



10

capítulo

# Reproducción bovina



# Reproducción bovina

El proceso reproductivo constituye la esencia de la renovación biológica en todas las especies.

Una alta eficiencia reproductiva es requisito indispensable para el éxito económico, tanto de la ganadería lechera como de la de carne.

La baja eficiencia reproductora se traduce en mermas directas en la producción láctea y cosecha de becerrada, e indirectamente en la producción anual de carne (menos becerros destetados).

El proceso reproductivo está regulado por el sistema endocrino e influenciado fuertemente por las condiciones ambientales en que se desenvuelven los animales.

## Eventos reproductivos

A lo largo de la vida de una hembra, se debe registrar la eficiencia de sus parámetros reproductivos, esto para decidir usarlas como reemplazo en el hato o ponerlas en venta; también se toman en cuenta el número de lactaciones y su producción de leche. Estas consideraciones toman mayor importancia cuando la producción es más intensiva y los gastos de manejo y alimentación se vuelven más demandantes.

Para que las hembras sean rentables dentro de una explotación, deben:

- Tener rápido crecimiento desde el nacimiento hasta la pubertad.
- Alcanzar la pubertad a edad temprana.
- Tener buenos parámetros de fertilidad.
- Producir crías viables.
- Producir leche suficiente para su cría y para la venta.

- Retornar temprano al estro durante el posparto para gestar nuevamente.
- Continuar produciendo crías y leche a intervalos regulares en su vida reproductiva.

La habilidad de los animales para alcanzar estas características depende de muchos factores que se citan a continuación.

## Pubertad

La hembra rumiante alcanza la pubertad cuando se presenta el primer comportamiento de estro acompañado por la ovulación y maduración del cuerpo lúteo en el ovario. Esto se encuentra determinado por diversos factores, tales como: genotipo, tamaño y peso del animal (factores endógenos), estación del año al nacimiento, época de lluvias, nutrición, temperatura ambiental, fotoperiodo, método de crianza y enfermedades (factores exógenos).

Generalmente, las novillas bovinas y de búfalo, alcanzan la pubertad cuando alcanzan de 55 a 60% de su peso adulto. Sin embargo, la edad en que pueden alcanzar la pubertad es muy variable; desde 12 a 40 meses en el bovino, y 18 a 46 en el búfalo. Crecimiento y peso son los determinantes de mayor importancia sobre la edad para alcanzar la pubertad.

Bajo condiciones óptimas, los animales tipo europeo y sus cruzas alcanzan más rápido la pubertad que el ganado cebuino, mientras que el búfalo de río y sus cruzas son más rápidas que las de búfalo de pantano. Sin embargo, el ganado cebuino generalmente tiene una vida reproductiva más larga que el ganado europeo, es decir, compensa su retraso de la pubertad con una alta longevidad.

En resumen, los principales factores que influyen en la edad en que se alcanza la pubertad son genotipo, nutrición, manejo, temperatura ambiental, época y año de nacimiento, parásitos y enfermedades.

### Ciclos estrales y apareamiento

Los ciclos estrales regulares de las vacas adultas tienen una duración promedio de 21 días y presentan 4 etapas: proestro, estro, metaestro y diestro.

Durante el **proestro**, la hembra se encuentra bajo la influencia de dos hormonas hipofisarias: la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH). En esta etapa sigue creciendo y madura un folículo (a veces 2) de un grupo de folículos en crecimiento, que secretará estrógenos. Los estrógenos actúan sobre el cerebro de la vaca y provocan los cambios de comportamiento característicos del estro o calor. Simultáneamente actúan sobre el tracto reproductivo causando cambios como inflamación de la vulva, hiperemia de la vagina, salida de moco cervical e incremento del tono uterino.

Las altas concentraciones de estrógeno causan un incremento de LH que dará origen a la ovulación al final del estro o calor. Después de la ovulación lo que queda del folículo se transforma en el **cuerpo lúteo** (CL) que secretará progesterona y prepara al tracto reproductivo para la gestación.

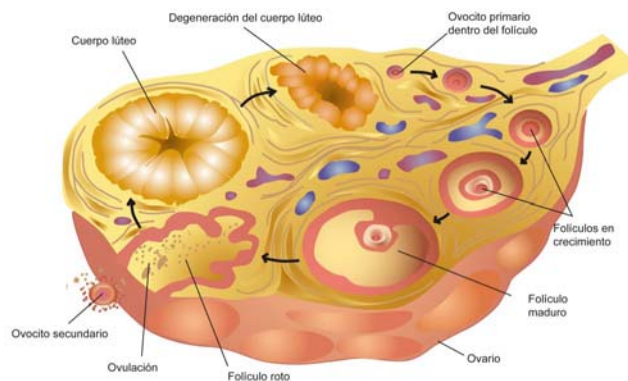
Se pueden observar algunas descargas de sangre en 60% de las vacas. Esto no quiere decir que la concepción haya ocurrido en el proceso de la ovulación.

#### Duración media y rango en el paréntesis de las etapas del ciclo estral de la vaca

<b>Ciclo estral</b> (días)	<b>21</b> (17-25) días
<b>Estro</b>	<b>18</b> (6-30) horas
<b>Inicio del estro a ovulación</b>	<b>30</b> (20-44) horas
<b>Pico de LH</b>	<b>25</b> horas
<b>Fin del estro a ovulación</b>	<b>2</b> (10-15) horas

Fuente: Peters A.R, Ball P.J.H. : Reproducción del ganado vacuno. 1991. 1ª ed.Acribia

Si la fecundación es exitosa, el CL continúa secretando progesterona durante la mayor parte de



Desarrollo de un folículo ovárico.

la gestación. Esto previene futura actividad estral y ovulaciones, pero ocasionalmente pueden ser observados algunos signos de calor en un pequeño porcentaje de animales. Si no se logra la fecundación, o el embrión muere antes del día 14 o 15 del ciclo, el CL es destruido por la acción de la prostaglandina F2α (PGF2α) y la oxitocina, que son secretadas por el útero y el ovario, respectivamente. Esto da lugar a un nuevo ciclo estral y permite a la hembra futuras oportunidades de quedar gestante.

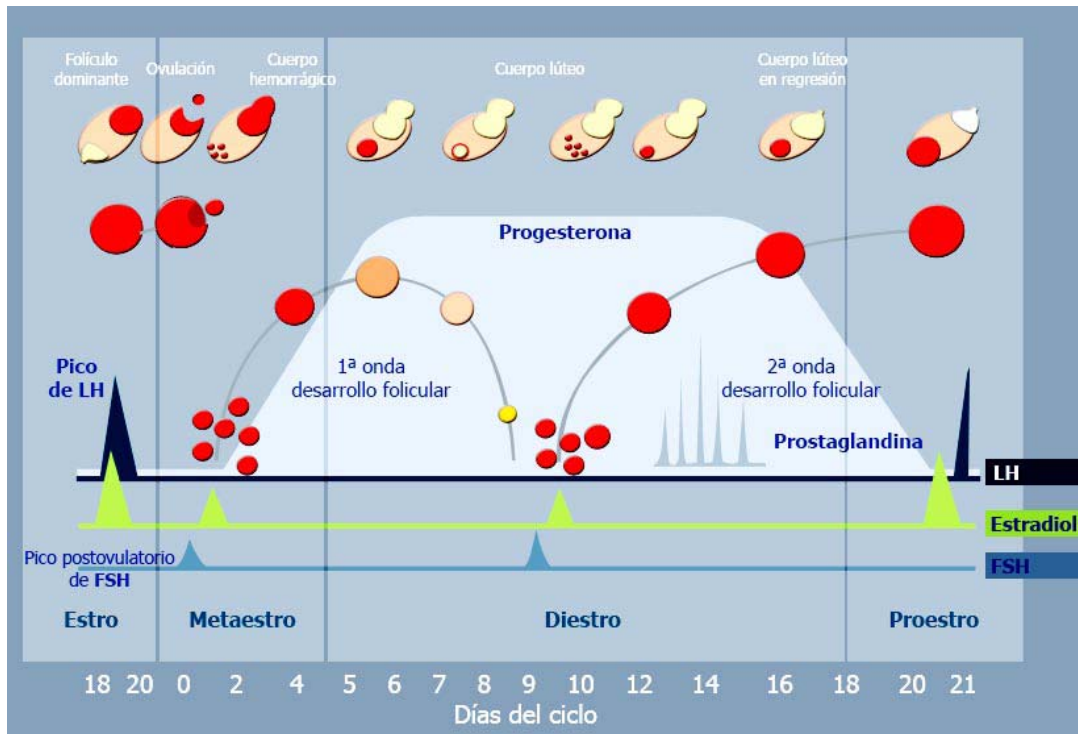
Generalmente, los signos externos de calor son más evidentes en el ganado europeo que en el cebuino y se muestran menos evidentes en el búfalo. Aunque existen variaciones entre razas; los signos se puede clasificar como muy poco a muy marcados. Los signos de estro son:

- Enrojecimiento e hinchazón de la vulva.
- Secreción de moco vulvar.
- Relajamiento de los ligamentos pélvicos.
- Bramidos frecuentes.
- Disminución del apetito y de la producción láctea.
- Indiferencia a otros animales.
- Quietud cuando son montadas por el toro u otra vaca.

En condiciones naturales, los machos muestran interés e intentan montar a las hembras que están en calor. Del mismo modo, las hembras interactúan montándose entre ellas durante el calor. En algunos casos hay salida de chorros de orina.

