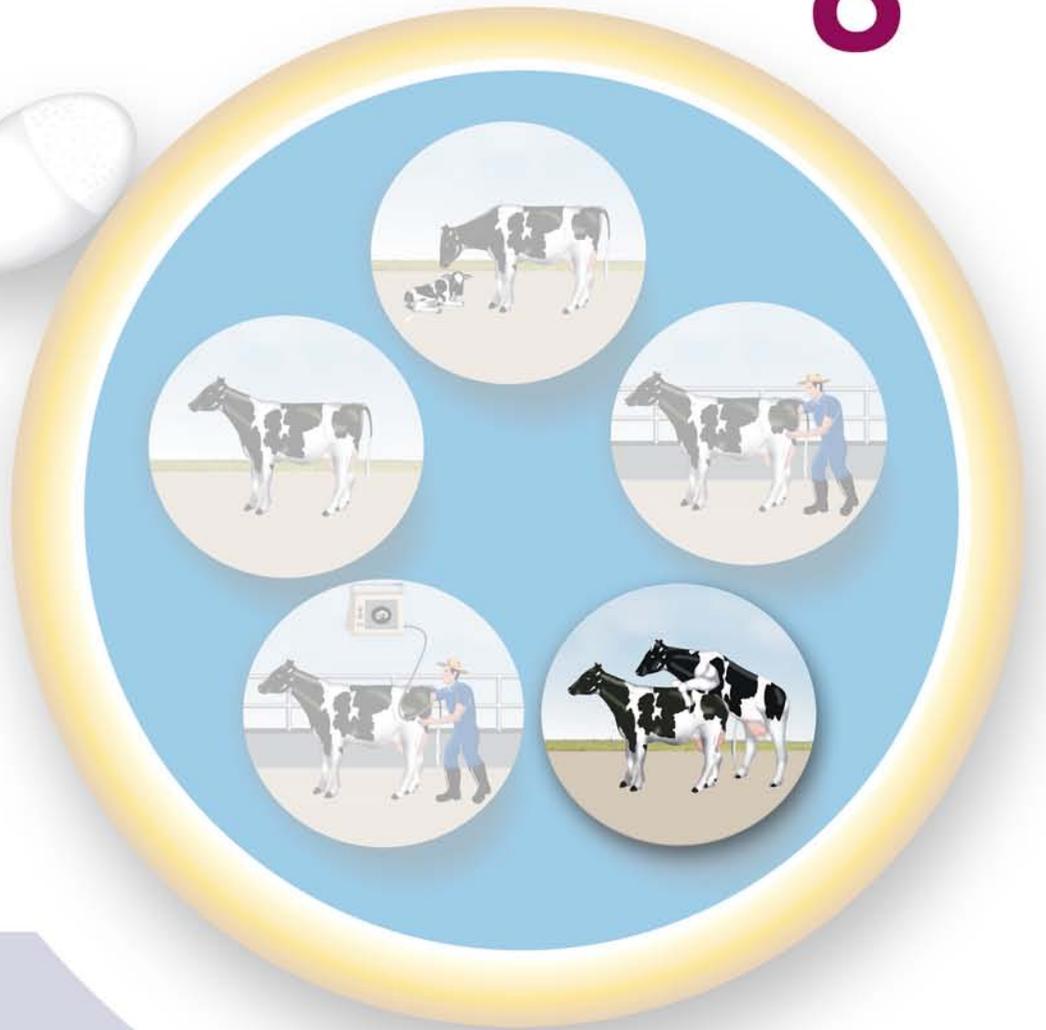


Figura 10.6

Sistema de producción de vaquillas de reemplazo con monta natural.



capítulo  
**8**



**Parámetros  
reproductivos**

# Parámetros reproductivos

## Introducción

El veterinario responsable del manejo reproductivo debe dedicar tiempo al análisis de los registros reproductivos, lo cual le dará mayor capacidad para tomar decisiones correctivas a los problemas del hato. Con frecuencia varios veterinarios solo dedican tiempo a las revisiones rectales del ganado que atienden y a la aplicación de tratamientos, perdiendo muchas veces la oportunidad de valorar objetivamente el manejo global del hato lechero.

La implementación de registros reproductivos y la captura correcta de la información son un requisito para el análisis de los parámetros. Para muchos colegas esta observación puede salir sobrando; sin embargo, la falta de registros confiables es un problema de muchos hatos lecheros. Por otra parte, existen programas de computación para el manejo del hato, los cuales calculan rápidamente diversos parámetros tanto productivos como reproductivos; sin embargo, con frecuencia, no son comprendidos dificultando con ello la toma de decisiones.

En este apartado se revisarán los principales parámetros reproductivos, la forma en que se calculan y su interpretación, haciendo mención especial que para evaluar correctamente un establo se requiere del uso de varios parámetros. Un solo indicador reproductivo no es suficiente para señalar la eficiencia reproductiva de un hato, la composición de varios de ellos acompañados con otros indicadores productivos podrán ser herramientas útiles para la evaluación y comparación de un hato lechero.

## Contenido

- Intervalo entre partos
- Porcentaje de vacas gestantes
- Porcentaje de vacas inseminadas

- Eficiencia en la detección de estros
- Intervalo entre servicios
- Porcentaje de concepción
- Tasa de preñez
- Porcentaje de desechos
- Porcentaje de vacas secas
- Días en leche
- Días abiertos
- Reemplazos
- Abortos

## Intervalo entre partos

El parámetro que engloba a la mayoría de los indicadores reproductivos es el intervalo entre partos (IP). Este es el parámetro reproductivo por excelencia; sin embargo, es tan general que no permite hacer un análisis de los problemas reproductivos, ni facilita la toma de decisiones. Hace 30 años, el intervalo entre partos recomendado era de 12 meses, porque era lo mejor para lograr la máxima producción de leche. Actualmente, aparte que es imposible alcanzar un IP de 12 meses, no es el mejor intervalo para obtener la mayor producción. Las vacas lecheras están sujetas a un manejo intensivo para que produzcan grandes volúmenes de leche (>8500 Kg.), lo cual se asocia con una disminución de la fertilidad, por lo que bajo estas condiciones es prácticamente imposible lograr un IP de 12 meses.

El tener un IP corto actualmente no resulta siempre conveniente, ya que se obtiene menor volumen acumulado de leche con lactancias cortas, además es frecuente que muchas vacas lleguen al momento del secado con altas producciones de leche por haber tenido un servicio efectivo muy rápido. En hatos lecheros en condiciones intensivas de producción la meta esperada últimamente es de un intervalo entre partos es de 13.5 meses, incluso se ha propuesto que las lactaciones extendidas con intervalos entre partos de 18 meses es económicamente redituable.

## Porcentaje de vacas gestantes

Para tratar de facilitar el análisis y la comprensión de los parámetros reproductivos, se tomará como ejemplo un hato con 1000 vacas con un IP de 13.5 meses. En este hato, todas las vacas en promedio deberían parir en 13.5 meses. Se esperaría además que las pariciones estuvieran distribuidas homogéneamente durante todo el año, por lo que deberíamos dividir la población total de vientres entre el IP ( $1000/13.5$ ). Es decir, deberían estar pariendo al mes 74 vacas lo que representa el 7.4 % de la población mensual, porcentaje que se puede aplicar a cualquier dimensión de hato y que representa la base de muchos cálculos futuros de los indicadores reproductivos.

Con el objeto de mantener una población estable debería quedar gestantes en forma mensual la misma proporción de vacas (7.4% vacas gestantes/mes). Lo cual puede quedar como una meta del establo; sin embargo, existen explotaciones que por tener alta incidencia de abortos este porcentaje se debe incrementar mensualmente para poder compensar la pérdida de gestaciones.

Un parámetro que ofrece una visión global de la fertilidad del hato es el porcentaje total de vacas gestantes. Este indicador se calcula a partir de las vacas positivas al diagnóstico de gestación (60 días del último servicio) e incluye las vacas secas. Así que, se multiplica 7 (los meses que sabemos que está gestante la vaca) por el porcentaje de vacas que deben estar gestando cada mes ( $7 \times 7.4$ ), lo que resulta en un 52 %.

La meta de esperada de éste parámetro es 50% de vacas gestantes en cualquier momento del año. Este dato se calcula fácilmente y es de mucha utilidad ya que refleja rápidamente la fertilidad ocurrida en los últimos meses en el hato. Otra forma de calcular este porcentaje de vacas gestantes, es mediante el conteo de vacas gestantes el día del diagnóstico de gestación, los cuales generalmente son realizados semanalmente en los establos. De ésta forma, en el hato de 1000 vacas se espera que el día en que se practica el diagnóstico de preñez haya en promedio 17 vacas positivas semanalmente en cualquier mes del año (74 vacas gestantes que se requieren mensualmente entre 4.3 semanas que son el número de semanas por mes). Ésta es una manera práctica de estimar el porcentaje de vacas gestantes por mes.

## Porcentaje de vacas inseminadas

Afortunadamente en varios establos la tendencia actual es preocuparse en la cantidad de animales inseminados por mes, ya que con una tasa de concepción aceptable se pueden cumplir las metas de reproducción establecidas.

Para lograr la meta del porcentaje de vacas gestantes por mes, se debe inseminar un número determinado de vacas diariamente. Considerando que se necesitarían de 3 servicios en promedio con una tasa de concepción aceptable del 33.33 %, entonces se deberían inseminar en el caso de nuestro establo ejemplo, 222 vacas al mes (3000 vacas inseminadas en 13.5 meses = 222 IA por mes). Visto de otra forma, generalmente en varios establos se están inseminando el 21% del total de las vacas por mes (7.4% de vacas gestantes por mes x 3 servicios).

Un dato práctico para estimar rápidamente la eficiencia en la detección de estros consiste en conocer el número de vacas inseminadas al día; es deseable que en promedio se insemine 0.7% de la población total (21% de vacas inseminadas por mes dividido entre 30 días). Cuando en un hato se inseminan diariamente menos de 0.7% significa que la eficiencia en la detección de estro es baja. Por el contrario, si se inseminan más vacas se debe considerar la posibilidad de una baja precisión de la detección de estros; es decir, se pueden estar inseminando vacas que no están en estro.

## Eficiencia en la detección de estros

Este parámetro se refiere a la proporción de vacas observadas en estro del total elegible para mostrar celo en un periodo equivalente a la duración de un ciclo estral. Este dato se calcula a partir de las vacas que reúnen las siguientes características: vacas no inseminadas, sin patologías reproductivas, de más de 60 días posparto y no gestantes. Después de hacer un listado de las vacas que reúnen las condiciones anteriores, se espera un periodo de 22 días (duración promedio de un ciclo estral) y se revisan las tarjetas reproductivas para ver cuantas vacas fueron observadas en estro. Es común que la mitad de las vacas elegibles sean detectadas en estro (50% de eficiencia). Una meta factible con observación continua y eficiente, es de 75%.

Otra forma indirecta de conocer la eficiencia en la detección de estros consiste en conocer el porcentaje de vacas vacías que llegan al diagnóstico de gestación. En términos generales, las vacas no gestantes deben mostrar estro entre 21-24 días después del servicio. Cuando esto no ocurre, las vacas van al diagnóstico de gestación entre los días 40 a 45 posinseminación. Con frecuencia algunas vacas están vacías, lo que indica en la mayoría de los casos que no fueron detectadas en su retorno al estro. Se espera que menos de 20% de las vacas resulten vacías al diagnóstico de gestación; un porcentaje mayor indica una baja eficiencia en la detección de estros.

Últimamente este parámetro ha tomado mucha importancia y generalmente se refieren a el como "Tasa de detección de calores".

## **Intervalo entre servicios**

Un parámetro que ofrece información útil para poder emitir observaciones respecto al comportamiento estral en los establos, es el intervalo entre inseminaciones. Con este indicador se clasifican las vacas de acuerdo al intervalo entre servicios: vacas que caen en la distribución de servicios con intervalos cortos (< 17 días), normales (18-24 días), largos (25-35 días), dobles (36-48 días) y de más de 48 días.

