

# Reproducción animal

---

## El proceso reproductivo

- ❖ Son mecanismos fisiológicos en el animal adulto que persiguen como finalidad la perpetuación de la especie. Se inicia con la GAMETOGENESIS, continua con la FECUNDACION, IMPLANTACION DEL CIGOTO, GESTACION, LACTANCIA y finaliza con el DESTETE.

La reproducción es sexual y dioica, con alto grado de especialización de los sexos. Este proceso sigue un orden previsible y regulado por el sistema hormonal, gobernado a su vez por el sistema nervioso.

## Pubertad

- ❖ Es el comienzo de la función o capacidad reproductiva. Es la mínima edad biológica para la reproducción.
  - Caracterizada en la hembra por la presencia del primer celo (cuando maduran los receptores hipotalámicos para estrógeno, estos últimos alcanzan el control cíclico y desencadenan la ovulación y el ciclo estral).
  - En el macho por el inicio de la actividad espermatogénica (eyaculado con suficientes espermatozoides para preñar una hembra).

Se manifiestan en la pubertad el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios. La edad de aparición de la pubertad en una especie es muy variable, generalmente es menor en las hembras que en los machos, y está influenciada por la raza, clima, estación, nutrición, etc.

## Madurez sexual

- ❖ Es el estado de capacidad reproductiva completa o plena. Desarrollo del Hipotálamo-Hipófisis y de los órganos genitales a medida que aumenta la producción de hormonas gonadales.

## Madurez de crianza

- ❖ Es la madurez sexual con cierto grado de desarrollo corporal y funcional.

## Vida útil

- ❖ La diferencia que existe entre la edad de descarte y la edad del primer servicio.

## Tipos de reproducción y estación reproductiva

### Con estación reproductiva

- ❖ Animales que viven en condiciones naturales. El nacimiento de las crías es en épocas del año con temperaturas óptimas y abundancia de alimento, durante la estación no reproductiva hay inactividad o disminución de la actividad de las gónadas.
  - **Con ovulación espontánea:**
    - Poliestriscos: más de un ciclo estral por estación reproductiva. Ej.: yegua, oveja inglesa, cabra.
    - Monoestriscos: un ciclo estral por estación. Ej.: perra
  - **Con ovulación inducida:** inducción por la copula. Ej.: llama, visón, gato.

### Sin estación reproductiva

- ❖ Animales que han perdido la tendencia natural a la reproducción estacional como respuesta a la domesticación del hombre.
    - Con ovulación espontánea: vaca, cerda, rata, oveja, hombre.
    - Con ovulación inducida: conejo de laboratorio.
- 

## El control de los tipos de reproducción se halla bajo la influencia hormonal y la respuesta estacional esta desencadenada a su vez por factores como:

### Luz

- ❖ El principal efecto de la luz se manifiesta en la duración del día (fotoperiodo) y de la noche (nictoperiodo). El día funcional se describe desde el punto de vista de la respuesta de la retina y secreciones hipotalámicas-hipofisarias, comienza 25' minutos antes de la salida del sol hasta 25' minutos después de la puesta del sol.
  - El estímulo luminoso es captado por la retina y se extiende por el nervio óptico hasta el S.N.C y de allí al hipotálamo, donde se encuentra la hormona GnRH.
  - La duración del día determina reproductores de día corto (ovinos) y días largos (yeguas y aves).
  - Ligada a la latitud.

### Temperatura

- ❖ La reproducción tanto como la producción requieren una temperatura óptima o de bienestar general (rango de Tº donde el requerimiento del organismo es mínimo) para que sea máxima. Si las temperaturas ambientales son muy altas o muy bajas los mecanismos de regulación deben realizar grandes esfuerzos para mantener la temperatura corporal, pudiendo ocasionar un consumo de las reservas necesarias para la producción y reproducción. La Tº tiene influencia en el inicio de la pubertad.