La duración del calor es más corta en razas bo-





Adaptado. Fuente: Dr. Joel Hernández Cerón y MVZ Victor Manuel Martínez Torres.

vinas de trópico (10 horas en promedio) que las razas de clima templado (15 horas en promedio). También la expresión de los signos de estro está influenciada por factores ambientales como temperatura; humedad; factores sociales (como dominancia); y presencia de enfermedades o dolor en miembros o pezuñas.

Es importante lograr una buena detección del calor en la fertilidad de los bovinos. El método más fácil y económico es la observación. Para llevar a cabo este proceso, es importante que el observador este familiarizado con lo que debe identificar.

Algunas herramientas que ayudan a la detección de calores son las siguientes: Detectores de monta y marcadores de la cola; detectores de movimiento; medidores de la resistencia vaginal (que se ve disminuida en el estro); examen del moco vaginal; monitoreo de la temperatura corporal (o de la leche); y muestreo de concentración de progesterona.

El uso de animales marcadores es aplicable en hatos muy grandes con sistemas de pastoreo. Entre estos se incluyen animales vasectomizados; con desviación del pene; y hembras androgenizadas. A es-

tos se les pone marcadores para identificar a las vacas que montaron.

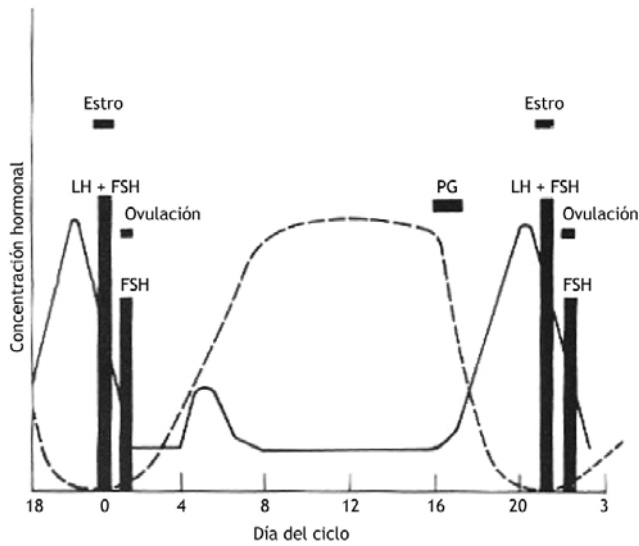
En la vaca y en la búfala, la salida del ovocito del ovario (ovulación) ocurre después de terminado el periodo de calor; alrededor de 12 horas en las vacas y 14 horas en la búfala. El momento óptimo para la cópula es la última parte del calor o inmediatamente después de terminado; esto por que los espermatozoides necesitan pasar, al menos 6 horas en tracto reproductivo de la hembra para fertilizar al ovocito (periodo de capacitación). El espermatozoides puede sobrevivir por 24 horas en el tracto genital de la vaca, y el ovocito 12 horas después de la ovulación.

### Detalles del ciclo estral

El calor o estro se manifiesta cuando una vaca se deja montar, ya sea por una compañera o por un toro. Este periodo puede durar de 4 a 27 horas, con promedio de 18. El periodo promedio entre calores es de 20 a 21 días.

La ovulación involucra la liberación de óvulos desde un folículo maduro. La ovulación ocurre entre 24 a 30 horas después de la aparición del estro, o calor, o de 10 a 12 horas después de que termina

## Reproducción del ganado vacuno



Cambios de las concentraciones hormonales durante el ciclo estral de los bóvidos (esquemáticamente): ————estradiol - - - - -progesterona

el calor. Al final del calor y después de que se libera el óvulo del folículo, se desarrolla el cuerpo lúteo en dicho espacio (cuerpo hemorrágico).

El CL maduro controla el ciclo estral de 15 a 18 días por acción de la progesterona. Si la fertilización ocurre y la vaca queda gestante, el CL permanece para mantener la gestación.

Si la fertilización falla, el CL involuciona alrededor de 16 días después del último calor, permitiendo que otro folículo madure y libere un óvulo nuevo.

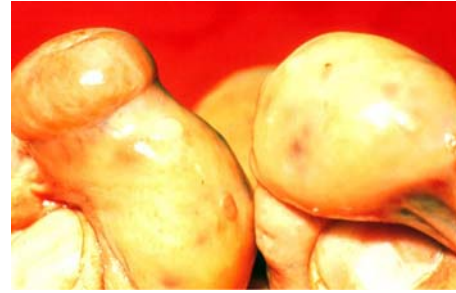
### Desarrollo del folículo

El óvulo se desarrolla dentro de una cavidad llena de líquido denominada folículo y bajo influencia de la hormona folículo estimulante (FSH) que produce la hipófisis.

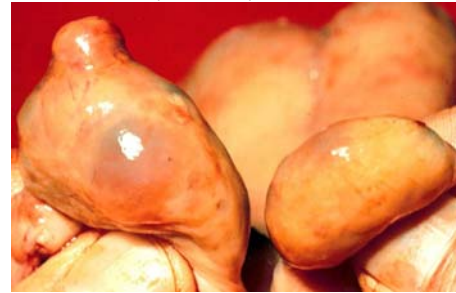
Cuando nace una becerra, cada uno de sus ovarios contiene entre 50,000 y 200,000 ovocitos o potenciales folículos. Cuando esta llega a los 2 años de edad, la mayoría de estos ha muerto, y sólo permanecen unos 5,000 ovocitos en cada ovario. De estos restantes 10,000, en cada ovulación sólo 5 o 10 resultarán en nuevas crías, si se fertilizan.

De los miles de óvulos que existen en el ovario, sólo uno será liberado en cada estro.

### Estructuras ováricas



Cuerpo lúteo izquierdo CL3.



Regresión del CL y folículos en desarrollo.



Folículo izquierdo maduro.



Cuerpo lúteo con cavidad.



Quiste folicular izquierdo.

Los folículos crecen en oleadas y en un ciclo de 21 días se dan aproximadamente 3 ondas u oleadas foliculares, donde, de 20 a 50 folículos crecen en cada onda y sólo uno se torna en dominante por su mayor crecimiento: es el que será liberado y los restantes involucionarán. El líquido folicular contiene la hormona estrogénica, responsable de la aparición del calor o estro.

### Ovulación

Esta es fomentada por una hormona de origen hipofisiario: la hormona luteinizante (LH).

Una vez que el óvulo es liberado, cae en la trompa de Falopio y posteriormente en el extremo superior del cuerpo uterino correspondiente, donde, de no ser fertilizado en las siguientes 10 horas, morirá.

### Gestación y parto

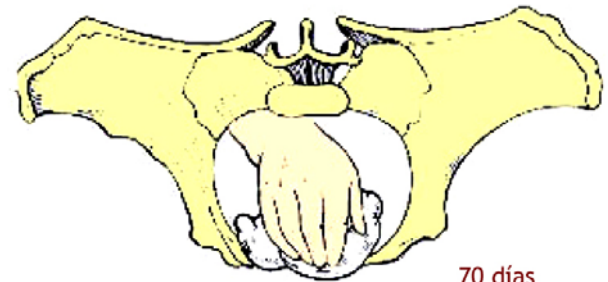
La fertilización del ovocito ocurre en el oviducto (trompas uterinas), y el embrión resultante entra en el útero después de 4 días. El embrión rápidamente lleva a cabo su división celular y crecimiento. La implantación se lleva a cabo en el útero en un periodo de 25 a 35 días después de la fecundación. El embrión es llamado feto después de los 45 días de la fertilización.

El promedio de duración de la gestación es de 285 días, en el ganado cebuino, y de 280 días en el ganado europeo (270-290).

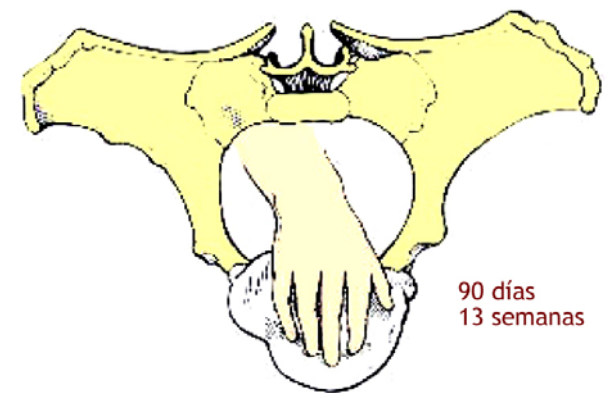
El método más común para diagnosticar la gestación es la palpación del tracto genital a través del recto, la cual se debe llevar a cabo, en promedio, 50 días después de la monta. Otros métodos más modernos incluyen la medición de niveles hormonales en sangre o leche y el uso del ultrasonido.

Al final de la gestación, la hembra comienza la labor de parto. La cual considera tres etapas: dilatación del canal de parto (2-6 hrs.); expulsión del producto (30-40 min.); y expulsión de las membranas fetales (2-6 hrs.). En condiciones normales, el proceso completo de parto debe ser completado entre 8 a 12 horas, en la vaca, y 6-8 horas en la búfala.