### ***Intervalos cortos***

Pueden indicar que las vacas se están inseminando sin estar verdaderamente en estro, lo cual generalmente ocurre cuando se aplican criterios erróneos para seleccionar a las vacas en estro. Los ciclos cortos también se pueden deber a la presencia de quistes foliculares. Se espera que menos de 10% de las vacas tengan intervalos cortos.

### ***Intervalos largos***

Pueden estar relacionados con la muerte embrionaria después del día 18, en la cual el embrión alcanza a bloquear la regresión del cuerpo lúteo; sin embargo, los problemas de desarrollo que tiene el embrión acaban por matarlo en los siguientes días. Se espera que <10% de las vacas presenten ciclos largos. Algunos veterinarios lo asocian a presencia de Diarrea Viral Bovina y a exceso de nitrógeno uréico.

### ***Intervalo dobles***

El problema más frecuente en el análisis de la información reproductiva de un hato lechero lo representan las vacas que muestran intervalos dobles. Estas vacas son aquellas que no fueron detectadas en su retorno al estro y se detectan hasta el siguiente ciclo. Es deseable que los animales que se encuentren en este intervalo, representen una proporción menor de 2.5 a 3 veces a aquellos de los calores normales (por ejemplo si encontramos un 60 % de calores normales esperamos que los dobles sean menores al 20 %, proporción en este caso de 3:1). Desafortunadamente es común encontrar establos en los cuales la proporción es de 1:1; o bien, en casos más graves encontramos que los calores normales son en proporción menor respecto a los dobles lo que indica una pésima eficiencia en la detección de estros.

### ***Intervalos de más de 48 días***

La meta para la proporción de vacas con intervalos mayores de 48 días es 0, siempre y cuando se cumpla con una excelente tasa de detección de calores; sin embargo, es común que hasta 15% de las vacas estén en esta clasificación. Esta categoría indica errores serios en el manejo reproductivo, ya que estas vacas no fueron detectadas en sus dos retornos al estro ni pasaron al diagnóstico de gestación.

### ***Intervalos normales***

Es deseable que entre el 65 a 70% de los servicios tengan un intervalo normal, desafortunadamente en la práctica 40% de los ciclos están en esta clasificación. Obviamente la disminución de la proporción de vacas de ésta categoría obedece a un aumento de los otros intervalos.

Se debe tomar en consideración que para el cálculo adecuado de los intervalos entre servicios, no deben tomarse en cuenta aquellos servicios que procedan de una sincronización a menos que estemos considerando el intervalo mayor a 48 días.

## Porcentaje de concepción

Se refiere a la proporción de vacas gestantes del total inseminado durante un intervalo de tiempo definido. Es difícil poner una meta para este parámetro, ya que depende de diversos factores que pueden variar entre hatos y también se ven afectados por la época del año. No obstante, se considera una buena meta tener entre 35 a 40% de las vacas gestantes después de la inseminación artificial. Sin embargo, explotaciones que estén alrededor del 30% de concepción y con una buena detección de estros, su eficiencia reproductiva es bastante aceptable.

Porcentajes menores en la tasa de concepción están asociados con un aumento en la incidencia de fallas en la fertilización y muerte embrionaria temprana. Se debe poner atención en los factores que afectan la fertilización y la supervivencia embrionaria, tales como: técnica de inseminación, momento del servicio, estrés calórico, sustancias embriotóxicas (gospol, urea y endotoxinas).

## Tasa de preñez

La tasa de preñez se refiere a la proporción de vacas que gestan del total elegible para que presenten calor durante un ciclo estral. Este parámetro es el resultado de dos aspectos importantes que determinan el número de vacas gestantes por ciclo: la eficiencia en la detección de estros y el porcentaje de concepción. La tasa de preñez se calcula multiplicando la eficiencia en la detección de estros por el porcentaje de concepción y se divide entre 100. Así, en un hato con una eficiencia en la detección de estros de 50% y con un porcentaje de concepción de 30, se tiene una tasa de preñez de 15%. Este número indica que, de las vacas elegibles para que muestren estro y sean inseminadas en un ciclo estral, sólo 15% de ellas queda gestante. La máxima aspiración para un productor o veterinario es lograr que la tasa de preñez sea igual al porcentaje de concepción, lo cual indica que todas las vacas elegibles para ser detectadas en estro se están inseminando (100% de eficiencia en la detección de estros). Una meta posible para la tasa de preñez en los hatos lecheros nacionales es de 20%, cabe señalar que en EE. UU. la tasa de preñez promedio en todo el país es de 14%.

## Porcentaje de desechos

Este parámetro indica la proporción de vacas que salen del hato involuntariamente (muerte o enfermedad) o voluntariamente (baja producción, falla reproductiva, etc...). El desecho anual es variable entre hatos y fluctúa de 20 a 40%. La meta anual de este parámetro es de 30% (2.5% mensual). Se espera que la proporción de desecho voluntario e involuntario sea igual; sin embargo, la proporción real de desechos involuntarios llega a ser hasta 70%, lo cual está asociado con el manejo intensivo al que está sujeto el ganado lechero. Cuando el hato tiene bajo porcentaje de desechos (15 a 20%) no necesariamente indica que está bien manejado, ya que la baja eliminación puede estar relacionada con la retención de vacas más allá del tiempo recomendable. Por el contrario, si aumenta el porcentaje de desechos (40%), se debe poner especial atención al manejo general, ya que se están eliminando vacas demasiado jóvenes (2.5 lactancias en promedio).

## Porcentaje de vacas secas

En un hato bien manejado se espera que 15% de las vacas estén en el grupo de las secas en cualquier momento de año. Dentro de este porcentaje están consideradas las vaquillas de reemplazo (12.5% vacas secas y 2.5% de vaquillas). Un incremento en la proporción de vacas secas indica una falta de homogeneidad en la distribución de los partos durante el año o un aumento del tiempo (> 2 meses) de permanencia en el grupo seco, lo cual está relacionado con problemas de infertilidad. Es decir vacas que se secaron por baja producción y con poco tiempo de gestación. Por el contrario, una disminución de la proporción de vacas secas indica que no se está cumpliendo con el porcentaje de vacas gestantes por mes; dicho de otra forma, refleja un aumento del número de vacas abiertas debido frecuentemente por alta incidencia de abortos en los establos.

El número de vacas secas permite hacer un diagnóstico rápido del estado reproductivo de un hato. Así, de acuerdo con el ejemplo del hato de 1000 vacas, debe haber 150 vacas secas; pero no es práctico contar el número total de vacas secas, por lo que sólo se cuenta el número de vacas del corral de reto. Es común que 15 días antes del parto (25% del tiempo de secado) las vacas pasan al corral de reto, en donde reciben una dieta similar a la que se les proporciona a las vacas recién paridas (frescas). De esta forma, se espera que haya 37 vacas en el corral de reto. Ésta es una forma más práctica de conocer la fertilidad del hato.

## Días en leche

Los días en leche es el promedio de días en lactación de todas las vacas en producción del hato. Este parámetro se calcula sumando los días en lactación que tiene cada vaca y se divide entre el total de vacas. En un hato con una distribución uniforme de los partos durante el año, hay vacas con diferentes días en leche; así, hay vacas frescas, de media lactación y de lactación avanzada. El parámetro de referencia se calcula restando los días que la vaca está seca al intervalo entre partos ideal ( $405 \text{ menos } 60 = 345 \text{ días}$ ) y se divide entre dos. La meta de días en leche es de 160 a 170 en cualquier momento del año. A diferencia de los días abiertos o el intervalo entre partos, los cuales se calculan generalmente sin considerar a las vacas vacías, los días en leche incluyen a todas las vacas independientemente de su estado reproductivo. En los hatos de nuestro país con frecuencia éste parámetro es de más de 200 días. Un incremento en el número promedio de días en leche indican un aumento del número de vacas con lactaciones de más de 365 días, lo cual obedece a periodos abiertos largos y específicamente a problemas de fertilidad. Actualmente los programas de cómputo ofrecen un listado de parámetros reproductivos y todos ellos permiten identificar problemas específicos; sin embargo, los días en leche, brindan, de manera práctica y rápida, una fotografía de la fertilidad del hato.

## Días abiertos

Este parámetro indica los días que transcurren del parto al momento en que la vaca queda gestante. Al calcular los días abiertos se debe ser cuidadoso, ya que puede haber dos formas de hacerlo: en la primera, se hace considerando sólo las vacas que quedan gestantes, por lo cual hay una subestimación del parámetro; éste cálculo arroja resultados muy altos (120 o 130 días abiertos), ya que no considera a las vacas que pueden tener más del promedio obtenido y que no están gestantes. En la segunda forma, se consideran a las vacas gestantes y a las que aún no han concebido. Este segundo método es el más justo, ya que el parámetro obtenido se acerca más a la realidad. Aunque los días abiertos ofrecen información relacionada directamente con la fertilidad del hato, es un parámetro que se debe tomar con cautela debido a las dos posibilidades de estimación. Independientemente de la forma de calcularlos, un incremento del número de días abiertos indica una baja tasa de preñez.

## Reemplazos

La generación de vaquillas debe ser suficiente para sustituir a las vacas que se desechan anualmente, y para contribuir con el crecimiento del hato. Así, si se elimina 30% de las vacas anualmente y si se quiere tener un crecimiento del hato de 3% (meta apropiada), deben parir 330 vaquillas anualmente. La producción de vaquillas depende básicamente de dos factores: del porcentaje de vacas que paren y de la mortalidad durante la crianza y desarrollo. Si en el hato pare 7.4% de las vacas mensualmente se espera que 3.7% de los partos sean hembras. Dado que transcurren 24 meses desde que la becerria nace hasta que tiene su primer parto, entonces se multiplica 3.7 por 24 ( $3.7 \times 24 = 88.8\%$ ) y se obtiene la proporción de becerras del total del hato de diferentes edades (lactantes hasta próximas al parto). A este total se le resta el porcentaje de mortalidad acumulado durante los 24 meses (10%) y se obtiene un porcentaje (78%) que indica la proporción de becerras, en diferentes etapas de desarrollo con respecto del total de vientres del hato. La meta de éste parámetro es tener un proporción mayor del 70% de animales de reemplazo.

Hay una forma de saber rápidamente la proporción de vacas que paren mensualmente y es a través del número de becerras que están en el área de crianza. Aquí, se calcula la proporción de vacas que deben parir al mes (7.4%), de las cuales la mitad (3.7%) de las crías son hembras. Dado que en las áreas de crianza las becerras permanecen 60 días, entonces debe haber en cualquier día del año el equivalente a dos meses de partos (74 becerras). Este es un buen método para que el veterinario en una visita, y antes de ver los registros, tenga información de la fertilidad del hato. Se debe considerar en la estimación de este parámetro, que puede ser afectado por mortinatos, abortos e incluso robo de animales recién nacidos.

## Abortos

Se considera un aborto a la expulsión uterina del feto vivo o muerto, antes de que se cumpla el periodo fisiológico de gestación. Es deseable que el número de abortos no supere 12% anual. Desafortunadamente en algunos casos se llega a presentar pérdidas de la gestación superiores al 30% de manera anual. La etiología de los abortos es de naturaleza múltiple; sin embargo, las causas infecciosas son las más importantes. Un incremento en la incidencia de abortos arriba de la meta debe representar un caso de alarma, ya que con frecuencia se llegan a presentar brotes que afectan un número considerable de vacas (tormentas de abortos). Se debe prestar atención especial a los programas de vacunación y a las medidas de bioseguridad.

capítulo  
**9**



# Establecimiento de la gestación

# Establecimiento de la gestación

## Contenido

- ⇒ Transporte de gametos
- ⇒ Fertilización
- ⇒ Desarrollo embrionario
- ⇒ Reconocimiento materno de la gestación
- ⇒ Placentación
- ⇒ Endocrinología de la gestación

## Transporte de los gametos

Los gametos, óvulo y espermatozoide, se definen como células germinales maduras que poseen un número haploide de cromosomas que cuando se unen dan lugar a un nuevo individuo genéticamente diferente a ambos padres.