- Altas T°: efecto negativo sobre la reproducción. Hipofunción de la hipófisis anterior: insuficiente secreción de tirotrófina que disminuye la actividad metabólica. Disminuye la producción de LH y FSH, disminuyendo la producción de estrógenos y progesterona (carencia de deseo sexual).
- Bajas T°: se reduce la temperatura corporal, disminuye FSH y otras hormonas de hipófisis anterior. Incrementa la secreción de tirotrófina y actividad tiroidea (aumenta el metabolismo, presión sanguínea, vasoconstricción y consumo de alimentos).

### **Alimentación**

- ❖ Una insuficiente alimentación produce trastornos en el desarrollo fetal o debilidad en el recién nacido (como así también en una madre flaca aumentan las causas de distocia), interfiere en el desarrollo genital y en la función reproductiva total; la glándula hipofisaria secreta insuficientes cantidades de hormona que deben actuar sobre las glándulas sexuales que dejan de funcionar de manera correcta. Una buena alimentación aumenta la actividad folicular.
  - Golpe alimentario (flushing): consiste en aumentar la cantidad y calidad de alimentos varias semanas antes de la fecundación, genera un aumento de la fecundidad, en bovinos aumenta la tasa de celo diario. En politecas (cerda) aumenta el tamaño de la camada.

### **Feromonas**

- ❖ Sustancias químicas odoríferas producidas en la superficie externa de los animales. Estos mensajeros químicos actúan como estímulos olfatorios. Estos llevan información relativa a la reproducción, y son identificables por el sexo opuesto. En general la presencia del macho acelera el estro en las hembras.
-

**Características reproductivas generales de las distintas especies de interés zotécnico**

	<i>bovinos</i>		<i>porcinos</i>		<i>ovinos</i>		<i>caprinos</i>	
	<i>vaca</i>	<i>toro</i>	<i>marrana</i>	<i>verraco</i>	<i>oveja</i>	<i>carnero</i>	<i>Cabra</i>	<i>Macho cabrío</i>
<b>Pubertad</b>	5-15 meses Promedio 7-10 meses	6-15 meses Promedio 8-9 meses	5-7 meses	= que la cerda	Nacidos temprano: (sep) 4-6 meses Nacidos tardía//: al año siguiente 15-18 meses	+/- 5 meses	5 meses	5 meses
<b>crianza</b>	16-26 meses (60% del peso adulto) cebu más tarde	22-24 meses para servicio natural	> 7 meses y 120 kg de peso	9-10 meses	60% del peso adulto (2 años aprox)	1 año	8 meses, no < de 33 kg.	+/- 8 meses
<b>Vida útil</b>	5 años promedio	4-5 años	3-4 años	5 años	5 años	6 años	6-7 años	6-7 años
<b>Descarte</b>	Desgaste dentario 7-8 años	6-7 años, desgaste dentario y cap. reproductiva	4-5 años (razones reproductivas)	6 años (problemas de fertilidad y aplomos)	Desgaste dentario +/- 7 años	7 años, desgaste dentario, cap. Reproductiva.	7-8 años, desgaste dentario	8 años, desgaste dentario y cap. Reproductiva
<b>productivo</b>	1 ternero/vaca/año		2 camadas/cerda/año		1.5 crías/oveja/año		1.5 cabritos/cabra/año	
<b>Gestación</b>	9 meses		3 meses 3 semana 3 días (115 días aprox)		5 meses		5 meses	
<b>Ciclo estral</b>	+/- 21 días		20-21 días (2-3 días de estro)		16-18 días		3 semanas	
<b>Puerperio</b>	40-60 días		Hasta el final de la lactancia +/- 60 días					

**Etapas críticas:** aquellas donde se manifiesta el mayor número de pérdidas de terneros potenciales. En Argentina en % de destete < al 60% y la producción de 13 a 14 millones de terneros/año (y cada vez menos).

**Etapas de servicio:** 65% de las pérdidas por fallas en la concepción. Los fracasos se relacionan, en las hembras adultas a la etapa de puerperio.