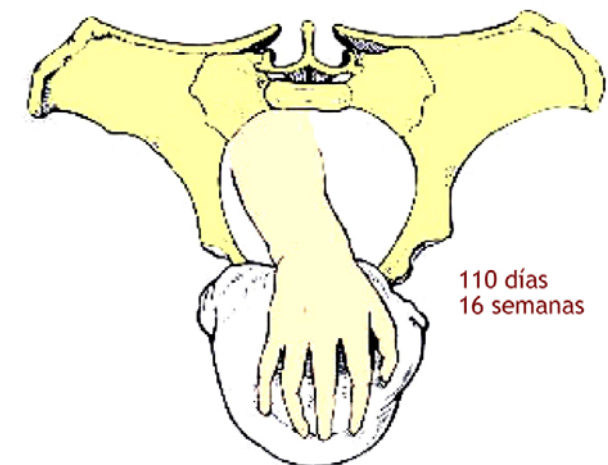
### Detección de la gestación por palpación rectal



70 días  
10 semanas



90 días  
13 semanas

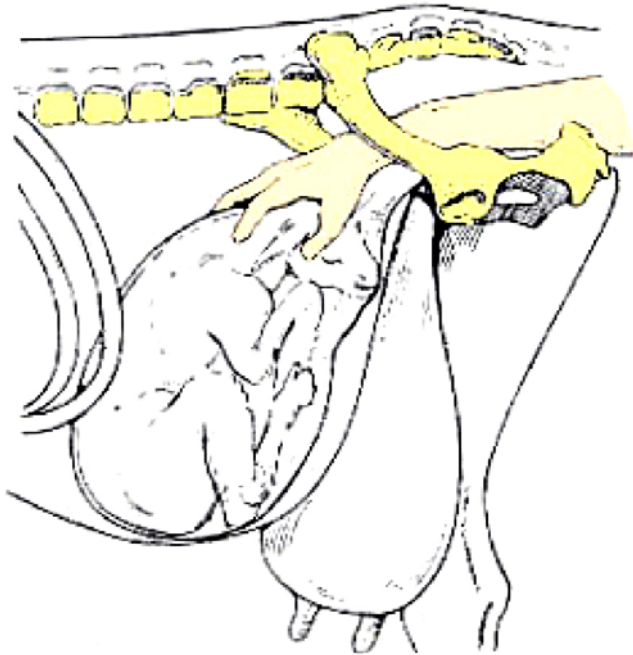


110 días  
16 semanas

Adaptado de: Arthur G.H. Noakes D.E. Pearson H.: Reproducción y obstetricia en veterinaria. 1991. 6ª ed. Interamericana McGraw.

### Periodo posparto

Después del parto, el tracto reproductivo de la hembra entra en periodo de recuperación —llamado in-



Gestación cerca del término.

Adaptado de: Arthur G.H. Noakes D.E. Pearson H.: Reproducción y obstetricia en veterinaria. 1991. 6ª ed. Interamericana McGraw.

volución—, durante el cual el útero retorna a su tamaño normal, como cuando no estaba gestante; se completa en 25 a 35 días. Sin embargo, este proceso se puede retrasar si se presentan infecciones a causa del parto. Esto sucede si el parto se lleva a cabo en condiciones antihigiénicas, de distocia, de retención placentaria o de prolapso uterino.

El ciclo estral se inicia durante los primeros días después del periodo posparto y los órganos que controlan el mecanismo hormonal del ciclo estral (que incluyen el hipotálamo en el cerebro, la hipófisis debajo de este, y el ovario en el abdomen) gradualmente recobran sus funciones, por lo que la hembra normalmente muestra signos de calor entre los 30 o 60 días después del parto. Sin embargo, una serie de factores tienen influencia sobre estos órganos y el ciclo estral puede verse retrasado, dando como resultado una baja eficiencia reproductiva.

### Factores que influyen en comienzo de la actividad ovárica posparto de la vaca

Factores endógenos	Factores exógenos
Genotipo	Nutrición
Producción láctea	Lactancia
Edad/parto	Año/estación/lluvias
Condición corporal	Temperatura ambiental
	Factores sociales

### Fertilidad en el macho, monta natural e inseminación artificial

#### Fertilidad en el macho

En el macho, la pubertad es un proceso gradual con un incremento progresivo en la producción de espermatozoides y la capacidad de monta. Los becerros de muchas razas de clima templado mostrarán libido antes del año de edad, pero la fertilidad puede alcanzarse hasta los 14 o 16 meses de edad.

Generalmente, en bovinos, la pubertad se define como el tiempo en que un macho es capaz de dejar gestante a una vaca. Para lograr esto, se requiere la presencia de, al menos, 50 millones de espermatozoides por cada eyaculación, de estos, más de 10% deben mostrar motilidad precoz. Por lo que toca a la hembra, la pubertad está influenciada por el genotipo, la nutrición y muchos otros factores.

El volumen de semen producido por eyaculación varía de 2 a 5 ml en toros jóvenes y de 5 a 15 ml en algunos toros de mayor edad. Una muestra normal debe contener de 1 a 3 billones de espermatozoides por ml ( $10^9$ ), con más de 60% de los espermatozoides activos mostrando una motilidad vigorosa. Están disponibles muchas pruebas especializadas para la evaluación de una muestra de semen, incluyendo la microscopía, pruebas bioquímicas y métodos computarizados.



El proceso de selección para la crianza y el uso de los toros reproductores es muy importante; se debe obtener una fertilidad óptima, de esto dependerá que un toro sea destinado a monta natural o a inseminación artificial. Como quiera que sea el caso, los toros reproductores deben ser superiores, no sólo en su potencial genético, sino también en sus características reproductivas. Deben tener órganos reproductores normales bien desarrollados, producir semen de excelente calidad, mostrar buena libido y tener capacidad para montar y servir eficientemente a las hembras.

### **Monta natural**

Los toros pueden ser usados en dos tipos de monta natural: libres de aparearse, o monta dirigida y controlada.

En el primer sistema, la detección del calor se lleva a cabo por el toro, y las vacas en calor generalmente son montadas varias veces durante cada periodo de calor. Un toro puede cubrir de 40 a 50 vacas por año, siempre y cuando no exista una marcada estacionalidad en la presentación de calores. En explotaciones grandes, algunos toros pueden ser utilizados bajo un sistema de rotación, debido a que es imposible introducir dos o más toros al mismo tiempo dado al comportamiento agresivo de un toro hacia otro.

En el segundo sistema (monta dirigida), la detección de calor y la programación de servicios se llevan a cabo por el ganadero, y cada vaca es servida de una a dos veces en cada periodo de calor. En este caso un toro puede ser usado con tres o cuatro vacas por semana o bien de 150 a 200 vacas por año. Si un toro es usado excediendo las dos semanas de su primera eyaculación, generalmente el eyaculado es de pobre calidad y, por lo tanto, siempre se debe repetir la monta después de algunos minutos.

### **Inseminación artificial**

Una de las tecnologías reproductivas más utilizadas en reproducción animal fue la inseminación ar-

tificial (IA) y continúa siendo la más importante en muchos sistemas de producción de ganado, tanto en regiones templadas como tropicales.

Con la IA, la eyaculación de un toro se puede usar para servir de 400 a 500 vacas y, por lo tanto, puede producir suficiente semen para más de 50,000 vacas por año. Con la tecnología para la conservación de semen, se puede seleccionar un buen porcentaje de los mejores toros para ser usado en vacas que se encuentren muy distantes en espacio y tiempo. Además de lo anterior, los ganaderos no sufren los costos o riesgos de criar toros reproductores y pueden tener acceso a varios ejemplares. Muchas de las enfermedades infecciosas reproductivas también pueden ser controladas mediante el uso de la IA.

Por otro lado, la IA tiene algunas desventajas: Altos costos para el establecimiento y mantenimiento de los laboratorios, equipo, personal y su capacitación. Además, se requiere de una buena infraestructura y una eficiente cadena de distribución del semen; establos que requieran inseminación; y, si el semen es congelado, suministro regular de nitrógeno líquido. También los ganaderos deben también ser capacitados en la detección de calores y tiempos de servicio y deben contar con un eficiente sistema de comunicación con el servicio de IA.

Existen varios métodos para la preservación de semen. El más usado es la congelación a temperaturas muy bajas, pero en muchos países tropicales, donde la infraestructura no es la adecuada, se desarrollaron otras técnicas para la preservación del semen que pueden utilizarse eficientemente. Para su conservación, el semen se diluye en un medio de cultivo artificial que contiene varias sustancias, como amortiguadores químicos (fosfatos, citratos); agentes protectores contra el choque por frío (leche, yema de huevo, leche de coco) y protectores contra el daño por congelamiento (glicerol); una fuente de energía (fructosa); y antibióticos.

Dependiendo del método de conservación, cada dosis para inseminación, deberá contener entre 7 y 30 millones de espermatozoides con motilidad.

## Características de los tipos de conservación y almacenamiento de semen

Tipo	Temperatura (°C)	Medio de conservación	Envase	Periodo de uso
I	+20-30	Anaerobiosis/CO <sub>2</sub>	Ampolleta 0.5-1 ml	2-3 días
II	+4	Refrigeración	Ampolleta 0.5-1 ml	2-3 días
III	-79	Hielo seco (CO <sub>2</sub> )	Ampolleta 1 ml	Varios años
IV	-196	Nitrógeno líquido	Pajilla 0.25 o 0.5 ml	Varios años

I = Ambiente, II = Enfriamiento, III = Congelación, IV = Baja congelación.

Fuente: [www.wisc.edu/ansci\\_repro/lab](http://www.wisc.edu/ansci_repro/lab)

### Procesamiento y manejo del semen de toro para la IA

El manejo de semen bovino es un proceso muy delicado. Mientras que podemos ampliar la vida fértil del semen de un toro vía criopreservación, el semen congelado y envasado en pajillas es más frágil que el semen fresco eyaculado; el daño que sufre el semen en cada paso del proceso es acumulativo e irreversible.

#### 1) Preparación del toro y colección del semen:

La técnica de colección de semen con vagina artificial es un método confiable, probado y efectivo.