## Transporte de los espermatozoides

Los espermatozoides obtenidos directamente del testículo son funcionalmente inmaduros, incapaces de fertilizar al óvulo. Durante su estancia en el epidídimo, los espermatozoides sufren cambios en la morfología, movilidad y metabolismo, lo que les confiere la habilidad de fertilizar. No obstante, deberán pasar cierto tiempo en el aparato genital de la hembra para que se lleve a cabo el proceso de capacitación, mediante el cual alcanzan el estado óptimo para fertilizar.

Durante la monta natural, la eyaculación ocurre en la vagina y son depositados cientos de millones de espermatozoides suspendidos en el plasma seminal, este último lo constituye básicamente las secreciones de las vesículas seminales y próstata. Después de la eyaculación, el transporte de los espermatozoides es favorecido por las contracciones uterinas y vaginales que ocurren durante y después de la cópula. Se ha informado en los primeros 5 minutos después de la cópula, ya se encuentran espermatozoides en el oviducto, lo cual logran gracias a las contracciones del aparato genital. Durante el transporte espermático, es importante la movilidad individual, ya que sólo los espermatozoides con ésta capacidad llegan al sitio de la fertilización.

El primer sitio en que se establece una población de espermatozoides es el cérvix, particularmente en las criptas, en las cuales permanecen protegidos de la fagocitosis; de estos sitios son liberados posteriormente. Es importante notar que sólo los espermatozoides móviles permanecen en las criptas; los muertos o los que no tienen movimiento son eliminados por fagocitos o por el movimiento del moco cervical hacia la vagina. En este sitio se establece una población temporal de espermatozoides; sin embargo, el reservorio, desde el punto de vista funcional, se localiza en la región distal del istmo. Las características del moco cervical son importantes para el transporte espermático; así, durante el estro y la ovulación, las características del moco favorecen

la migración espermática mientras que durante la fase lútea el moco se vuelve más viscoso, lo que dificulta su movimiento.

Ya en el útero, el transporte espermático depende principalmente de las contracciones uterinas. Aquí, los espermatozoides están suspendidos en las secreciones uterinas, las cuales tienen como función mantener y estimular a los espermatozoides durante su transporte. Las secreciones uterinas contienen fagocitos que remueven los espermatozoides muertos e inmóviles, aunque también los espermatozoides normales son eliminados por este medio. Algunas sustancias como prostaglandinas y oxitocina favorecen el transporte.

El oviducto juega un papel importante en el transporte de los gametos, fertilización y desarrollo embrionario temprano. Las características de secreciones del oviducto son cambian de acuerdo a la región del oviducto y con la etapa del ciclo estral. Una vez que los espermatozoides alcanzan el oviducto se distribuyen en dos sitios. Algunos espermatozoides son transportados inmediatamente a la región del ámpula; esos son los primeros que se encuentran con el óvulo; sin embargo, su capacidad fertilizante es limitada. El otro sitio de distribución es la región caudal del istmo; aquí permanecen hasta que la ovulación es inminente. Para que ocurra la fertilización es necesario que en este sitio se establezca una población de espermatozoides por un periodo de 6 a 8 h, antes de la ovulación. Durante 1 a 2 h previas a la ovulación se observa un movimiento activo de espermatozoides a la región del ámpula.

En el oviducto, el transporte de los espermatozoides depende de su movimiento, del fluido oviductal, y de contracciones musculares. Es frecuente que algunos espermatozoides continúen su movimiento y lleguen a salir por la fimbria, y ocasionalmente pueden migrar al oviducto del lado contrario e incluso pueden llegar a fertilizar. Aunque se tiene evidencia de este fenómeno, no quiere decir que la migración transoviductal sea un mecanismo fisiológico importante en la fertilización. La viabilidad de los espermatozoides fluctúa de 24 hasta 48 h, mientras que, *in vitro* se ha mantenido la capacidad fertilizante hasta por 48 horas.

## Transporte del ovocito

La ovulación es el proceso mediante el cual el ovocito es liberado. Este evento es desencadenado por una secreción máxima de LH conocida como pico ovulatorio de LH. Esta secreción ocurre cerca del inicio de estro y mantiene una relación temporal con el momento de la ovulación.

El pico de LH promueve una serie de cambios que conducen a la liberación del óvulo. Por efecto de esta hormona el cúmulus se desprende de la pared del folículo y comienza a observarse un adelgazamiento en una pequeña zona de la pared del mismo, la cual es provocada por isquemia y por acción de enzimas proteolíticas. Posteriormente en esa zona se forma una pequeña vesícula que protruye (estigma) y se rompe eventualmente. Después de la ruptura del estigma sale el cúmulus que contiene al óvulo, junto con células de la granulosa. El ovocito es captado por la fimbria, proceso apoyado por movimientos de los cilios de la mucosa y por contracciones de los pliegues de esta estructura. Una vez captado el óvulo es transportado hasta el ámpula.

## Fertilización

La fertilización es el proceso mediante el cual los gametos, masculino y femenino, se unen para formar el cigoto, célula a partir de la cual se desarrollará un nuevo individuo. La fertilización comienza con la penetración del espermatozoide y termina con la unión de los dos juegos haploides de cromosomas (pronúcleos), proceso conocido como singamia.

Antes de la fertilización los espermatozoides deberán capacitarse, es decir, deberán ocurrir cambios morfológicos y fisiológicos que los habiliten para fertilizar. Estos cambios comprenden un incremento en la movilidad (cambian de lineal a un movimiento frenético, el cual facilita el contacto con el ovocito) y la fusión de la membrana externa del acrosoma con la membrana plasmática con el propósito de liberar las enzimas (acrosina y hialuronidasa). Este proceso se conoce como reacción acrosomal y es el cambio más importante, ya que de no ocurrir el espermatozoide es incapaz de fertilizar. La capacitación toma en promedio 4 horas y ocurre en la región caudal del istmo; cabe señalar que la reacción acrosomal se lleva a cabo cuando el espermatozoide establece contacto con el ovocito.

Por su parte el óvulo, como consecuencia del pico ovulatorio de LH, reinicia la meiosis, la cual fue suspendida en la profase de la primera división meiótica al momento del nacimiento. El óvulo es liberado cuando se encuentra en la metafase de la segunda división meiótica; en esta etapa la meiosis se detiene y se reactiva cuando penetra el espermatozoide.

La penetración del espermatozoide es facilitada por la acción de la hialuronidasa y acrosina. Una vez que la membrana plasmática del espermatozoide entra en contacto con la membrana vitelina, se fusionan, incorporándose la cabeza del espermatozoide en el citoplasma del óvulo; posteriormente el núcleo del espermatozoide se transforma en el pronúcleo masculino y simultáneamente la cromatina del óvulo forma el pronúcleo femenino.

Con la penetración del espermatozoide al ovocito se activa el mecanismo de bloqueo de la polispermia; mediante el cual se evita que más de un espermatozoide penetre. El bloqueo de la polispermia se consigue mediante la liberación sustancias

(mucopolisacaridos, proteasas, activador del plasminogeno, fosfatasa ácida y peroxidases) contenidas en los gránulos corticales, los cuales se encuentran localizados por debajo de la membrana plasmática y son liberados al espacio perivitelino, en donde provocan cambios bioquímicos en la zona pelúcida y en la membrana plasmática, los cuales evitan que penetren más espermatozoides. El mecanismo de bloqueo de la polispermia es menos eficiente conforme el óvulo envejece, de tal forma que después de 10 h de haber ocurrido la ovulación este mecanismo pierde efectividad, por lo que penetran más de un espermatozoide. La consecuencia de la polispermia es la muerte embrionaria temprana debido a alteraciones de naturaleza genética.

## Desarrollo embrionario

Se le denomina cigoto a la estructura constituida por la fusión de los pronúcleos, los cuales forman el núcleo de la primera célula. A partir de que el cigoto sufre la primera división y se forma una estructura con dos células, ya se le llama embrión. Se seguirá llamando embrión hasta que adquiera características fenotípicas propias de cada especie, a partir de éste momento se le denomina feto. Las primeras divisiones embrionarias se caracterizan por un incremento en el número de células las cuales contienen la mitad del citoplasma de las células que les dieron origen. Las células embrionarias, durante las primeras divisiones, se les llama blastómeros. En las primeras etapas del desarrollo embrionario (2, 4 y 8 células) cada blastómero tiene la capacidad de desarrollar, en forma independiente, un embrión; por lo anterior, se dice que los blastómeros, en estas fase, son totipotenciales.

Durante los primeros días de desarrollo embrionario (Figura 7.1), la división de los blastómeros ocurre simultáneamente y poco a poco el número de células aumenta y su tamaño disminuye. Todo esto ocurre dentro de la zona pelúcida. La mórula (16 células) es el estado embrionario en el cual las células se agrupan y se compactan; ésta estructura continúa con su crecimiento hasta que se transforma en un blastocisto en el que ya se pueden diferenciar dos grupos de células. Uno de ellos (masa celular interna) a partir del cual se desarrollará el embrión y el otro del que se diferenciará la placenta (trofoblasto).

Hasta este momento el embrión todavía se encuentra rodeado por la zona pelúcida, la cual se pierde en día 8 (eclosión). La zona pelúcida se pierde debido al adelgazamiento progresivo y un aumento en la masa embrionaria. Después de la eclosión el embrión experimentará un crecimiento acelerado y la relación madre-embrión será más compleja y dinámica. El tiempo de transporte del cigoto o embrión, a través del oviducto, es de 3 a 4 días y es dependiente de la musculatura de este órgano, de las secreciones oviductales, del balance hormonal entre la progesterona y estradiol durante los siguientes días a la ovulación, y además, en ello participan factores de crecimiento, así como prostaglandinas.

Figura 7.1

Desarrollo embrionario en los primeros 9 días después de la fertilización.