**Etapas de partos:** pérdidas por erróneas decisiones de manejo, en la etapa de servicios y gestación.

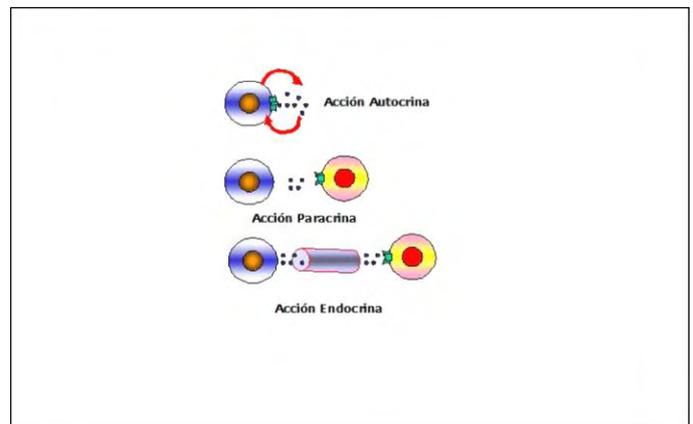
- Fertilidad
  - Masculina: capacidad de producir en cantidad y calidad, espermatozoides viables, detectar una hembra en celo y servirla.
  - Femenina: capacidad de producir un ternero hasta el destete.
- Esterilidad: falta de capacidad para reproducirse. Falta o falla en las gametas.
- Subfertilidad: grado de fertilidad BAJO. (dificultad para concebir, fijar el ovulo fecundado, etc.).
- Infertilidad: ausencia de fertilidad, por infecciones, por partos distócicos, por retención de placenta. Puede ser temporario o permanente.

## Hormonas

Son mediadores químicos que actúan como señales (mensajeros) capaces de inducir crecimiento, diferenciación y/o modificar la actividad metabólica de las células.

**Clasificación:** según la distancia en donde actúan respecto a su origen.

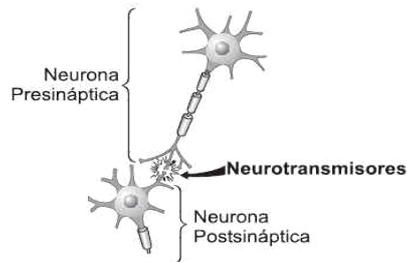
- **Autocrinas:** actúan sobre la misma célula que las libera.
- **Paracrinas:** actúan sobre células ubicadas en las proximidades de la célula que las produce. (prostaglandinas)
- **Endocrinas:** sintetizadas y liberadas al torrente sanguíneo, por glándulas endocrinas, actúan en un lugar distante al sitio de liberación. (LH, FSH)



- **Hormonas externas o feromonas:** sustancias odoríferas volátiles, secretadas por glándulas de secreción externa. Actúan como estímulos olfatorios que son captados por otros individuos de la misma especie.

➤ **Hormonas de origen nervioso**

○ **Neurotransmisores**



- **Neurohormonas:** producidas por cuerpos neuronales hipotalámicos en un proceso llamado neurosecreción que lleva implícito un mecanismo de transporte a través del axón.

**Químicamente las hormonas**

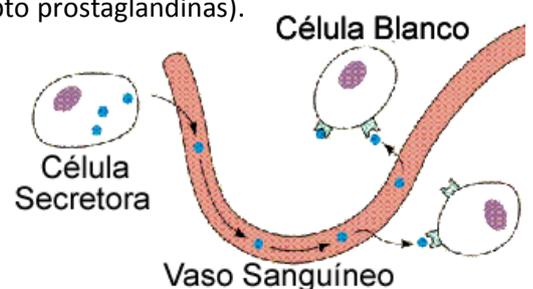
- Polipeptidos
- Derivados de amino ácidos
- Esteroides
- Ácidos grasos

✓ **Hidrosolubles**

- Se acumulan temporalmente en forma de gránulos en las células que las producen y son liberadas a la circulación por efecto de un estímulo.
- Circulan en forma activa.
- No atraviesan membranas celulares.
- Se unen a receptores ubicados en las membranas celulares.
- Utilizan 2º mensajeros para transmitir la señal dentro de la célula.
- Son removidas o destruidas minutos después de entrar en la sangre.
- Respuestas de corta duración.
- Hormonas proteicas, neurotransmisores y factores de crecimiento.