La adecuada estimulación sexual, temperatura y presión óptimas dentro de la vagina artificial, y una frecuencia de colección adecuada, basada en la tasa de producción de esperma dentro de los testículos, son la clave para optimizar la cosecha de semen.

El diseño de la vagina artificial, dirigido a reducir pérdidas espermáticas y riesgo de daño, ha cambiado poco a través de los años.

#### 2) Proceso inicial del semen:

Una vez que el esperma ha sido colectado en la vagina artificial su proceso de envejecimiento comienza. Desde este momento y hasta la inseminación es importante trabajar rápido y eficazmente para extender la vida del esperma.

La concentración de espermatozoides y su motilidad debe ser evaluada a partir de una pequeña muestra del eyaculado. Esta medida es

importante porque determina el número de espermatozoides en cada pajilla.

El proceso inicial incluye también la adición de un cóctel de antibióticos para controlar un amplio espectro de microorganismos que, de otra manera, podrían ser procesados y distribuidos con el semen.

El eyaculado debe ser diluido en un medio apropiado para iniciar el proceso de enfriamiento. Estos medios lo proveen de sustratos energéticos para su supervivencia y motilidad. De igual forma, estos medios tienen la capacidad de amortiguar el pH, previniendo la acidez, además de contener, macromoléculas (yema de huevo, leche) que proporcionan protección durante el proceso de congelamiento.

Existe una variedad de medios para enfriamiento y criopreservación del semen bovino.

#### Objetivos del medio conservador:

- Proteger al semen del golpe de frío que ocurre durante el enfriamiento inicial a 5 °C y causa pérdida de la motilidad y, eventualmente, la muerte de espermatozoides. Los preservadores generalmente contienen yema de huevo o leche para proteger contra el golpe de frío.
- Proporcionar sustratos para el metabolismo del semen.
- Controlar la acidez, vía adición de sustancias amortiguadoras del pH.
- Proporcionar crioprotección al semen.

- e) Diluir el semen para lograr la inseminación de varias hembras con un sólo eyaculado.

Los medios conservadores de semen se hacen en 2 fracciones o partes. La primera no contiene glicerol pero la segunda\* sí.

### Fórmula

Fracción "A" (sin glicerol)		Fracción "B" (con glicerol)	
Ingrediente	Cantidad	Ingrediente	Cantidad
Citrato de sodio	1856 g	Citrato de sodio	1856 g
Glucosa	1.0 g	Glucosa	1.0 g
Agua	Hasta 80 ml	Agua	Hasta 66 ml
Yema de huevo	20 ml	Glicerol	14 ml
pH 7.0 con HCl		Yema de huevo	20 ml
		pH 7.0 con HCl	

\*el glicerol es un crioprotector

Fuente: [www.wisc.edu/ansci\\_repro/lab](http://www.wisc.edu/ansci_repro/lab) [www.dasc.vt.edu/barnes/dasc](http://www.dasc.vt.edu/barnes/dasc)

### Secuencia de la criopreservación de semen bovino

- 1) Colección el semen.
- 2) Determinación de la concentración.
- 3) Dilución en un medio sin glicerol.
- 4) Enfriamiento del semen a 5 °C en 2 horas.
- 5) Agregar más diluyente de ser necesario (fracción A).
- 6) Agregar igual volumen de la fracción B (con glicerol).
- 7) Envasado en pajillas.
- 8) Sellado de pajillas.
- 9) Congelar semen 4 horas después de que alcance los 5 °C.
- 10) Almacenar pajillas en un tanque de nitrógeno líquido.

La fertilidad obtenida a través de la IA se ve influenciada por varios factores, tales como el control del centro de IA —incluida la producción de semen—; los niveles de fertilidad del toro; las características originales de la eyaculación particular; y el método usado para su procesamiento, empaquetado y almacenamiento.

Una vez que el semen abandona el centro de

IA, su calidad estará influenciada por el proceso usado en el transporte, almacenamiento y manipulación; la deficiencia en cualquier eslabón de esta cadena, puede producir dosis de semen completamente inefectivas.

La determinante final en el éxito de una IA es el inseminador. Todos los técnicos para IA tienden a llevar un curso específico de capacitación, y en algunos países también un aprendizaje previo a la certificación. Sin embargo, muchos factores personales, como la destreza innata, la motivación y la regularidad en el desempeño de la IA, también influyen en el porcentaje de fertilidad de los registros.

Desde el punto de vista técnico, los aspectos que requieren especial atención son la descongelación y manipulación del semen, el manejo de la vaca y su tracto genital y la correcta deposición del semen.

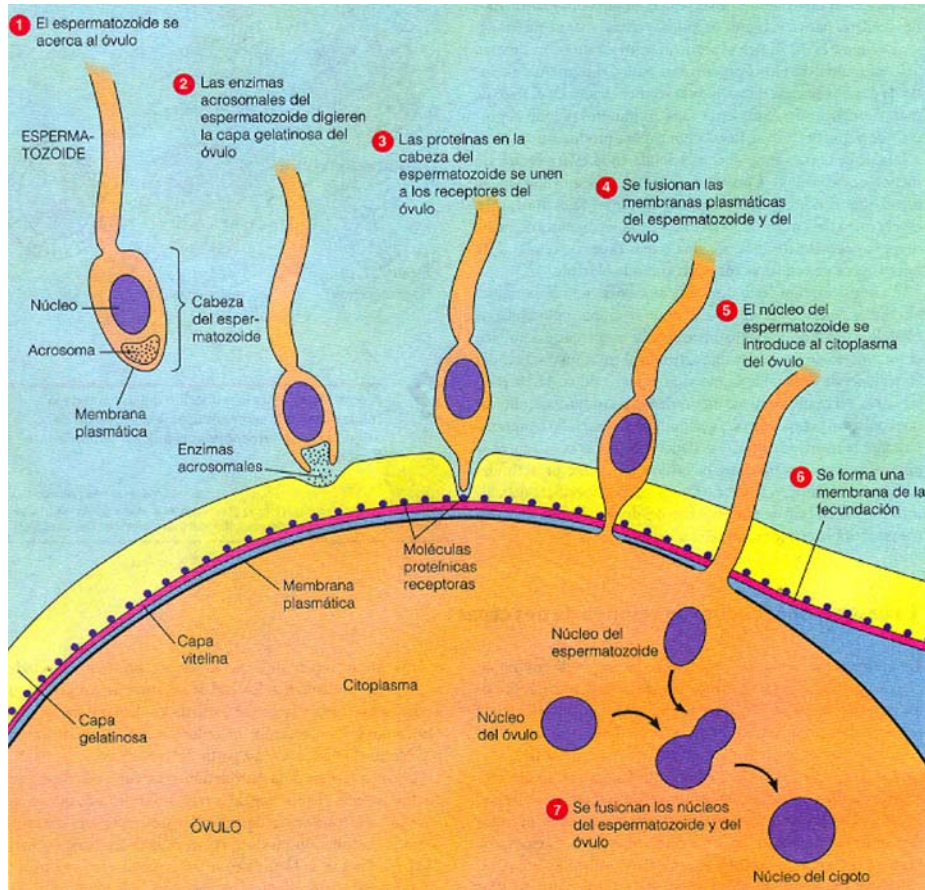
### Eficiencia reproductiva

La eficiencia reproductiva puede ser evaluada con parámetros rigurosos, que son indicadores de los periodos reproductivos que proveen información específica de fertilidad con respecto a sus capacidades y limitaciones. Por lo tanto, para evaluar el desempeño reproductivo sin tener que esperar periodos largos, se utilizan los parámetros reproductivos. Algunos parámetros sólo pueden usarse en ciertos rebaños y otros se utilizan de manera individual.

En el caso de las novillas, la importancia de los parámetros es revisar la edad en que llegan a la pubertad y la edad al primer parto, que dependen de la actividad ovárica.

Bajo un sistema extensivo en contacto con toros, las novillas conciben rápidamente después de la pubertad. En sistemas de confinamiento la eficiencia de la detección de celos y la época de servicio, entre otros factores, influirán en la edad del primer parto.

El **índice de concepción** es el porcentaje de hembras gestantes (basado en diagnóstico de gestación vía palpación rectal) con respecto a aquellas que fueron servidas.



Fuente: Campbell N Mitchel L. Reece J. Biología 3ª Ed. Prentice Hall 2001.

El **índice de gestación** se calcula en base al porcentaje de hembras gestantes (en el periodo de un año) respecto a las hembras que ya pueden quedar gestantes dentro del rebaño.

El **índice de parición** es el porcentaje de hembras que parieron en el transcurso de un año.

El **número de concepciones por servicios** es el número total de vacas que lo recibieron entre el número de hembras gestantes. Dichos índices están influenciados por factores relacionados con las vacas, los toros o de la IA y el sistema de la granja.

El **índice de no retorno**, o concepción aparente, es un dato utilizado en servicios a través de IA para evaluar el éxito del procedimiento. Se lleva a cabo en los días 30, 60 o 90 para saber si quedaron gestantes o no. La utilidad es limitada a situaciones donde la IA es el único método de reproducción.

En sistemas tropicales de pequeños productores,

si la IA no da resultados, se vende a la hembra.

El **intervalo entre partos** probablemente sea el único parámetro que provee información de la eficiencia reproductiva, ya sea en rebaño o individual. Esto se evalúa de la siguiente manera:

1. Intervalo de parto con el primer estro (periodo de anestrosoparto).
2. Intervalo del primer estro con la siguiente gestación (periodo de servicio) ( $a + b =$  periodo de servicio).
3. Intervalo de gestación con el parto.