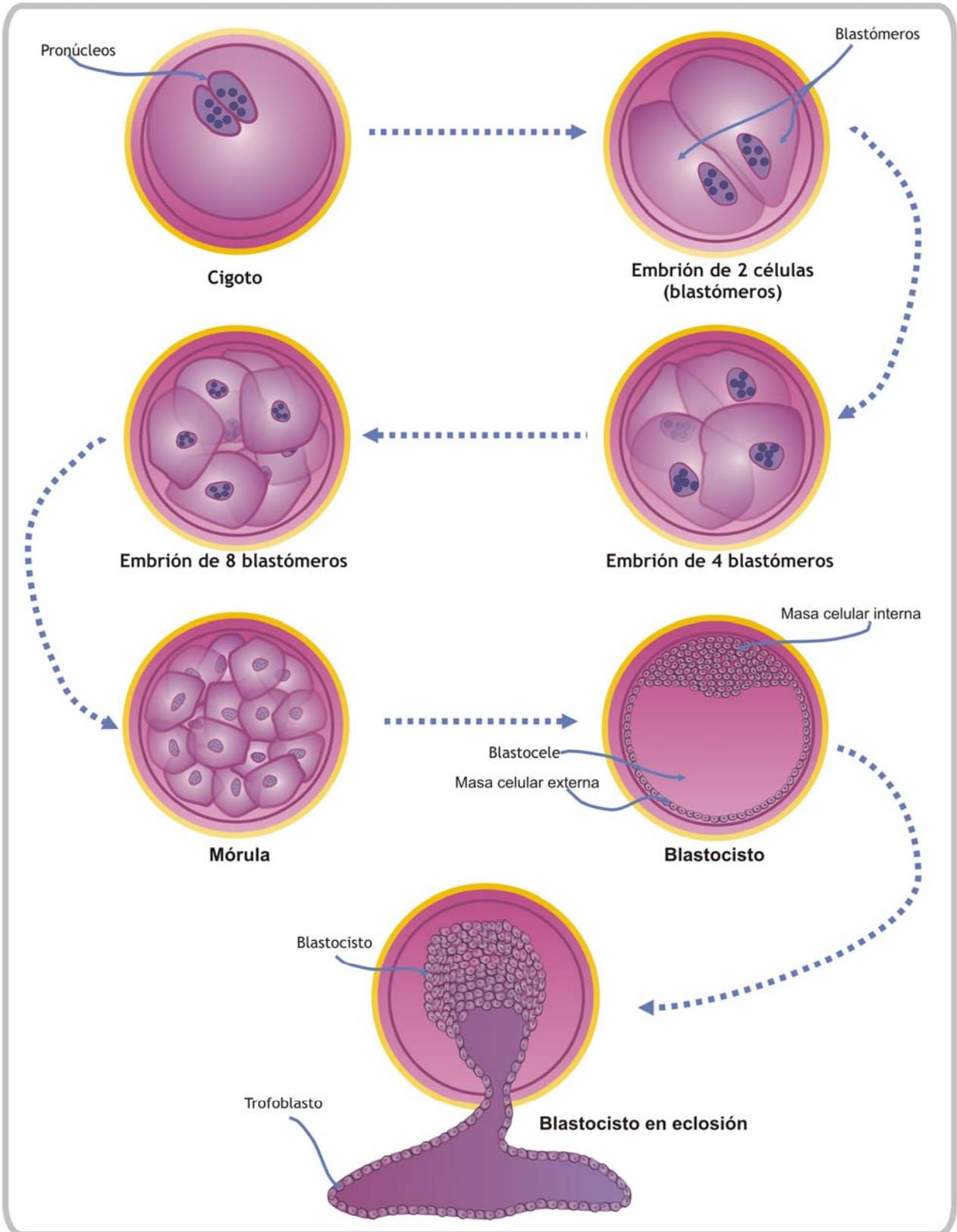
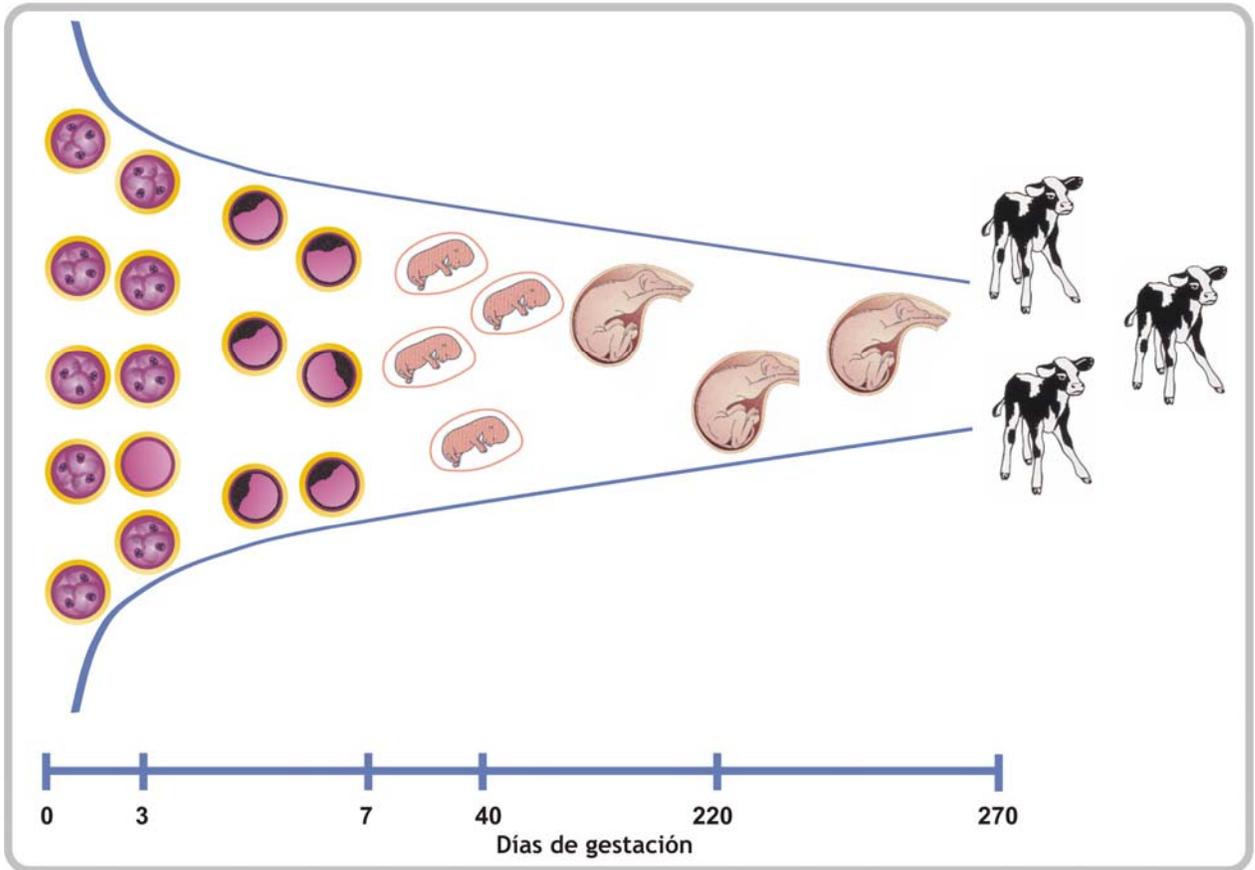


Figura 7.2

Pérdida de gestaciones en el ganado lechero.



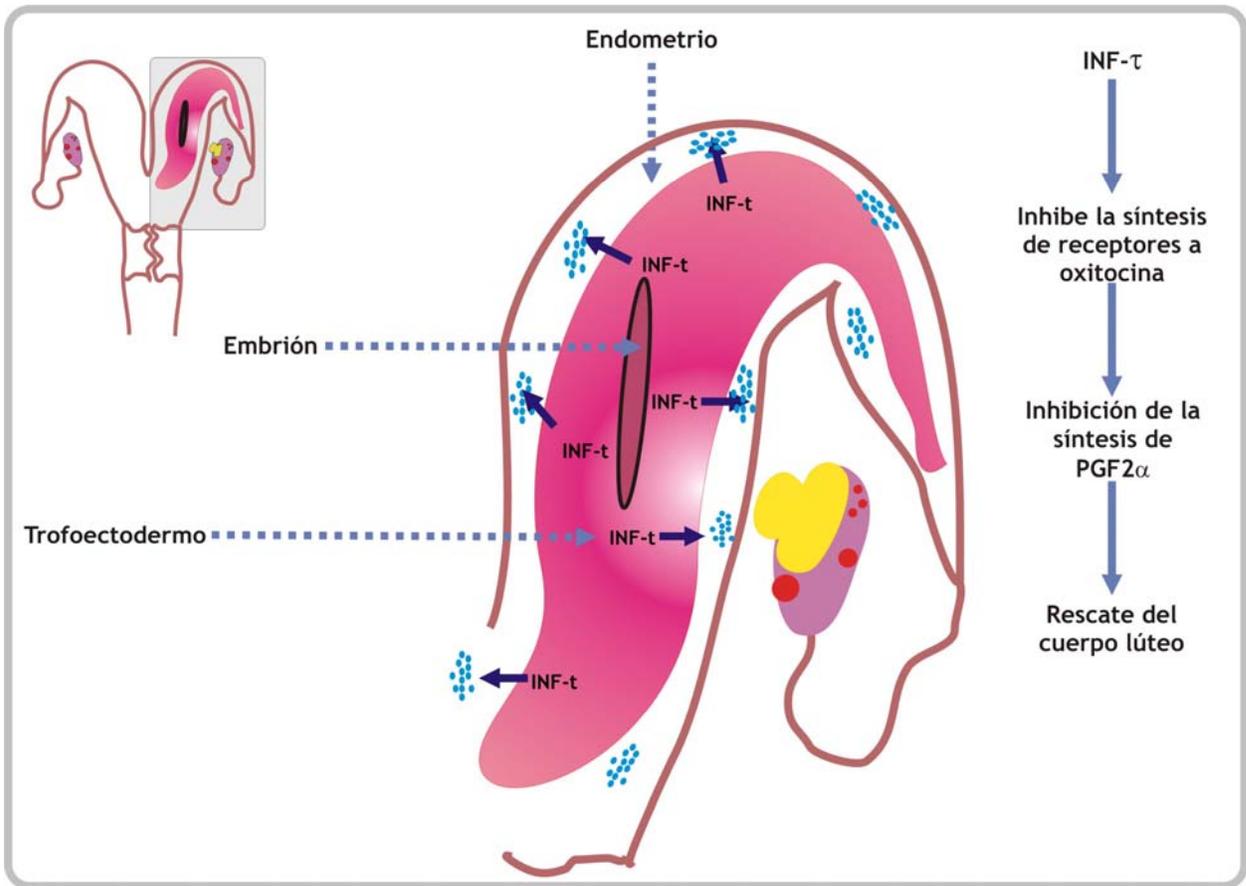
## Reconocimiento materno de la gestación

Entre el embrión y la madre se establece un diálogo mediado por la secreción de diferentes sustancias. La etapa crítica de la comunicación materno-embriónica ocurre cuando el embrión debe establecer los mecanismos que inhiben la secreción de  $\text{PGF2}\alpha$  de origen uterino y con ello se evita la degeneración del cuerpo lúteo. El mantenimiento del cuerpo lúteo, y en consecuencia de los niveles altos de progesterona, es un requisito indispensable para promover un ambiente uterino que permita el establecimiento de la gestación. El mecanismo por el cual se evita la regresión lútea es diferente en las especies domésticas.

En la vaca el mecanismo que protege al cuerpo lúteo es promovido por una proteína de origen embrionario conocida como interferón- $\tau$ . Esta proteína se produce en el trofoectodermo, y bloquea la secreción de la  $\text{PGF2}\alpha$  a través de la inhibición de la síntesis de receptores de oxitocina en el endometrio. El interferón- $\tau$  se sintetiza entre los días 10 a 25 pos-fertilización y alcanza sus niveles máximos en los días 16 a 18, cuando fisiológicamente comenzaría la secreción pulsátil de  $\text{PGF2}\alpha$ . Este proceso es favorecido por la expansión del trofoblasto, el cual cambia de una forma esférica a una filamentosa, lo que permite mejor contacto del interferón- $\tau$  con el endometrio (Figura 7.3).

Figura 7.3

Mecanismo de reconocimiento materno de la gestación en la vaca.



## Placentación

Durante las primeras etapas del desarrollo embrionario, el embrión se mantiene gracias a los nutrientes aportados por las secreciones del oviducto y del útero (leche uterina), proceso regulado por la progesterona. Durante este periodo el embrión vive suspendido en la leche uterina y se puede mover con relativa libertad en el lumen de los cuernos uterinos; entre los días 17-18 el embrión se fija.

Posterior a la eclosión del embrión (salida de la zona pelúcida), el trofoblasto, tejido a partir del cual se formará el corion, comienza a crecer aceleradamente. El corion posee pequeñas prolongaciones conocidas como vellosidades coriónicas, las cuales constituyen la unidad funcional del lado fetal. Estas estructuras se fijan al endometrio para establecer una relación estrecha, la cual permitirá el intercambio de sustancias que nutren al embrión. Aunque el tejido de origen fetal que establece relación íntima con el endometrio es el corion, también otras membranas de origen fetal forman la unidad feto-placentaria. Alrededor de la tercera semana después de la fertilización, se desarrolla el alantoides. Esta membrana comienza como un pequeño saco el cual rápidamente se expande y entra en contacto con el corion. El corion y el alantoides se fusionan formando la membrana corioalantoidea, la cual rápidamente se vasculariza constituyendo un complejo sistema sanguíneo entre el feto y la madre. El amnios se forma a partir del corion, esta membrana envuelve al embrión formando un saco (vesícula amniótica), el cual se llena de fluido (líquido amniótico). El amnios forma un compartimiento en el cual el embrión o feto se desarrolla y además provee una barrera que protege al embrión contra agresiones físicas y también es el medio en el que se depositan sustancias de desecho de origen fetal.