✓ **Liposolubles**

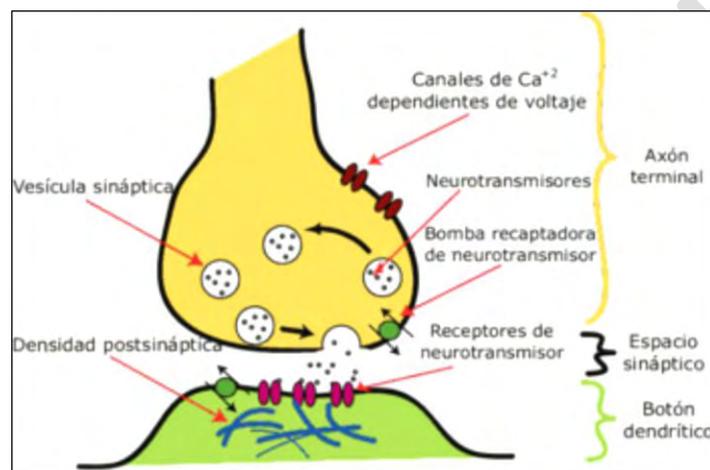
- No se acumulan en los tejidos que las producen, se liberan a medida que se sintetizan.
- Se unen a proteínas específicas para circular en el plasma.
- Atraviesan las membranas celulares.
- Se unen a receptores ubicados en el citoplasma o en el núcleo de las células blanco.
- El complejo H/R se traslada en el citoplasma para ejercer su acción en el núcleo (figura).
- Persisten en sangre.
- Respuestas de larga duración.
- Hormonas esteroideas y tiroideas (excepto prostaglandinas).



### Mecanismos de acción hormonal

**Determinados por receptores hormonales:** todas las hormonas hidrosolubles y algunas liposolubles se unen a proteínas receptoras específicas ubicadas en la superficie de las células que influyen. La unión H/R produce señales que actúan en la célula blanco.

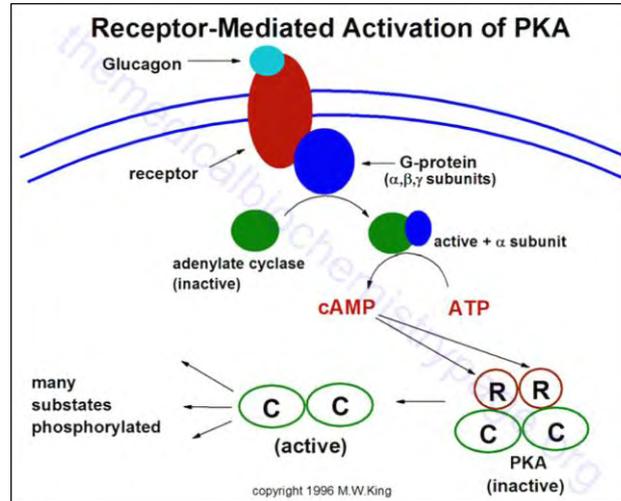
**Relacionados a canales:** por acción de la hormona estos receptores modifican su conformación y abren canales que permiten la entrada o el pasaje de iones específicos a través de la membrana. Se modifica la permeabilidad de la membrana. Es característico de los neurotransmisores en su forma de acción sináptica, donde la transmisión es muy rápida modificándose la permeabilidad de la célula post sináptica por un breve periodo de tiempo. Cuando el potencial de acción llega al final del axón, se abre un canal de  $\text{Ca}^{++}$  en la neurona que deja pasar el  $\text{Ca}^{++}$  al interior celular.



El  $\text{Ca}^{++}$  rompe las vesículas sinápticas del elemento pre sináptico, que se fusionan con la membrana liberada. Los neurotransmisores que se van a unir a proteínas de membranas post sinápticas abriendo canales y produciendo la despolarización en la nueva neurona post sináptica. Luego la membrana de la vesícula se regenera. El  $\text{Ca}^{++}$  sale de la neurona y los neurotransmisores son inactivados y/o extraídos del espacio sináptico. Hay una repolarización volviendo a una situación de reposo.