Para obtener beneficios económicos bajo modernos sistemas intensivos, se acepta que el intervalo entre partos sea de un año. El tiempo promedio de gestación es de 280 a 285 días; la hembra debe quedar gestante en los días 80 a 85 posparto. La actividad ovárica debe comenzar en un periodo corto posparto. El granjero debe detectar calores a tiempo y proveerla de buena alimentación.



La importancia relativa de dichos factores varía respecto a los pequeños productores. Por ejemplo, en sistemas extensivos con libre pastoreo, la alimentación varía según la edad de los pastos, causando estragos en la pubertad y en el posparto. En este sistema las hembras quedan gestantes en cuanto empieza la actividad ovárica debido a que están en contacto con los machos.

En sistemas de confinamiento, la detección de celos y la IA toman mayor importancia. En el caso

de pequeños productores se encuentra que la lactación influye en la actividad ovárica posparto.

En lugares tropicales, el intervalo entre partos de un año es difícil, y a veces imposible por diversos factores. En otros sistemas, la vaca tiene un parto cada dos años; por tanto, se consideran vacas de pobre fertilidad.

En el cuadro siguiente se presenta una relación de las principales hormonas involucradas en el proceso reproductivo así como su función básica.

### Funciones principales de las hormonas que intervienen directamente en la reproducción

Hormona	Origen	Función principal
<b>Hormonas liberadoras</b>	Hipotálamo	Estimular la secreción de las hormonas de la apófisis. Hay una hormona liberadora para cada hormona producida.
<b>Gonadotrópicas</b>		
<b>FSH</b>	Adenohipófisis	Desarrollo del folículo y secreción de la hormona estrogénica en hembras. En machos, producción de los espermatozoides.
<b>Luteinizante</b>	Adenohipófisis	Ovulación y función del cuerpo lúteo en hembras. Secreción de la hormona testosterona en machos.
<b>Prolactina</b>	Adenohipófisis	Desarrollo y función de la glándula mamaria.
<b>Oxitocina</b>	Neurohipófisis	Contracciones uterinas en el parto y excreción de leche.
<b>Relaxina</b>	Ovario, útero y placenta	Dilatación del cérvix y relajamiento del conducto obstétrico.
<b>Gonadales femeninas</b>		
<b>Estrógeno</b>	Folículo ovárico	Desarrollo de los órganos genitales y características sexuales secundarias femeninas; celo y preparación endometrial; desarrollo de glándula mamaria.
<b>Progesterona</b>	Cuerpo lúteo	Preparación endometrial ovárica del útero para implantación del embrión y el mantenimiento de preñez. Desarrollo de la glándula mamaria.
<b>Masculinas</b>		
<b>Testosterona</b>	Células testiculares	Desarrollo de los órganos genitales y características masculinas secundarias.

Fuente: MVZ Ramón Gasque Gómez.

# Reproducción en ganado lechero

En términos generales, el comportamiento reproductivo de una vaca se basa en la estimación de su habilidad para parir a intervalos regulares.

La mayoría de las vacas lecheras tienen la capacidad de reproducirse a intervalos de 12 a 13 meses con 10 meses de lactancia en promedio; esto liga la eficiencia productiva a la producción láctea.

En todo programa reproductivo deben fijarse objetivos prácticos de eficiencia que se pueden lograr con la aplicación adecuada de las técnicas conocidas y funcionales.

En la tabla siguiente se presentan los principales parámetros y metas del comportamiento reproductivo del ganado lechero bajo condiciones modernas de explotación.

Concepto	Ideal	Meta práctica	En problemas
Inicio de la pubertad	7-9 meses	10 meses	Más de 14 meses
Edad al primer parto	24 meses	25-26 meses	Más de 27 meses
Intervalo entre partos	12 meses	12-13 meses	Más de 13 meses
Días abiertos	85 meses	100	Más de 115 meses
Servicios por gestación	1.0	1.5	Más de 1.8
Cosecha de becerras(año)	100%	90%	Menos de 85%

Fuente: OMAFRA. Murray B. Maximising conception rates in dairy cows. 1990

## Ciclo estral

En las condiciones modernas de explotación del

ganado lechero, el hombre manipula el proceso reproductivo vía IA principalmente, esto hace que el seguimiento del ciclo estral de los animales sea de primordial importancia. Las características fundamentales de dicho ciclo se sintetizan de la manera siguiente:

- Duración del ciclo estral: 21 días promedio, variación normal 18-24 días
- Duración del período de estro o calor: 18 hrs. variación normal 10 a 24 hrs.
- Ovulación: 11 horas después del celo, en promedio; variación normal: 5-16 hrs.

Por lo que respecta a la gestación, ésta es de 278 días para las razas Holstein y Jersey, y de 288 días en la raza Pardo suizo.

Siendo la IA un proceso plenamente establecido en la ganadería lechera, es de primordial importancia realizarla en el tiempo óptimo para asegurar altos índices de concepción del primer al tercer servicio.

El tiempo de fertilidad óptimo de los óvulos es corto (2 a 4 horas) y el tiempo de ovulación varía de 5 a 16 horas después del final de un celo estable siendo la vida fértil del espermatozoide dentro del tracto reproductivo de la hembra de 28 hrs. Estos aspectos fisiológicos son de gran importancia práctica ya que, el conocerlos permitirá realizar adecuadamente la IA.

En la siguiente tabla se muestra la concepción lograda en las diferentes fases del celo.

### Frecuencia de concepción en varias fases del celo

Inseminación	Porcentaje de vacas que conciben en un servicio
Al comienzo del celo	44
En la mitad del celo	82.5
Al final del celo	75
6 horas después del celo	62.5
12 horas después del celo	32
13 horas después del celo	28
24 horas después del celo	12

Fuente: OMAFRA. Murray B. Maximising conception rates in dairy cows. 1990.

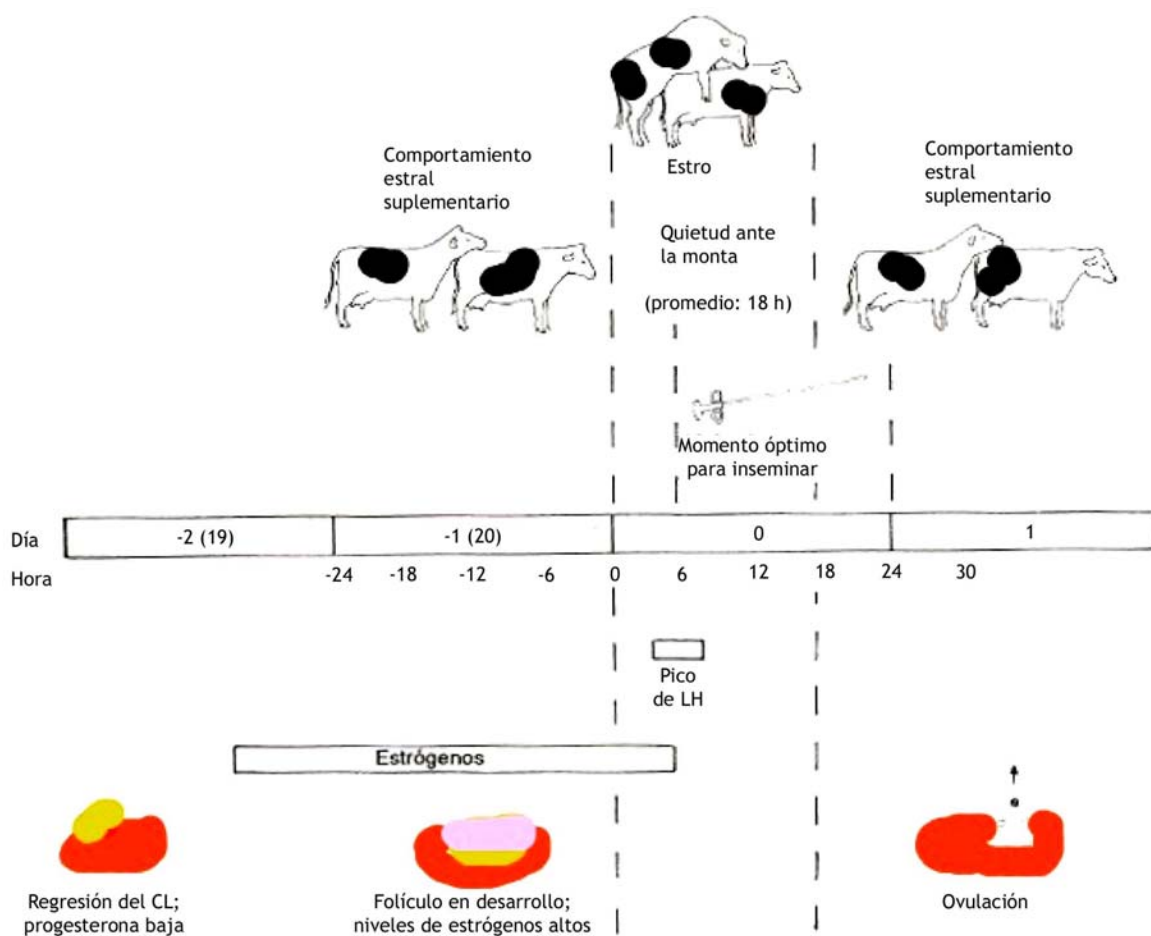
Considerando el celo estable como indicador, se puede recurrir a un patrón de horario para la IA.

### Horario para obtener los mejores resultados de inseminación en vacas lecheras

Celo observado por primera vez	Momento óptimo para inseminar	Demasiado tarde
En la mañana	En la tarde	Mañana siguiente
En la tarde o al anochecer	Mañana siguiente	Tarde siguiente

Fuente: Peters AR, Ball PJH: Reproducción del ganado vacuno. 1991. 1ª ed. Acribia.