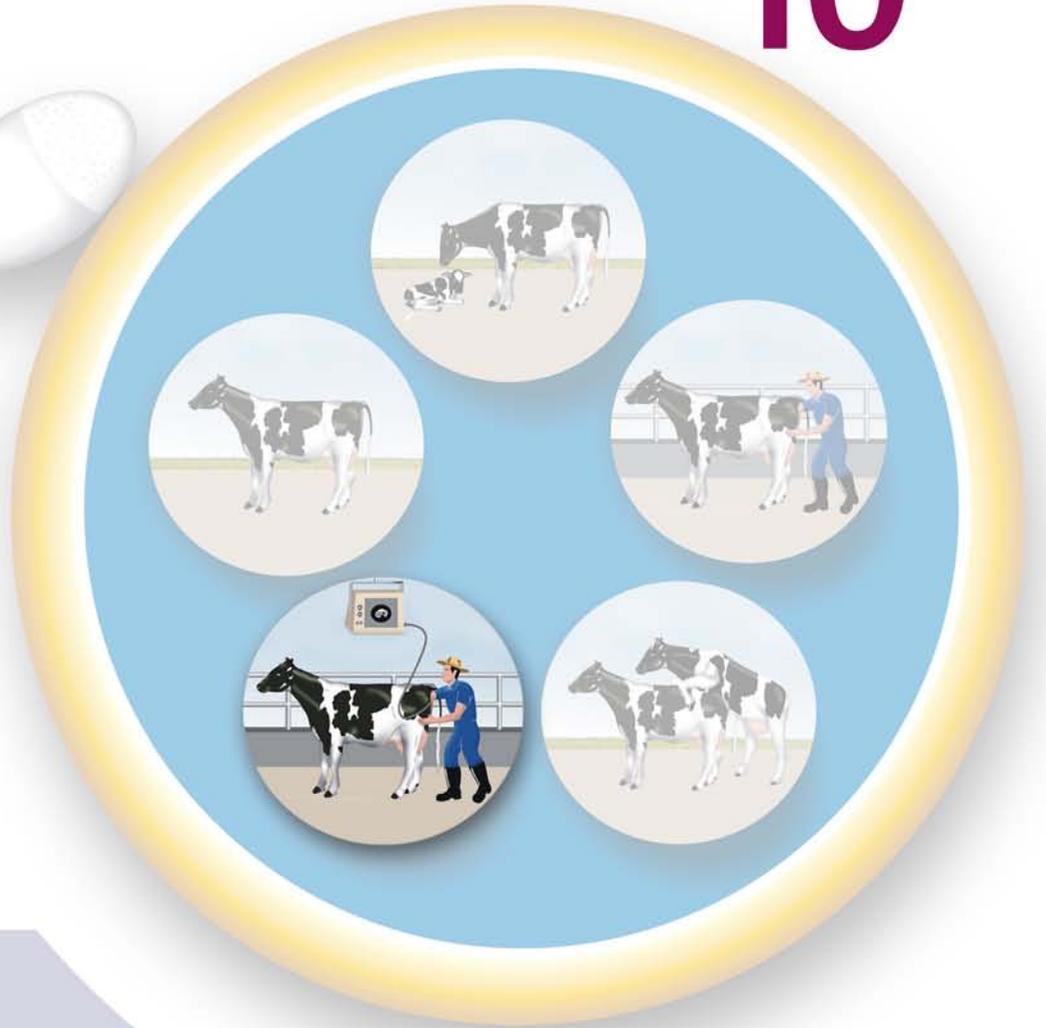
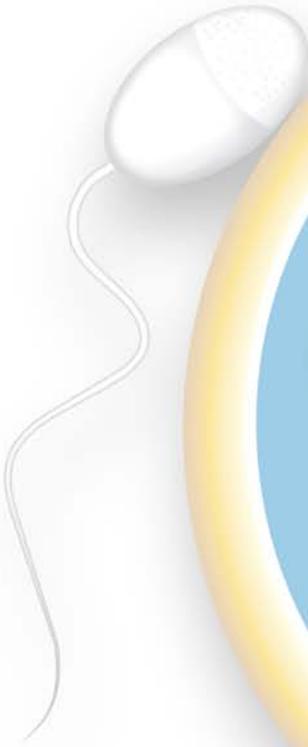
La placenta en la vaca se clasifica como cotiledonaria. En estos animales, el endometrio tiene áreas especializadas llamadas carúnculas, las cuales son regiones que carecen de glándulas y sirven para que se fijen las vellosidades coriónicas y se establezca el intercambio materno-fetal. La unión de las vellosidades coriónicas (cotiledón) y de las carúnculas constituye la unidad funcional de este tipo de placentas conocida como placentóma.

## Endocrinología de la gestación

La gestación es mantenida básicamente por los niveles elevados de progesterona de origen lúteo o de origen placentario. La progesterona es indispensable para el desarrollo embrionario ya que es responsable de regular la función de las glándulas uterinas encargadas de la secreción de sustancias que nutren al embrión. Además, esta hormona inhibe la respuesta inmune del útero lo cual evita que el embrión sea rechazado, ya que puede ser reconocido como tejido ajeno. Otros efectos de esta hormona consisten en incrementar el flujo sanguíneo al útero y evita las contracciones uterinas. Durante la gestación la progesterona es producida por el cuerpo lúteo en todas las especies, sin embargo, en algunas especies la placenta contribuye con una parte significativa de la progesterona circulante, lo cual disminuye la participación relativa del cuerpo lúteo. En la vaca la gestación es dependiente del cuerpo lúteo hasta alrededor del día 210. Otras hormonas esteroides que están presentes durante la gestación son los estrógenos. Estas hormonas son producidas en la placenta y sus concentraciones se han asociado con el tamaño del producto en la vaca; además, se ha utilizado como un indicador de bienestar fetal. Los estrógenos aumentan en forma significativa al final de la gestación y su función principal consiste en el desarrollo mamario y en el mecanismo del parto.

En la placenta de los rumiantes también se produce una hormona llamada lactógeno placentario, esta hormona es parecida químicamente a la prolactina y a la hormona del crecimiento y participa en el desarrollo del feto y de la glándula mamaria. La relaxina es otra hormona producida por la placenta en la mujer, cerda, yegua y coneja. En contraste, en la vaca no hay evidencia de secreción de relaxina por la placenta. Esta hormona participa en el mecanismo del parto.

capítulo  
**10**



**Diagnóstico  
de gestación**

## **Diagnóstico de gestación**

El diagnóstico de gestación es una práctica imprescindible en los programas de manejo reproductivo en el ganado lechero. Una vez que la vaca ha sido inseminada es necesario saber, lo más rápido posible, si está gestante; en realidad, el diagnóstico de gestación está encaminado a encontrar a las vacas vacías, ya que éstas deben ser programadas nuevamente para ser inseminadas. Existen diferentes opciones para el diagnóstico de gestación:

### **Retorno al estro**

El retorno al estro después de la inseminación, es el primer signo que muestra la vaca cuando no queda gestante. Este signo es de mucha utilidad en el manejo del hato, ya que permite identificar fácilmente a las vacas que no gestaron después del servicio. No significa, sin embargo, que las vacas que no regresan al estro, están gestantes. En las condiciones de los hatos lecheros, en los cuales se detecta 50% de las vacas elegibles para presentar estro, el no retorno al estro posinseminación sólo debe ser considerado como un signo sugerente de gestación. Estas vacas deben ser sujetas a métodos objetivos de diagnóstico de gestación.

### **Determinación de las concentraciones de progesterona**

La medición de las concentraciones de progesterona en los días 20 a 24 posinseminación permite saber con mayor objetividad el retorno al estro. Así, concentraciones basales indican que ha ocurrido la regresión lútea, lo que permite asumir con 100% de precisión que la vaca esta vacía. En contraste, concentraciones altas (>1 ng/ml), permiten concluir con una precisión de 75 a 85%, que la vaca está gestante.

Los falsos positivos se deben a diferencias en la longitud del ciclo estral entre vacas, a quistes luteinizados, piómetra y a la inseminación de vacas durante el diestro.

## Palpación del útero por vía rectal

Esta técnica es la más práctica y puede ser realizada con alta precisión por médicos veterinarios entrenados. Éste procedimiento se puede realizar con seguridad a partir de los día 35 posinseminación. En ésta etapa de gestación se debe identificar la vesícula amniótica o el deslizamiento de las membranas corioalantoideas. Cualquiera de estos dos signos son positivos de gestación.

Conforme la gestación avanza, se deben encontrar otros signos positivos; así después del día 65 posinseminación es posible palpar al feto y posterior al día 75 ya se pueden palpar los placentomas. Estos dos signos también son considerador positivos de gestación (Figura 8.1).

La confirmación de la gestación al momento del secado es importante, ya que permite identificar vaca que pudieron haber perdido la gestación (aborto o momificación fetal). En estos casos, estas vacas pueden seguirse ordeñando mientras se intenta gestarlas nuevamente. Si las vacas siguen abiertas y ya están secas, se puede inducir la lactancia artificial.

## Ecografía

La ecografía de tiempo real es una técnica inocua, la cual ofrece excelentes ventajas para el diagnóstico precoz de gestación. Con el equipo de ecografía es posible diagnosticar una gestación a partir del día 20 posinseminación; sin embargo, es más práctico y tiene menos falsos negativos cuando se hace en el día 30 posinseminación.

El ecógrafo debe estar equipado con un transductor lineal de 5 o 7.5 MHz, el cual se protege con un guante y se introduce por vía rectal. En el día 30 se puede observar sin dificultad la vesícula amniótica y el latido cardiaco. Un aspecto que se debe considerar es que con el diagnóstico precoz de gestación se estará encontrando un número mayor de vacas gestantes, algunas de las cuales perderán irremediamente la gestación y regresarán a estro. Esta condición es frecuente y se puede decir que es hasta normal; sin embargo, el ganadero debe estar informado que con esta técnica aumentará el diagnóstico de pérdidas embrionarias, las cuales no eran observadas cuando el diagnóstico se hacía en el día 40 o 45, mediante palpación rectal.

La ventaja del diagnóstico de gestación en el día 30 posinseminación, radica en que se identifican a las vacas vacías cuando muchas de ellas están en el diestro temprano (días 6-8 del ciclo). Esto, permite sincronizarlas con técnicas convencionales, como la inyección de  $\text{PGF}_{2\alpha}$ , o se puede sincronizar la ovulación e inseminar a tiempo fijo (Figura 8.2).