**Catalíticos:** proteínas que al ser activadas por la unión a la hormona, operan directamente en el citoplasma como enzimas.

**Ligados a una proteína G:** los receptores unidos a las hormonas activan o inactivan de forma indirecta, otra enzima unida a la membrana o canal iónico. La interacción esta mediada por una tercera proteína llamada proteína reguladora unida a GTP (proteína G). La enzima activada transmite la señal por medio de 2º mensajeros o mensajeros intercelulares (AMP, Ca<sup>+</sup>).



**Determinados por receptores celulares:** utilizado por hormonas esteroideas y tiroideas, que atraviesan la membrana por simple difusión y se unen fuerte pero reversiblemente a una proteína receptora, complementaria en el núcleo o citoplasma. Al unirse se activara el receptor que se separa de una proteína a la que estaba unida y que bloqueaba la capacidad de unirse a determinados genes. De esta manera el receptor se unirá a genes específicos en el núcleo para regular la transcripción.

*La respuesta hormonal depende de:*

- ✓ Cantidad de hormona disponible.
- ✓ Cantidad de receptores.
- ✓ Afinidad a los receptores.
- ✓ Disponibilidad de sustrato para los productos de síntesis.
- ✓ Naturaleza del estímulo.

## Hormonas de la reproducción

- **Neurohormonas:** actúan directamente como hormonas en circulación general. Neurosecreciones transportadas en pequeñas vesículas envueltas en una membrana, hacia abajo vía axones nerviosos hipotálamo-hipofisarios, mediante el flujo axoplasmico y se almacenan en la neurohipofisis hasta que se liberan a la circulación.

- **Vasopresina:** no es una hormona relacionada con la reproducción. Hace que los riñones conserven agua mediante la concentración de orina y la reducción de su volumen, estimulando la reabsorción de agua. Recibe su nombre de esta importante función como regulador homeostático de fluidos. También tiene funciones en el cerebro y en los vasos sanguíneos. (cuando el animal tiene sed).
- **Oxitócina:** también se produce en el cuerpo lúteo. Tiene dos orígenes: hipotálamo y ovario. Relacionada con los patrones sexuales y con la conducta maternal actúa también como neurotransmisor en el cerebro. En las hembras, la oxitócina se libera en grandes cantidades tras la distensión del cérvix uterino y la vagina durante el parto, así como en respuesta a la estimulación del pezón por la succión del bebé, facilitando por tanto el parto y la lactancia.
  - **ACCION:**
    - Sobre la musculatura lisa
    - Contráctil, sobre células mioepiteliales de la glándula mamaria (eyección láctea)
    - Para ayudar al parto o a la expulsión de placentas retenidas
    - Contráctil sobre las fibras longitudinales del miometrio permitiendo la expulsión del feto durante el parto y después del parto la involución uterina.
    - Liberada durante el coito (por macho y hembra) favoreciendo el transporte espermático y el descenso del ovulo
    - Induce la síntesis de PGF $2\alpha$  en la mucosa uterina participando en la luteolisis
- **Hormonas reguladoras:** actúan en forma restringida sobre la hipófisis para regular su función. 6 estimuladoras, 3 inhibidoras.
  - **Hormona liberadora de gonadotropinas GnRH:** Es una hormona liberada por el hipotálamo cuyo centro de acción es la hipófisis. Es un decapeptido que estimula la liberación de gonadotropina (hormona luteinizante o LH y foliculoestimulante o FSH) por parte de la adenohipófisis. Por otro lado, la gonadotropina poseen su centro de acción en las gónadas masculina y femenina. induce la síntesis y liberación de FSH y LH por adenohipofisis. La secreción está regulada por un oscilador neural, liberándose episódicamente a las venas portales hipofisarias imponiéndole un patrón de liberación pulsátil a la secreción hipofisaria de gonadotropinas que esta mas marcado en LH que en FSH. Se utiliza para inducir y sincronizar ovulaciones, para tratar quistes ováricos.