### Acontecimientos cercanos a la época del estro en la vaca



Fuente: Peters AR, Ball PJH: Reproducción del ganado vacuno. 1991. 1ª ed. Acribia.

## Consideraciones para mejora de la eficiencia reproductiva en ganado lechero

1. Mantener un buen sistema de registros, indicando cada calor.
2. Servir a las novillonas al peso recomendado para la raza.
3. Alimentar a las novillonas correctamente para que puedan servirse precozmente.
4. Observar los calores al menos dos veces al día.
5. Incluir minerales en las raciones de concentrados.
6. No servir a las vacas antes de 50 días posparto para optimizar la concepción al primer servicio.
7. Controlar las enfermedades de la reproducción (vacunaciones).
8. Revisar rutinariamente a las vacas para el diagnóstico de gestación.
9. Inseminar a las vacas en el momento correcto.

## Reproducción en ganado de carne

Las condiciones de explotación y de alimentación en el ganado de carne son sustancialmente distintas a las del ganado lechero, por lo que los patrones reproductivos también son diferentes, sin embargo se persiguen los mismos objetivos respecto al comportamiento reproductivo del ganado.

En este tipo de ganado se distinguen dos grupos: el tipo europeo y el tipo cebuino, ambos mostrando patrones de comportamiento reproductivo distinto; no sólo por sus características raciales sino por la multiplicidad de efectos ambientales que ejercen una influencia decisiva en su comportamiento reproductivo (nutrición, régimen de explotación, clima, etcétera) por lo que sólo se pueden hacer generalizaciones al respecto.

### Pubertad

El inicio de la pubertad acontece anticipadamente en el ganado europeo en relación al ganado cebú. Como regla, mientras mayor es la edad promedio de madurez, más tarde se inicia la pubertad.

En las razas europeas la pubertad se presenta a los 6 o 9 meses, reportándose para el cebú la edad de 22 meses y para las cruzas europeo-cebuinas a los 15 meses.

En relación a los machos, los eyaculados satisfactorios de semen de raza cebuina (Brahman) se dan entre los 15 y 20 meses de edad, aunque muchos machos inician sus eyaculados a los 13 meses de edad.

### Madurez sexual

La edad del primer parto en ganado europeo es de 2½ a 3 años, considerando el espectro de sistemas de explotación. Para el ganado cebú explotado en forma tradicional, el promedio se ubica en los 3½ años, en general.

El intervalo entre partos es en promedio de 15 meses para las diferentes razas cebuinas (América).

La duración de la gestación es de 285 días para ganado europeo y de 292 para ganado cebú.

### Medidas de la eficiencia reproductiva (ER)

#### • Toros

En hatos en donde el proceso reproductivo está regulado por una temporada limitada de monta y existe una determinada relación vacas-toro, la mejor medida de la eficiencia reproductiva del toro es el porcentaje de preñez o partos que genera, en relación al promedio del hato.

Otra forma de evaluar la eficiencia reproductiva del toro es mediante el análisis de su esperma, previa temporada de monta, y la observación de su libido una vez que se inicia.

#### • Vacas

Donde no existe una temporada de monta definida, el intervalo entre partos promedio es la mejor medida de la eficiencia reproductiva en rebaños con temporada de monta limitada. La preñez constituye el elemento de evaluación de la ER (palpación diagnóstica).



### • Rebaño

En este caso el porcentaje total de preñez es el elemento de calificación de la ER.

### Consideraciones para la mejora de la eficiencia reproductiva en rebaños tropicales (razas cebuinas y cruzas)

1. Establecimiento de una temporada de monta limitada.
2. Garantizar un desarrollo óptimo de las novillas, vía manejo y pastoreo adecuados.
3. Revisión de vacas posttemporada de monta para diagnóstico de gestación.
4. Usar toros jóvenes (2 años) con buen desarrollo y pocas vacas por cabeza.
5. Realizar examen de fertilidad del toro.
6. Controlar y eliminar enfermedades del tracto reproductivo.
7. Garantizar una alimentación de buena calidad.
8. Eliminar novillas que no conciban en la primera temporada de monta.
9. Eliminar vacas con baja eficiencia reproductiva.
10. Establecer una adecuada proporción de vacas y toros.

### Transplante de embriones

Esta técnica consiste en transferir los embriones concebidos de una vaca a otra, o otras vacas, para que estas últimas cumplan su periodo gestacional.

Existen dos técnicas básicas para llevar a cabo la transferencia de embriones (TE): Métodos quirúrgicos y métodos no quirúrgicos.

El **método no quirúrgico** es el más utilizado, ya que disminuye considerablemente el estrés de la donadora y de las receptoras ya que, al no haber intervención quirúrgica, disminuyen los riesgos posoperatorios y todo el manejo que implica la cirugía.

El proceso básico del transplante consiste en:

- a) Tratar con hormonas a una hembra donadora para inducirle una superovulación.

- b) Fecundar estos óvulos mediante IA.
- c) Extraer los embriones del útero.
- d) Transplantar cada uno de los embriones viables a una hembra receptora, que se encuentra sincronizada en su ciclo estral con la hembra donadora.

De esta manera, las hembras receptoras llevarán a término a los hijos de la donadora.

### Ventajas

- Aumentar el número de hijos de una buena vaca.
- Disminuye el intervalo entre generaciones, facilitando la evaluación genética.
- Obtener hijos de vacas infértiles (por lesiones en el tracto reproductor o viejas).
- Facilita la exportación o importación de animales, además, al nacer la becerria en el nuevo país recibe la inmunidad celular y no requiere de adaptación o cuarentenas.

### Desventajas

- Alto riesgo de no obtener gestación en las receptoras, comparado con el que se obtiene con la IA.
- Se puede alterar el metabolismo de la vaca por el tratamiento hormonal.
- El costo es elevado.
- Requiere técnicas especializadas.
- Necesita de un hato numeroso para asegurar tener suficientes donadoras y receptoras.
- Se debe trabajar con varias donadoras simultáneamente para asegurar la obtención de embriones.

Para realizar el transplante de embriones se deben tomar en consideración los siguientes factores:

- a) Anatomía, endocrinología y cambios genitales en el ciclo estral de la vaca.
- b) Detección oportuna del celo.
- c) Selección y manejo adecuado de las hembras donadoras.

- d) Técnicas de superovulación mediante tratamiento hormonal.
- e) Inseminación artificial.
- f) Desarrollo embrionario.
- g) Factores que causan fallas en la fertilización y la muerte embrionaria.
- h) Recolección de embriones.
- i) Preparación del material para la recolección y la transferencia.
- j) Selección, manejo y sincronización estral de las receptoras.
- k) Búsqueda, manejo y evaluación de los embriones obtenidos.
- l) Métodos de transferencia.
- m) Diagnóstico de gestación.
- n) Congelación y descongelación de embriones.
- o) Reglamentación de asociaciones de raza pura.

Una vez conociendo los anteriores aspectos se procede a la realización del transplante.

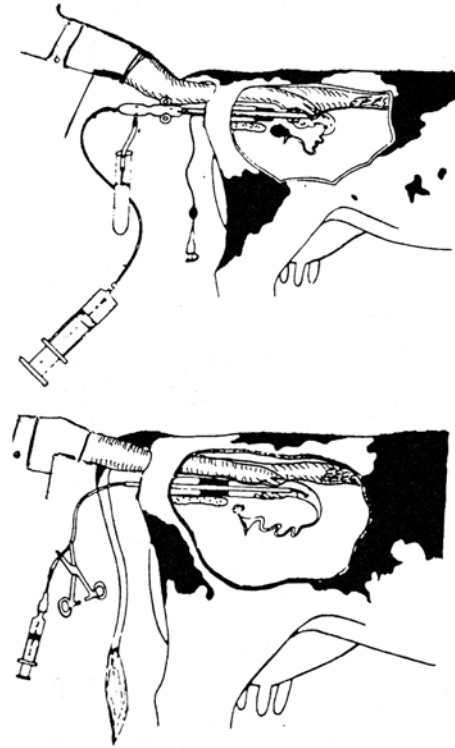
Se debe seleccionar a las hembras donadoras, de las cuales se deben conocer los antecedentes reproductivos, el mérito y el estado físico y nutricional.

La selección deberá hacerse en vacas que, por lo menos, hayan presentado dos ciclos estrales en forma regular después del parto y que, a la palpación rectal, no presenten alteraciones patológicas en sus órganos genitales.

En cuanto al mérito genético, debemos conocer los antecedentes de sus padres, hermanos o hijos, para garantizar que no lleven en sus genes características indeseables o que puedan transmitir defectos.

Estas vacas deben conservarse en perfecto estado de salud, se les debe practicar rutinariamente (cada 30-90 días) exámenes clínicos y de laboratorio para certificar que estén libres de enfermedades infecto-contagiosas, así como llevar un calendario de vacunaciones y desparasitaciones de acuerdo a la región donde se ubiquen.

El estado nutricional es uno de los aspectos que



Fases de la extracción de embriones.



División celular inicial de un embrión.



Ejemplo notable de rendimiento de un transplante de embriones.

Fuente de imágenes: Enciclopedia del ganado bovino SUA 1993. 1ª Ed.

más influye en la respuesta superovulatoria, en la liberación de óvulos, y en la fertilización y viabilidad de los embriones, por esta razón debe existir un correcto balance en el suministro de proteínas, energía y minerales de acuerdo a su edad, peso, raza y estado fisiológico.

En cuanto a la edad, no se recomienda superovular animales menores de 13 meses, siendo los de 3-5 años las que proporcionan mejores resultados.