**Figura 8.1**

**Diagnóstico de gestación en la vaca. Se presenta el tamaño comparativo del feto durante la gestación.**

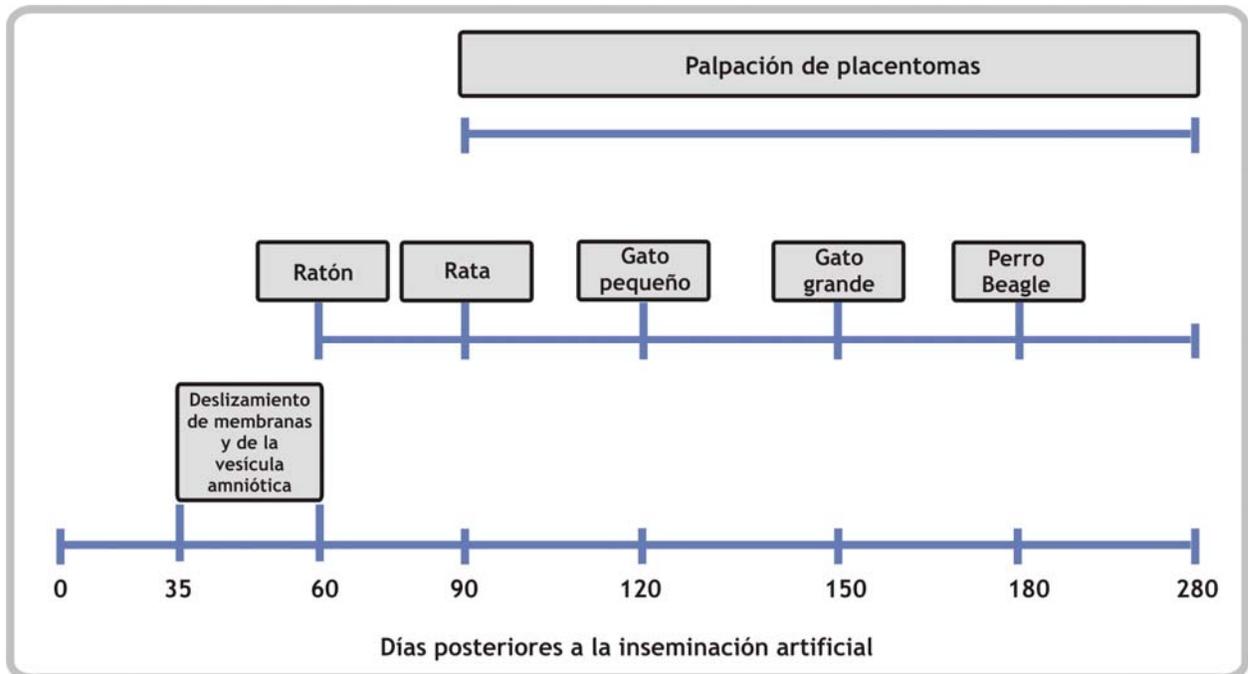
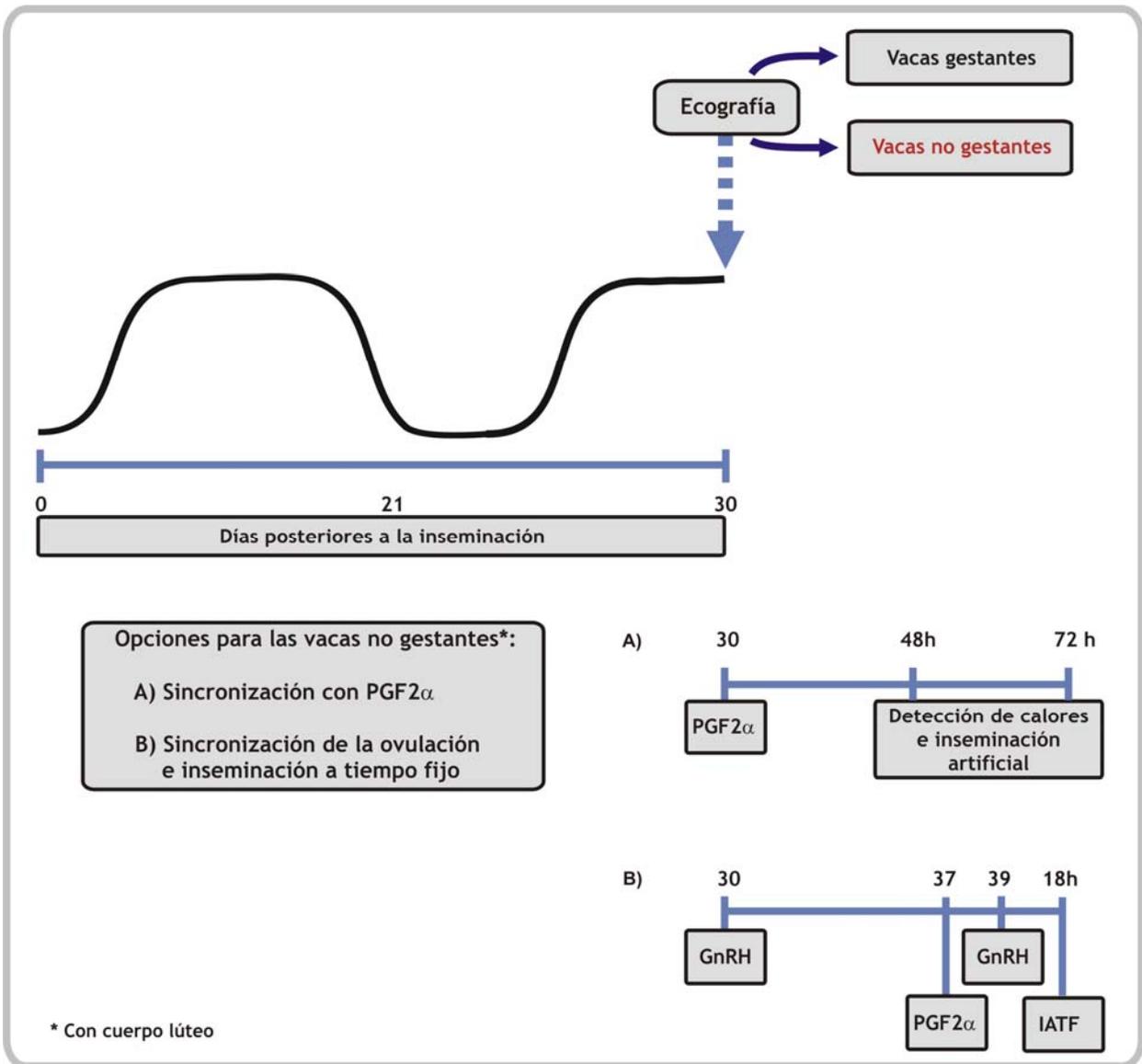


Figura 8.2

Diagnóstico de gestación a través de ecografía en el día 30 posinseminación. Se presenta un ejemplo de una vaca no gestante y el manejo correspondiente.



## **Pérdida de la gestación**

### **Muerte embrionaria temprana**

- ❖ Antes de los días 16-19 post-servicio.
- ❖ Ocurre en 40-60% de los ovocitos fertilizados.
- ❖ Comprende 70-80% del total de pérdidas de las gestaciones.

### **Muerte embrionaria tardía**

- ❖ >16-19 días y antes de la organogénesis completa (~ día 42).
- ❖ Comprende 5-15% del total de pérdidas de gestaciones.

### **Muerte fetal**

- ❖ Después del día 42.
- ❖ Comprende 5-15% del total de pérdidas de gestaciones.

## Manejo clínico de los abortos en el ganado lechero

El aborto se define como la pérdida de la gestación en cualquier momento a partir del diagnóstico de gestación. Otra definición considera como un aborto a la expulsión uterina del producto antes de terminar el tiempo normal de gestación.

Cuando el embrión muere en los primeros 18 días de gestación, se considera como muerte embrionaria temprana; en estos casos sólo se observa que la vaca presenta estro de 21 a 24 días después de la inseminación. Si el embrión muere entre los días 24 a 42 (antes que se complete la organogénesis), se considera como muerte embrionaria tardía; en estas vacas ocurre la reabsorción embrionaria intrauterina y sólo se observa un retraso del retorno al estro. Si la muerte del embrión ocurre después del día 45 se habla de muerte fetal (Figura 8.3 y Figura 8.4). Cuando los fetos mueren en los primeros 4 meses es frecuente que pasen desapercibidos, ya que son muy pequeños y se pierden en las instalaciones (Figura 8.5 y 8.6).

Se considera que 70% de los abortos están relacionados con causas infecciosas; sin embargo, solamente 50 del total, puede estar asociados con algún agente infeccioso específico (Cuadro 8.1, Figura 8.7).

Cabe señalar que diversas enfermedades de la vaca pueden desencadenar en aborto, aún cuando no se trata de enfermedades que afectan al aparato reproductor. Así, puede ocurrir la pérdida de la gestación por el aumento de la temperatura corporal, lo cual provoca hipoxia, acidosis y muerte fetal. En las infecciones provocadas por bacterias gramnegativas (mastitis o enteritis, Figura 8.8), puede ocurrir la secreción de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  ocasionada por la absorción de endotoxinas (Figura 8.9), lo cual ocasiona regresión del cuerpo lúteo y aborto; mediante un mecanismo similar, la acidosis subclínica también puede ocasionar aborto.

Dentro de la etiología de los abortos también se deben considerar a las sustancias tóxicas como los nitritos, arsénico y micotoxinas.

## Agentes infectantes involucrados en abortos en vacas:

### Bacterias:

- ❖ *Brucella abortus*
- ❖ *Campylobacter foetus*
- ❖ *Lysteria monocytogenes*
- ❖ *Ureaplasma diversum*
- ❖ *Leptospira interrogans*

### Virus:

- ❖ Rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR)
- ❖ Diarrea viral bovina (DVB)
- ❖ Fiebre catarral maligna
- ❖ Parainfluenza 3
- ❖ Sincitial respiratorio bovino

### Protozoarios:

- ❖ *Trichomona foetus*
- ❖ *Neospora caninum*

## Diagnóstico

Debido a las dificultades para establecer el diagnóstico, sólo en la mitad de los casos se llega al diagnóstico definitivo. Dentro de las principales limitantes destacan, la contaminación de las muestras y las vacunaciones previas que tiene el ganado.

Para establecer el diagnóstico, se debe considerar si se trata de un caso aislado o si el número de casos rebasa a la incidencia normal. El diagnóstico de laboratorio se basa en el aislamiento del agente causal o en pruebas serológicas para la identificación de anticuerpos contra los agentes infectantes. Se debe examinar el feto y la placenta, para determinar la edad y si muestra signos de haber muerto antes de la expulsión o si murió recientemente. En la placenta, se debe revisar si esta fresca, descompuesta, retenida o hemorrágica. También es de utilidad estimar el tamaño, peso y tamaño de los cotiledones. Cabe señalar que el hecho que una vaca resulte serológicamente positiva a algún agente, no indica que el aborto haya sido ocasionado por el.

Las muestras que se deben enviar para el diagnóstico son:

De la vaca:

Suero

Moco vaginal o cervical

Placenta

Cotiledones

Líquido amniótico

Del feto:

Líquido abomasal

Pulmones

Hígado

## Prevención:

La prevención de los abortos se debe apoyar en programas de vacunación y en medidas de bioseguridad. Es importante señalar que los programas de prevención logran disminuir significativamente la incidencia; sin embargo, debido a las condiciones intensivas de producción, no es posible eliminar totalmente los abortos.

Actualmente, se han diseñado tratamientos hormonales para inducir la lactancia de forma artificial (Figura 8.10) en vacas con problemas para mantener la gestación, con la finalidad que durante el periodo de lactación, algunas de éstas queden gestantes.