- **Hipofisarias:** son de la adenohipofisis. (la neurohipofisis no es una estructura glandular, sino solo un depósito de hormonas sintetizadas o producidas por el hipotálamo).
  - **Hormona folículo estimulante FSH:** glicoproteína compuesta por dos subunidades,  $\alpha$  común a la FSH, LH y TSH, y la  $\beta$  específica en su actividad biológica. El periodo de vida media es de +/- 2.5 horas. FSH regula el desarrollo, el crecimiento, la maduración puberal, y los procesos reproductivos del cuerpo. FSH y LH actúan de forma sinérgica en la reproducción.
    - **ACCION:**
      - estimula periódicamente el desarrollo y crecimiento folicular, determinando las ondas de crecimiento folicular durante el ciclo estral (aumenta FSH= inicio de la onda, disminuye FSH= se selecciona el folículo dominante). Los folículos tienen receptores para FSH desde el estadio antral hasta el preovulatorio.
      - Junto con LH es responsable de la síntesis de estrógeno por los folículos en las células de la granulosa, una aromatasa que transforma sustancias androgenicas a  $17\beta$  estradiol en la hembra también en las células de Sertoli (macho).
      - En macho actúa en las células de sertoli, dentro de los tubos seminíferos, donde estimula la síntesis de inhibina, estrógenos y proteína transportadora de andrógenos. Es necesaria en la espermatogenesis.
      - Se utiliza en tratamientos de superovulacion para transferencias de embriones.
  - **Hormona luteinizante LH:** glicoproteína, con características químicas y tamaño molecular muy similar a la FSH, producida por las células basofilas de la adenohipofisis, su vida media es de 30' minutos. La liberación de LH de la glándula hipófisis es regulada por la producción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) proveniente del hipotálamo. Estos impulsos a su vez, están sujetos a la retroalimentación del estrógeno proveniente de las gónadas.
    - **ACCION:**
      - Incrementa el flujo sanguíneo en el ovario (efecto hiperhemico).
      - Estimula por si sola en la teca interna del folículo la síntesis de testosterona a partir de colesterol en la hembra; y en el macho actúa sobre las células de Leydig.
      - Induce la formación del cuerpo lúteo y lo mantiene al estimular la secreción de progesterona por el cuerpo lúteo.
      - Induce la ovulación.
      - Se utiliza para sincronizar celos, para tratar quistes ováricos.

- **Prolactina Pr:** polipeptido secretado por las células acidofilas de la adenohipofisis. estimula la producción de leche en las glándulas mamarias y la síntesis de progesterona en el cuerpo lúteo.
  - ACCION:
    - Forma parte del complejo lactogenico hipofisario junto a ACTH y STH.
    - Induce el desarrollo del sistema de conductos y el crecimiento lóbulo alveolar.
    - Favorece el pasaje de inmunoglobulinas hacia el calostro.
    - Inicia y mantiene la secreción de leche.
  
- **Hormona de crecimiento STH:** proteína secretada por las células acidofilas de la adenohipofisis. Actúa a nivel del hueso, musculo, riñón, tejido adiposo e hígado. La STH facilita el aumento de tamaño de las células y estimula la mitosis, con lo que se desarrolla un número creciente de células y tiene lugar la diferenciación de determinados tipos de células, como las células de crecimiento óseo y los miocitos precoces.
  - ACCION:
    - Estimula el crecimiento y el metabolismo.
    - Facilita el pasaje de aminoácidos de la sangre a las células musculares.
    - Es glucogénica, aumentando los niveles circulantes de glucosa.
    - Estimula la actividad mitótica en las epífisis de los huesos largos.
    - Aumenta la lipólisis y ácidos grasos circulantes.
    - Incrementa la producción de leche (galactopoyesis).
    - Estimula el crecimiento del útero, ovario y producción de estrógenos.
  