Sobre el estado lactacional, se ha llegado a la conclusión de que la mayoría de las vacas lactantes y las altas productoras producen menos embriones.

### Manejo de donadoras

Desde el inicio del programa de trasplante de embriones, se detectará el estro de cada donadora, por lo menos, durante una hora dos veces al día para tipificar su ciclo. Antes de superovular a una hembra, ésta debe presentar, por lo menos dos ciclos estrales de duración normal. Por otra parte, como los ciclos se modifican temporalmente por el tratamiento superovulatorio, se requiere de un intervalo de dos a tres meses entre cada superovulación. Para seleccionar a una vaca donadora, deberá superovularse por lo menos dos o tres veces.

### Superovulación

El descubrimiento de la gonadotropina del suero de yegua preñada (PMSG) aportó el gran recurso de la superovulación, pues favorece el desarrollo y maduración de un mayor número de folículos e incrementa la tasa de ovulación.

Actualmente también se emplean otras hormo-

nas con igual o mayor respuesta que la PMSG, entre ellas se encuentra la hormona folículo estimulante (FSH) el extracto pituitario anterior equina (HAP) y recientemente las menotrofinas.

A continuación se ejemplifica un esquema del tratamiento de superovulación con duración de 4 días y con una dosis total de 32 mg de FSH.

Días	Evento	Vía
0	Estro	
10	FSH 5 mg	Subcutánea, dos veces al día
11	FSH 4 mg	Subcutánea, dos veces al día
12	FSH 4 mg	Subcutánea, dos veces al día
	PGF2 $\alpha$ 25 mg	Intramuscular, dos veces al día
13	FSH 3 mg	Subcutánea, dos veces al día
14	Celo am	
	IA pm	
15	IA am	

Fuente: Lewis I. Convencional embryo transfer. Cattle breeding Technologies. 1990.

### Inseminación artificial

La vaca donadora será inseminada de 2 a 3 veces con intervalos de 12 horas después de la manifestación de celo empleando, de preferencia, doble dosis de semen en cada inseminación para asegurar la fertilización de todos los óvulos liberados.

Cuando se utiliza semen fresco se realizan sólo dos inseminaciones, una a las 12 hrs. y otra a las 24 hrs. de iniciado el celo, ya que la concentración espermática es mayor en el semen fresco que en el congelado.

## Principales eventos en el desarrollo del embrión

Evento	Tiempo (a partir del inicio del estro)	Días
Principio de calores	0 horas	0
Descarga de LH	6 horas (duración media de 7-12 horas)	
<b>Inseminación</b>		
Ovulación	24-32 horas	1
Fecundación		
Penetración del espermatozoide por la zona pelúcida del óvulo (activación)	33 horas	
Fusión de los pronúcleos y segmentación	45 horas	
Estadio de 2 c	46-56 horas	2
Estadio de 3 c	60-90 horas	3
Estadio de 16-32 c	90-125 horas	4
<b>Útero</b>		
Mórula (30-64 c)	120-145 horas	5-6
Joven blastocito	140-175 horas	6-7
Blastocito	160-210 horas	8-9
Blastocito eclosionado		10
Principio de alargamiento del blastocito		11
Acoplamiento entre embrión y endometrio		23
Implantación		30-40

Fuente: Enciclopedia del ganado bovino, DSUA, 1993. 1ª Ed.

## Recolección de embriones

Actualmente la recolección no quirúrgica (transcervical) en la técnica más utilizada. La laparatomía medio-ventral se recomienda en casos especiales como el bloqueo de oviductos. La incisión en el campo es llevada a cabo con anestesia local pero, en general, no se recomienda porque es difícil exponer el tracto reproductivo, produce más

estrés y aumenta la posibilidad de crear adherencia o cualquier otra lesión.

## Método no quirúrgico

Es llevado a cabo entre los 6 y 9 días después del estro (7 días en promedio), la mayoría de los embriones se encuentran en la punta de los cuernos uterinos conservando aún su cubierta protectora (zona pelúcida), la cual facilita su manipulación y transferencia. Se recomienda dietar al animal 24 horas antes de la recolección. Se recomienda la inmovilización de las vacas, sobre todo para el ganado de carne. Para esto, se requiere de dos personas: un técnico colector y un ayudante. Una vez entrampado el animal, se rasura el área entre la penúltima vértebra sacra y la cuarta o quinta coccígea, se desinfecta y se lava el área depilada con agua y cepillos con solución yodada o alcohol al 70%. Se introduce el brazo por vía rectal y se evacúan las heces fecales para facilitar la palpación de los órganos. Se palpan las dimensiones ováricas así como los cuerpos lúteos o folículos en cada ovario para darnos idea de cuántos embriones podemos recolectar.

Se administrarán de 4-6 ml de procaína al 2% por vía epidural a la última vértebra sacra y la primera coccígea alrededor del cordón medular, para disminuir las contracciones rectales y facilitar la manipulación del tracto genital, la cola deberá ser atada hacia un flanco del animal. Se coloca el medio de colección a un metro del animal, de esta pende una manguera colectora que después se conectará a la sonda de Foley por una conexión en «Y» con otra manguera conectada al filtro colector. En algunas ocasiones, sobre todo en vaquillas, resulta necesario aplicar un dilatador cervical que nos facilitará la introducción de la sonda Foley.

El ayudante abrirá con sus dedos los labios vulvares y el técnico recolector introducirá la sonda guiándola hacia el cuerno uterino seleccionado, tratando de colocarla en el tercio medio del mismo. Se inflará el balón con 5 ml de aire o solución salina, a partir de ahí solamente se inyectará la cantidad de mililitros que el técnico recolector indique, revisando



que quede bien fijo y no permita la salida del medio.

Posteriormente se retiran la jeringa y el estilete de la sonda la "Y", utilizados para introducir el medio. El técnico permitirá que el cuerno se llene al máximo permisible (aprox. 60-100 cc dependiendo del tamaño de la matriz, raza y edad de la vaca) para dilatar las criptas del endometrio y facilitar el desprendimiento de los embriones; realizará un masaje desde la unión útero-ovárica hasta el sitio donde se colocó el balón para ayudar a extraer los embriones y luego procederá a desalojar el líquido contenido en el cuerno a través la manguera de salida que caerá por gravedad al filtro.

La operación de flujo y reflujo del mismo se repetirá cuando menos 6 veces (500 ml del medio).

El lavado se repite de la misma forma en el cuerno uterino contrario, ya sea cambiando la sonda o utilizando la misma teniendo cuidado de no contaminarla.

El filtro colector será llevado al laboratorio para empezar la búsqueda de los embriones. Al finalizar la colección se administrarán de 25 a 50 mg de prostaglandinas 1M para destruir los cuerpos lúteos presentes, evitando una posible gestación en caso de que hubieran quedado embriones dentro.

### Selección de receptoras

En la actualidad se requiere de un balance entre las características de calidad, factibilidad económica y disponibilidad de las vacas repetidoras. Estas son, de manera resumida, las siguientes:

- a) Animales jóvenes (vaca de 1-3 partos o vaquilla bien desarrollada).
- b) Libre de enfermedades.
- c) Fertilidad probada.
- d) Habilidad materna.
- e) Excelente condición de carnes y desarrollo corporal.

La raza, tipo y color de la receptora pueden ser las que se deseen, siempre y cuando no interfieran con los puntos anteriores.

Desde el punto de vista económico, se debe con-

siderar el número de receptoras seleccionadas en relación con el número de donadoras y el promedio de embriones transferibles por selección, debido a que los costos de manejo y alimentación son independientes a los resultados obtenidos a la transferencia.

### Manejo de receptoras

Una vez que han pasado todas las pruebas sanitarias y de observación cuarentenaria, son alojadas en corrales de uso exclusivo, donde se les proporcionará agua y/o alimento, se les detectarán calores y se les abrirán registro individual en el que se, anotarán los calores, datos clínicos o cualquier otro dato de importancia.

En el aspecto nutricional, deberán estar sometidas a un régimen alimenticio que permita un incremento gradual de peso de 250 a 500 g por día. Esto se logra con el suministro de forraje fresco, ensilado o henificado, en cantidad que vaya de acuerdo a su calidad nutricional (30 a 40 kg en zacate verde por vaca por día), complementando con una mezcla de granos o concentrado comercial (4 a 5 kg por vaca por día), agua y sales minerales a libre acceso.

No emplear hembras subalimentadas o sobrealimentadas porque esto predispone a problemas de infertilidad.

### Sincronización del estro en receptoras

El control del ciclo estral, particularmente en lo que toca a la sincronización del mismo, se basa en tratamientos hormonales sincronizadores, ya sea promoviendo la destrucción del cuerpo lúteo con la administración de prostaglandina F<sub>2α</sub>, o la simulación de la presencia de un CL funcional utilizando progestágenos.

### Hormonas involucradas

#### Prostaglandina F<sub>2α</sub>

La prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>) es una hormona producida en el endometrio; tiene como función provocar la regresión del CL, evento que marca el fin

del diestro y el inicio del proestro. La administración de PGF2 $\alpha$  entre los días 6 a 16 del ciclo estral produce la regresión del CL, lo que provoca el estro dentro de las siguientes 48 a 120 horas. El estro inducido de esta forma tiene las mismas características endocrinas que el estro natural, y la fertilidad obtenida cuando se insemina es similar a la que se obtiene en el estro natural.