**Cuadro 8.1**

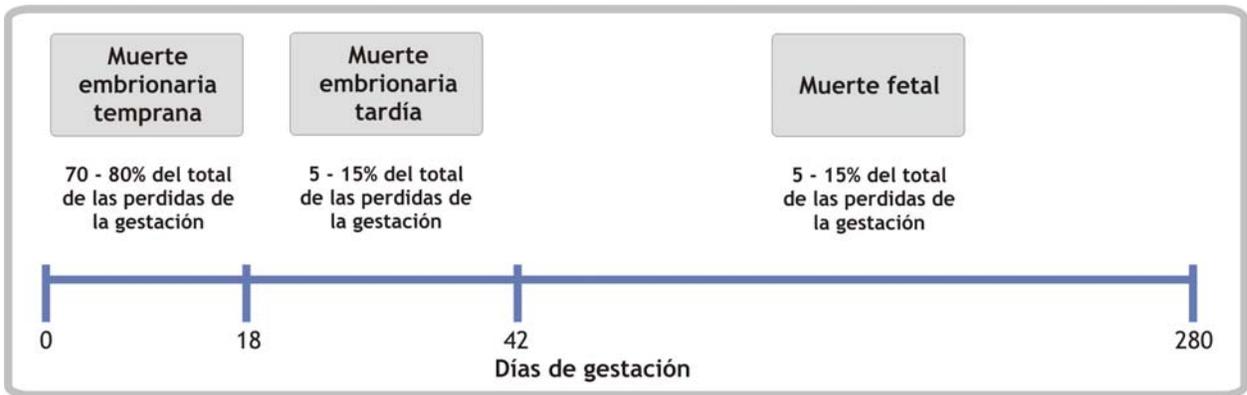
**Descripción de las principales enfermedades causantes de aborto en los bovinos**

Enfermedad	Signos clínicos	Edad al aborto o pérdida fetal	Lesiones en placenta o feto	Pruebas diagnósticas	Muestras
IBR	Tormenta de abortos. No hay signos en las vacas	Cualquier edad	Feto autorizado Ninguna lesión Edema en placenta	Aislamiento Viral de anticuerpos. Inmunohistoquímica Histopatología Serología a la madre	Feto Pulmón Riñón Sangre
VDVB	Ninguno Aborto Nacidos débiles	Primeros 2 tercios de gestación Persistentemente infectados	Fallo cardíaco congestivo Momias Deformidades Ninguna lesión	Aislamiento Viral de anticuerpos Inmunohistoquímica Histopatología Patología Serología a la madre	Feto Pulmón Riñón Bazo Sangre
Leptospirosis	Infertilidad Abortos Tormentas de abortos Agalactia Mastitis	Cualquier edad	Feto autolizado sin lesiones evidentes	Anticuerpos fluorescentes Serología a la madre	Riñón Sangre
Brucelosis	Tormentas de abortos Retención de membranas fetales	3° trimestre de gestación	Cotiledonitis Placenta manchada con exudado superficial Fetos frescos	Aislamiento bacteriano Serología Histopatología	Feto Sangre
Neosporosis	Tormenta de abortos No hay signos en las vacas	2 tercio de gestación	Fetos autolizados sin lesiones evidentes	Inmunohistoquímica Histopatología Serología a la madre	Feto Pulmón Riñón Corazón Bazo Sangre

Fuente: Vet Clin North Am Food Anim Pract. 1993 Jul;9(2):343-68.

**Figura 8.3**

**Pérdidas de gestaciones en la vaca de acuerdo al tiempo posinseminación.**



**Figura 8.4**

**Vesícula amniótica de una gestación de aproximadamente 40 días. Después del diagnóstico de gestación, de 5 a 10 % de los embriones mueren y sólo se observa el retorno al estro.**



**Figura 8.5**

**Feto abortado de aproximadamente 4 meses. Para establecer un diagnóstico definitivo, se debe enviar al laboratorio el feto completo.**



Figura 8.6

Feto abortado de aproximadamente 5 meses de edad.



Figura 8.7

Causas de aborto en el ganado bovino.

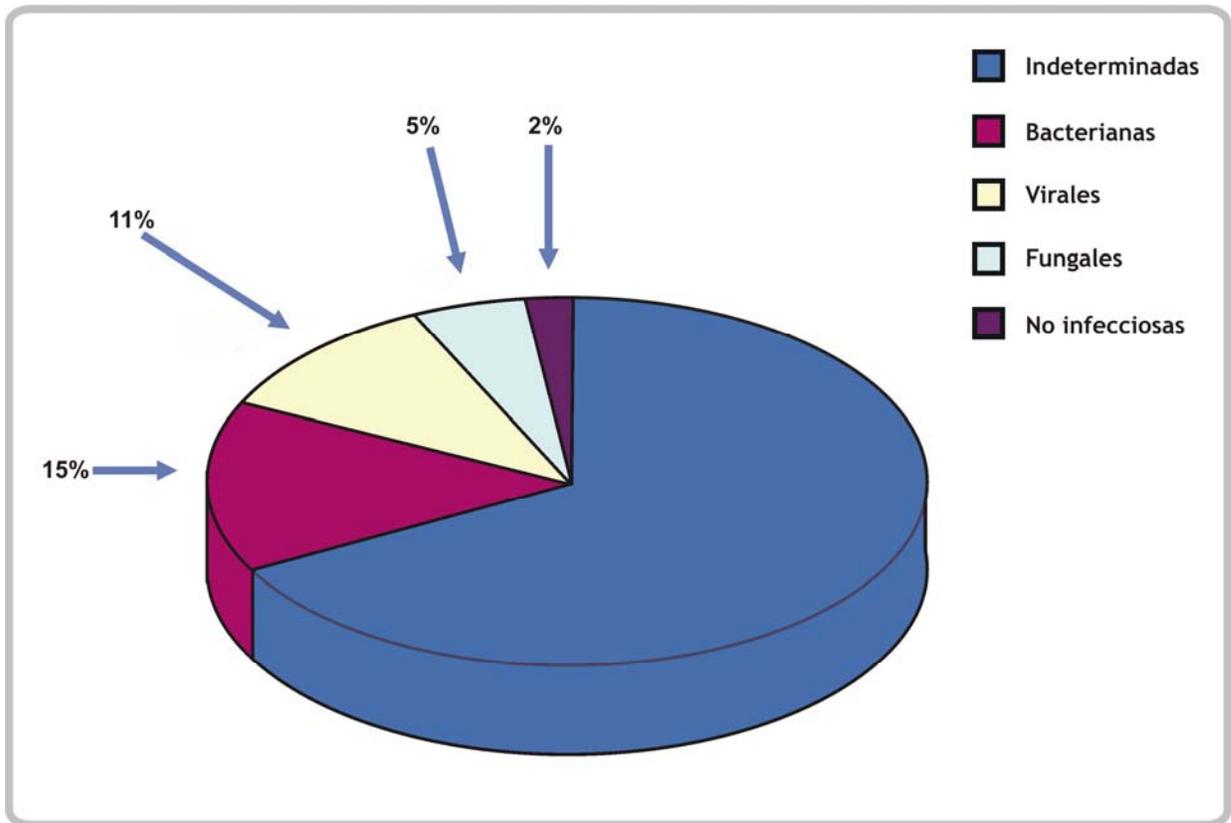


Figura 8.8

Patogenia de los abortos en los cuales el agente infectante afecta directamente a la placenta o al feto.

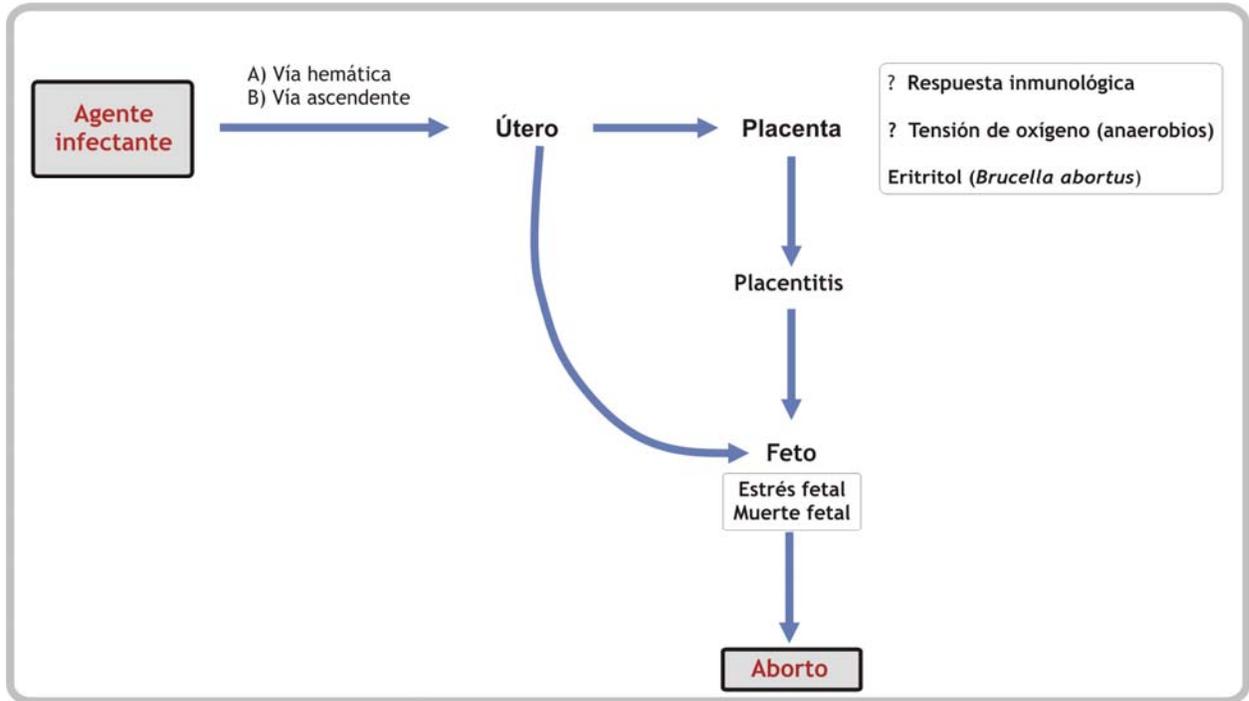


Figura 8.9

Posible mecanismo del aborto ocasionado por endotoxinas.