- **Tirotrófina TSH:** glicoproteína secretada por las células basofilas de la adenohipofisis.
  - ACCION:
    - La TSH hormona estimulante de la tiroides, aumenta la secreción de tiroxina y triyodotironina por las glándulas tiroides produciendo la TSH en todas las actividades de las células glandulares tiroides.
    - Aumenta la proteólisis de la tiroglobulina intrafolicular, con lo que aumenta la liberación de hormona tiroidea hacia la sangre circulante y disminuye la substancia folicular misma.
    - Aumenta la actividad de la bomba de yodo que incrementa el índice de captación de yoduro en las células glandulares.
    - Aumenta la yodación de la tiroxina y de su acoplamiento para formar hormonas tiroideas.
    - Aumenta el tamaño y la función secretoria de células tiroideas.
    - Aumenta el número de células de las glándulas y hace que se transformen de cuboides en cilíndricas
    - La estimulación eléctrica del área paraventricular del hipotálamo, aumenta la secreción prehipofisaria de TSH y en consecuencia aumenta la actividad de la glándula tiroides.

- **Hormona estimulante de la corteza adrenal ACTH:** proteína producida por las células basofílicas con un ritmo diurno bien establecido: el nivel plasmático es máximo al amanecer y es mínimo al atardecer. estimula a las glándulas suprarrenales.
    - **ACCION:**
      - Regula la producción de glucocorticoides por la corteza adrenal.
  - **Hormona melano estimulante:** reguladora de los pigmentos cutáneos. Es una proteína, es una hormona vestigial en los mamíferos.
- **NO hipofisarias:**
    - **Gonadotropina corionica equina CGe:** glicoproteína con unidades  $\alpha$  y  $\beta$  similares a FSH y LH, pero con mayor vida media. Secretada por las copas endometriales del útero equino, en las células trofoblásticas (entre el día 40 y 85 de la gestación), se la encuentra en la sangre de donde se la extrae.
      - **ACCION:** principalmente tipo FSH. Al estimularse el desarrollo de los folículos del ovario. Acción LH, ya que algunos folículos no ovulan y se luteinizan.
    - **Gonadotropina corionica humana:** sintetizada en el embrión y en la placenta de las mujeres embarazadas. La hCG durante el embarazo previene la desintegración del cuerpo lúteo en el ovario y por tanto mantiene la producción de estrógenos, sumamente importantes para el embarazo, y además interviene en la tolerancia inmunológica durante el embarazo. Como la hCG se comienza a secretar después de los primeros 6 días de embarazo, ésta se puede usar como marcador de embarazo.
      - **ACCION:** tipo LH y algo FSH.
    - **Lactogeno placentario:** es una hormona proteica similar a la prolactina, producida en el sincitiotrofoblasto la primera semana del embarazo, alcanzando su concentración máxima en el sexto mes (último tercio de la gestación). Mantiene el suministro constante de glucosa estimulando la lipólisis materna por manipulación de las concentraciones y la sensibilidad materna a la insulina. También aumenta el flujo de aminoácidos hacia el feto.
  - **Hormonas gonadales.**
    - **Hormonas gonadales esteroideas:** secretadas por los ovarios, testículos, y corteza suprarrenal a partir del acetato. La placenta carece de enzimas para la síntesis de NOVO, pero puede sintetizar estrógeno y progesterona a partir del cortisol. Las hormonas esteroideas tienen una estructura química básica común: el núcleo está formado por el ciclo pentanoperhidrofenantreno, como el colesterol, difiriendo de las hormonas solo en las cadenas laterales unidas a este núcleo.