Actualmente la PGF2 $\alpha$  se utiliza para la sincronización del estro en grupos de vacas para que puedan ser inseminadas en un periodo corto o, de manera individual, se utiliza para la inducción del estro en aquellas vacas en anestro aparente pero que a la palpación rectal tienen un CL. La respuesta de los animales tratados es variable; en vaquillas se puede lograr hasta 95% de animales en estro, pero cuando se trabaja con vacas adultas —particularmente con vacas en lactación— la respuesta es pobre fluctuando entre 45 y 65%. Los factores más importantes que determinan esta variabilidad en la respuesta son:

- La precisión en la palpación rectal del cuerpo lúteo.
- La etapa del diestro en que se aplica la PGF2 $\alpha$ .
- La detección de estros o calores.

### **Precisión en la palpación rectal del cuerpo lúteo**

La PGF2 $\alpha$  es efectiva para la inducción del estro sólo en las vacas que tienen un cuerpo lúteo funcional (CL del día 6 al 16 del ciclo). El error que se comete con mayor frecuencia consiste en administrar PGF2 $\alpha$  a vacas que no tienen un cuerpo lúteo funcional. El nivel de error es de 20% en promedio, o sea 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, por que a la palpación rectal un cuerpo lúteo no funcional se puede diagnosticar como un CL.

### **Efectividad de la PGF $\alpha$ para provocar regresión lútea**

Esta probado que tanto la PGF2 $\alpha$  natural como sus análogos sintéticos, destruyen con la misma eficiencia el CL. Aproximadamente 10% de las vacas no sufren regresión del CL, condición que no depende de la PGF2 $\alpha$  sino de las características del CL, que entre el día 4 y 5 del ciclo estral no es susceptible al efecto luteolítico de la PGF2 $\alpha$ . Este factor es difícil de superar pues la selección de las vacas a tratar con PGF2 $\alpha$  se realiza sólo por palpación rectal y no en base al día del ciclo; por lo tanto, siempre se tendrán algunas vacas con cuerpos lúteos no sensibles a la PGF2 $\alpha$ .

### **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 al CL, sino de la etapa del diestro en que se administra la PGF2 $\alpha$ . La causa de esta respuesta radica en las ondas de crecimiento folicular que ocurren en la vaca durante el diestro; así, en la vaca se observan entre 2 y 3 ondas de crecimiento 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 con folículos menores de 5 mm, la cual tarda más (>72 horas). Esta condición ha limitado la utilización de la inseminación a tiempo fijo.

### **Detección de estros**

Posiblemente este es el factor más importante de todo el proceso. Es común que las vacas tratadas con PGF2 $\alpha$  tengan un cuerpo lúteo funcional y sufran luteólisis, pero no son detectadas en estro por errores de manejo. Este es un tema bastante revisa-

do pero no por eso ha dejado de ser el problema que ocasiona las más importantes pérdidas económicas de carácter reproductivo en los hatos lecheros. Una buena eficiencia en la detección de estros significa que se deben detectar más de 75% de las vacas que se espera presenten estro.

Siempre que se inicie un programa de sincronización de estros se debe contar con personal capacitado para la detección de los mismos y, además, deben establecer los mejores horarios de observación que pueden ser de 6 a 10 de la mañana y de 4 a 8 de la noche; la más alta eficiencia en la detección se obtiene con la observación continua las 24 horas del día.

### Los progestágenos

Los progestágenos constituyen un grupo de hormonas esteroideas caracterizadas por ser liposolubles, termoestables y que no se inactivan por vía digestiva. Estas propiedades permiten administrarlos por vía oral, a través de la mucosa vaginal o en implantes subcutáneos de liberación prolongada. 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), acetato de fluorogestona (FGA) y Norgestomet.

Los progestágenos suprimen la secreción de LH, lo que resulta en la inhibición de la maduración final del folículo y la ovulación. Durante el periodo de administración el cuerpo lúteo sufre regresión natural, de tal forma que al retirar el tratamiento los animales presentan estro sincronizado entre las siguientes 48 y 96 horas.

Los tratamientos cortos consisten en la inserción, en la parte externa de la oreja, de un implante que contiene Norgestomet —que permanece por nueve días— y, al mismo tiempo, la inyección intramuscular de valerato de estradiol y Norgestomet en el momento de poner el implante. Bajo este esquema, el estradiol y el Norgestomet pueden evitar el desarrollo normal del CL o provocar la regresión del mismo en forma indirecta, ya que cuando se

administra estradiol en el diestro tardío, se puede adelantar la secreción de PGF<sub>2a</sub> de origen uterino. El tiempo de presentación del estro después de retirado el implante es de 48 a 72 horas y la proporción de animales en estro con frecuencia llega a ser de más de 80%; no obstante, la fertilidad lograda después del servicio en el estro sincronizado es baja si se compara con la fertilidad obtenida en el estro natural. La causa de este efecto se está estudiando y se asocia con los factores que se mencionan a continuación:

Dispositivo intravaginal de liberación de progesterona. Es un implante de forma especial que se inserta en la vagina de la vaca por un periodo de 7 a 12 días. Consta de un muelle espiral de acero inoxidable revestido de plástico e impregnado de 1.55 mg de progesterona. En su parte interna se encuentra una cápsula de gelatina que contiene 10 mg de benzoato de estradiol; este se absorbe rápidamente actuando como luteolítico.

Al retiro de este dispositivo, cae la concentración de progesterona y, en consecuencia la vaca presentará calor en las siguientes 48-72 horas. Acto seguido se procede a la IA.

### Estros anovulatorios

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 de estradiol administrado en el primer día persisten hasta el momento de retirar el implante, de tal forma que al retirar la fuente del progestágeno y al haber altas concentraciones de estradiol se desencadena la conducta estral, misma que no es acompañada de ovulación. Además, en animales que ciclan normalmente, los niveles altos de estradiol pueden alterar la relación temporal entre el estro, el pico preovulatorio de LH y la maduración final del folículo ovulatorio. Se han obtenido excelentes resultados utilizando este tipo de tratamientos sin la administración de valerato de estradiol, aplicando en su lugar PGF<sub>2α</sub> al momento de retirar el implante.

### Día del ciclo en que se inicia el tratamiento

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 del CL, el porcentaje de concepción es mayor que cuando éste no se encuentra. Este se basa en que la concentración plasmática del progestágeno, por sí sola, es incapaz de suprimir adecuadamente la secreción de la LH, mientras que cuando el tratamiento coincide con la presencia de un cuerpo lúteo, la progesterona producida por éste, más la concentración del progestágeno, suprimen adecuadamente a la LH.

En condiciones de campo, seleccionar las vacas por la presencia de un CL a fin de comenzar el tratamiento sincronizador, este debe hacerse con prostaglandinas y no con progestagenos. Actualmente se investiga la forma de eliminar el folículo dominante persistente y promover el reclutamiento de uno nuevo para evitar el efecto que esta condición tiene sobre la fertilidad. Con este objetivo se está probando la utilización de factores de liberación de gonadotropinas (GnRH), gonadotropina coriónica humana (HCG) 7 días antes de retirar el implante con el propósito de provocar la ovulación o la luteinización de los folículos dominantes y de promover el crecimiento de uno nuevo.

### Progestágenos orales

Los progestágenos orales son una alternativa en las técnicas de sincronización del estro, ya que son igualmente efectivos y significativamente más económicos que otros métodos. El MGA es un progestágeno comercial oral que se utiliza para mejorar la eficiencia alimenticia e inhibir la presentación de estros en las hembras en los corrales de engorda. Este compuesto tiene una potencia alta que llega a ser 300 veces mayor que otros compuestos del mismo género; en bovinos es posible suprimir la presentación del estro administrando 0.5 mg al día.

El MGA administrado en el alimento por 14 días provoca una buena sincronización, presentándose el estro en los 6 días siguientes al término del tratamiento. Sin embargo, como ya se mencionó, la fertilidad lograda en el estro sincronizado es baja, por lo que es recomendable dar el servicio hasta el segundo estro, el cual mantiene un alto grado de sincronización. Este esquema no es práctico, por lo que se ha desarrollado un método que consiste en la administración de MGA por 14 días dejando pasar el primer estro, pero, 17 días después del día en que se deja de administrar el progestágeno, se aplica una dosis de PGF2 $\alpha$  a todas las vacas. Con este procedimiento la mayoría de estas tendrán un cuerpo lúteo al momento de la administración de PGF2 $\alpha$ . Los resultados con este método son buenos, tanto en el porcentaje de animales en estro como en la fertilidad obtenida.

### Porcentaje de receptoras preñadas con varios grados de sincronía del ciclo estral

Duración	Excelente	Buena	Regular
Exacta	60	52	43
0.5-1 día	61	55	30
1.5-2 día	58	51	22
Total	61	52	34

Fuente: Laing JA, Brinley NJ, Wagner HC. Fertilidad e infertilidad en la práctica veterinaria. 1991. 4a ed. Interamericana McGraw-Hill.

Al incrementar el grado de asincronía, el medio uterino no resulta adecuado a las necesidades del embrión transferido; prueba de lo anterior es que un día después del estro los oviductos proveen un ambiente ideal para el óvulo recién fertilizado, pero en el resto del útero es hostil; por lo tanto, el momento óptimo de la transferencia parece estar pre-determinado por el estadio del desarrollo del embrión y la fase progestacional de la receptora, esto se atribuye a un efecto luteotrópico del embrión, y a los

niveles de progesterona producidos por el cuerpo lúteo.

Con la gonadotrofina coriónica humana (HCG) se ha logrado incrementar la tasa de preñez a la trans-

ferencia, aplicando a las receptoras de 1,500 a 5000 UI/IM a partir del día 15 dle estro (7-8 días después de la transferencia). Con esto, el incremento en la tasa de preñez es solamente de 5 a 10%.