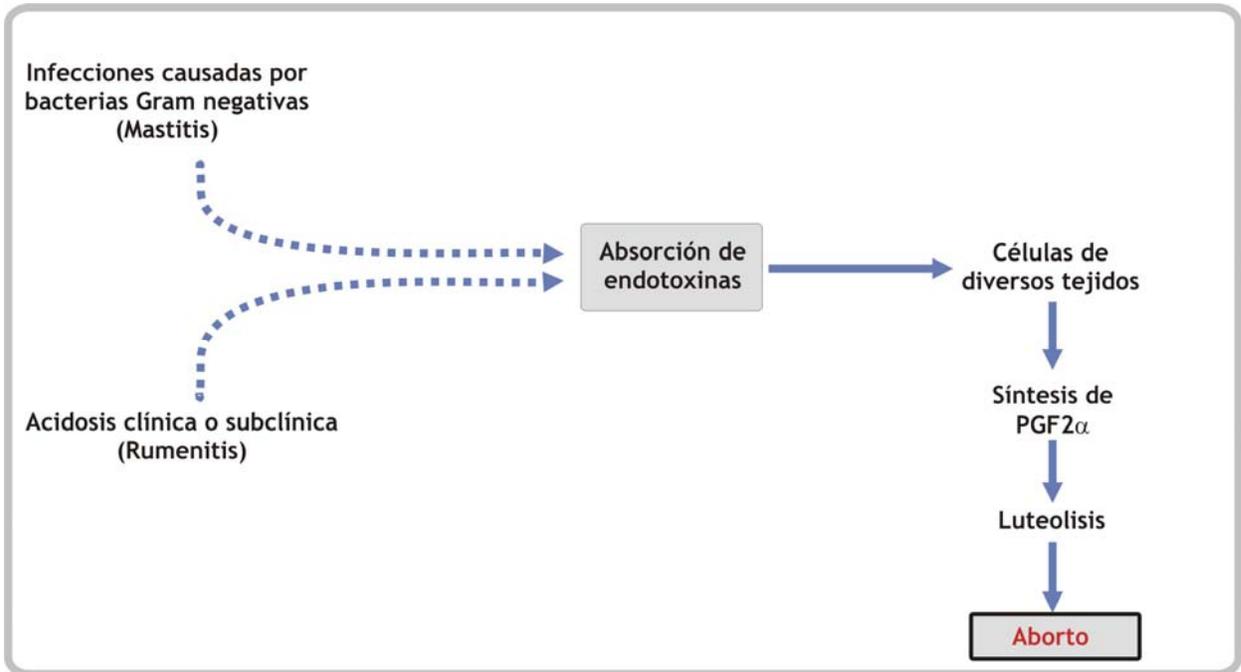
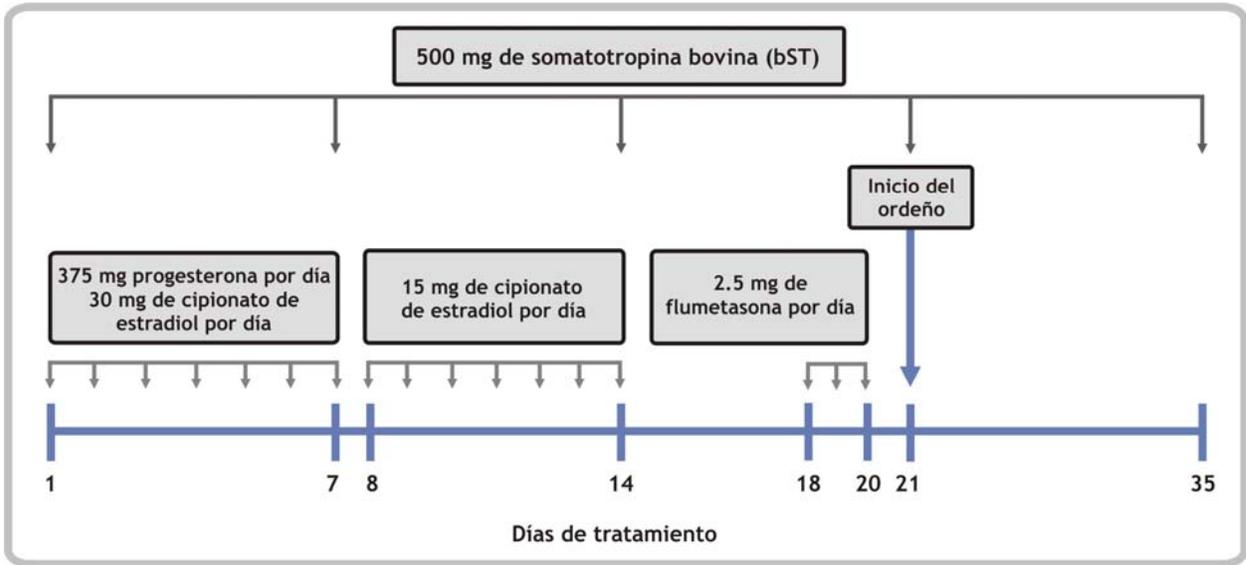


Figura 8.10

Tratamiento hormonal para la inducción artificial de la lactación. Recomendado para vacas con problemas reproductivos.



## Maceración fetal

La maceración fetal es una patología poco frecuente de la gestación en la vaca. Esta patología se caracteriza por la muerte fetal durante la segunda mitad de la gestación, seguida de contaminación ascendente por bacterias piógenas y retención del feto.

Las vacas con un feto macerado pueden presentar escurrimiento de exudado purulento por vía vaginal. A la palpación rectal se siente un abultamiento del cuerno uterino y crepitación, la cual es provocada por el choque de los huesos (Figura 8.11 y 8.12).

El pronóstico de estas vacas es reservado, ya que, aun si se llegara a eliminar el feto, los daños provocados al endometrio son severos. No se aconseja tratar a estas vacas, sin embargo, algunos ganaderos insisten en ello. Si esto ocurre, el tratamiento indicado consiste en la administración de una dosis luteolítica de PGF<sub>2α</sub>. En algunos casos se llega a eliminar la totalidad del feto, aunque lo más frecuente es que la vaca retenga partes óseas del mismo. Cabe señalar que las vacas pueden conservar al feto o parte de él, sin tener un cuerpo lúteo funcional (Figura 8.13).

**Figura 8.11 y 8.12**

**Útero de una vaca que contiene un feto macerado; se observa un abultamiento del cuerno uterino.**

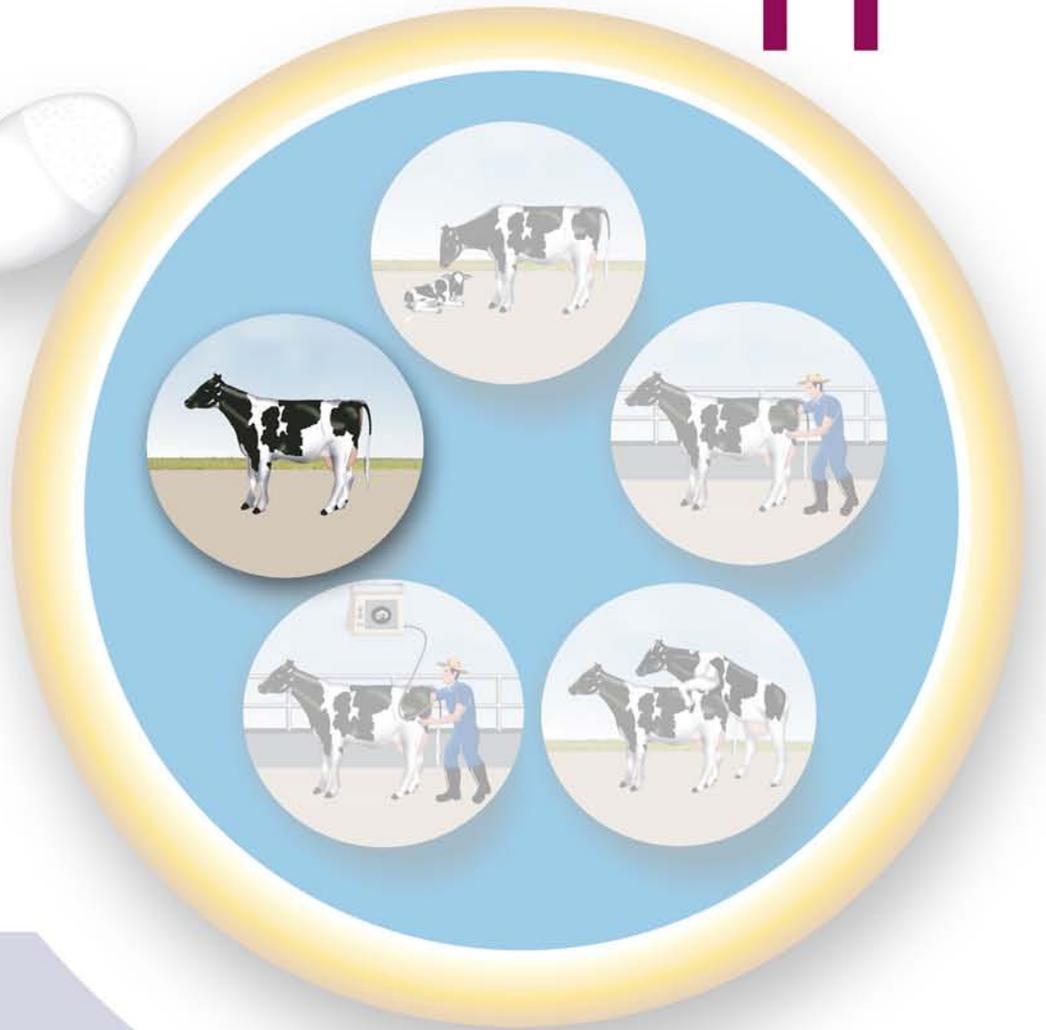
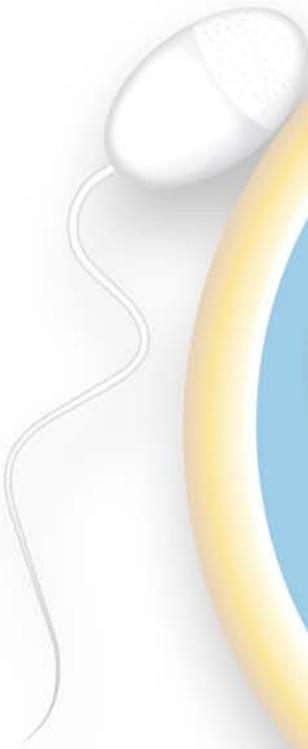


**Figura 8.13**

**Restos óseos del feto macerado; esta patología se caracteriza por contaminación ascendente del feto muerto, liquefacción del feto y presencia de exudado purulento.**



capítulo  
**11**



**Manejo**  
**de la vaca seca**

## Manejo de la vaca seca

En los esquemas de manejo del pasado, a la vaca seca se le proporcionaba la comida de peor calidad y permanecían en el olvido hasta que ocurría el parto. Sin embargo, los resultados de investigaciones demuestran que el periodo seco es determinante para que la vaca alcance un nivel óptimo de producción y para que tenga un buen desempeño reproductivo posparto. Por otra parte, el manejo correcto durante el periodo seco disminuye la incidencia de enfermedades metabólicas durante el puerperio.

El periodo seco tiene como propósito ofrecerle un descanso a la vaca antes del parto, durante el cual el tejido mamario se regenera, el feto logra su máximo crecimiento y la vaca alcanza una condición corporal apropiada para enfrentar una nueva lactación.

La duración recomendada del periodo seco es de 6 a 8 semanas (60 días). La involución del tejido de la glándula mamaria toma de 2 a 3 semanas y es necesario un periodo similar para el reinicio de la síntesis de leche antes del parto. Así, un periodo seco de 60 días es suficiente, no obstante, actualmente se cuestiona la duración de este periodo y se han propuesto tiempos más cortos. Probablemente en los próximos años se disponga de mayor información que respalde un acortamiento del periodo seco.

En términos de producción, la meta del manejo durante el periodo seco consiste en lograr que la vaca alcance el pico de lactación entre 5 a 6 semanas después del parto y con una producción máxima de leche. Se ha estimado que por cada Kg. de leche que se incrementa en el pico de lactación, se logra un incremento de 120 Kg. en toda la lactación. Para alcanzar este objetivo, es necesario que la vaca tenga un consumo de materia seca (MS) apropiado después del parto; sin embargo, tres semanas antes del parto la vaca disminuye su consumo hasta 30%, por lo cual es necesario establecer un manejo eficaz para promover un consumo alto de MS durante la parte final del periodo seco y durante las primeras tres semanas posparto (periodo de transición: 3 semanas antes y 3 después del parto).

La falta de capacidad para consumir los requerimientos de MS después del parto, obliga a la vaca a movilizar sus reservas grasas. Prácticamente todas las vacas después del parto movilizan sus reservas de grasa y pierden condición corporal. La movilización de

grasa corporal provoca degeneración grasa del hígado y ésta es responsable de alteraciones metabólicas y de un retraso en el inicio de la actividad ovárica posparto. El grado de degeneración grasa está relacionado con la magnitud de la movilización de grasa corporal, la cual depende directamente de la capacidad de consumo de materia seca. Así, las vacas con un consumo alto de MS en el periodo posparto, movilizan menos grasa y, por lo tanto, el daño hepático es menor.

El periodo seco se divide en dos partes, la primera comprende desde el secado hasta dos semanas previas al parto; la segunda parte incluye las dos últimas semanas de gestación y se le conoce como periodo de reto.

El periodo de reto es clave en el manejo de vaca durante el periparto. Durante este periodo, se debe ofrecer una dieta similar en ingredientes a la dieta que tendrán después del parto. Para facilitar este manejo las vacas de éste grupo deben estar separadas del resto de las vacas secas.

Durante el periodo seco se debe poner atención especial para que las vacas no alcancen calificaciones de condición corporal de 4 o más, ya que el exceso de grasa ocasiona problemas metabólicos durante el puerperio, los cuales afectan negativamente la involución uterina, el inicio de la actividad ovárica posparto y la fertilidad.