- **Progestágenos:** hormonas con un efecto similar a la progesterona, el único progestágeno natural. Todos los demás progestágenos son sintéticos.
  - **Progesterona:** es secretada principalmente por el cuerpo lúteo, y en menor medida por las células de la granulosa, en el folículo, poco antes de la ovulación. También por la corteza suprarrenal y por la placenta durante la preñez. Es la hormona responsable del desarrollo de caracteres sexuales secundarios en una mujer, y sirve para mantener el embarazo.
    - ACCION:
      - Prepara al útero para la implantación y mantenimiento de la preñez: “quietud uterina (inhibición de la motilidad uterina)” y “aumento de glándulas secretoras del endometrio”.
      - Regula el ciclo estral: “sinergiza con estrógeno induciendo estro y el comportamiento o receptividad sexual” y “elevadas concentraciones inhiben el estro o ciclo, y el pico ovulatorio de LH”.
      - Atresan folículos dominantes y NO inhibe el desarrollo de ondas de crecimiento folicular.
      - Estimula el desarrollo del tejido lóbulo-alveolar, o secretor de la glándula mamaria durante la gestación.
      - Es anabólica, contribuye a la ganancia de peso y deposición de reservas en la madre a pesar del crecimiento fetal.
      - Cierra el canal cervical.
      - Se utiliza para sincronizar celos.
- **Estrógenos:** producidos por los ovarios y, en menores cantidades, por las glándulas adrenales. Inducen fenómenos de proliferación celular sobre los órganos, principalmente endometrio, mama y el mismo ovario. Los estrógenos presentan su mayor concentración los primeros 7 días de la menstruación. La principal NATURAL es el 17 $\beta$ -estradiol. Es sintetizada principalmente en las células de la granulosa de los folículos dominantes. También en la placenta, corteza suprarrenal y células de Sertoli en machos.
  - ACCION:
    - Caracteres sexuales secundarios de la hembra.
    - Junto con progesterona, induce a nivel del SNC, el comportamiento del celo y la libido.
    - Desarrollo del sistema de conductos mamarios.
    - Crecimiento endometrial, aumentando la irrigación de los órganos de la reproducción y provocando hipertrofia, aumentando el diámetro y la secreción de la mucosa.
    - Durante el estro se observa, edema genital e hinchazón de vulva.
    - Estimula la síntesis de oxitocina en útero.
    - Regula la secreción de LH y FSH.
    - Ovulación.

- Relajación del cérvix.
  - Estimula la asimilación de calcio y la osificación, impidiendo el desarrollo posterior.
  - Se utiliza para el control de los ciclos estrales, inducción de parto, expulsión de placentas, etc.
- **Andrógenos:** Los andrógenos son hormonas sexuales masculinas y corresponden a la testosterona, la androsterona y la androstendiona. Función principal es estimular el desarrollo de los caracteres sexuales masculinos. Son segregados por los testículos, en las células de Leydig, cuando son estimulados por LH. También por los ovarios en la células de la teca del folículo, y por la corteza suprarrenal de las glándulas suprarrenales.
- ACCION:
    - Caracteres sexuales secundarios masculinos.
    - Comportamiento sexual masculino y la libido.
    - Crecimiento, desarrollo y actividad secretora de los órganos sexuales secundarios masculinos.
    - Funcionalidad de la túnica Dartos.
    - Estimula la última etapa de la espermatogenesis.
    - Regula RAN sobre hipotálamo e hipófisis a LH y FSH.
    - Se utiliza en animales como marcadores para la detección de celos.
- **Hormonas gonadales NO esteroideas.**
- **Inhibinas:** proteína aislada de extractos testiculares y también en el líquido folicular. Su función principal es inhibir la secreción de la gonadotrofina FSH. Tiene relación con la testosterona. Producidas en las células de Sertoli en testículo y en folículos antrales (granulosa) en ovarios. Las inhibinas realizan RAN sobre hipotálamo e hipófisis, frenando la síntesis de FSH-Rh y FSH.
    - ACCION:
      - Control en la secreción de FSH.
      - Acción paracrina en el desarrollo folicular.
  - **Relaxina:** polipeptido producido por el cuerpo lúteo del ovario durante la preñez. En algunas especies también por la placenta y el útero.
    - ACCION:
      - Dilatación del cérvix y vagina antes del parto.
      - Inhibición de las contracciones miométriales.
      - Mejora la motilidad del espermatozoide en el semen.

- **Hormonas uterinas.**

- **Prostaglandinas:** sustancias de carácter lipídico derivadas de los ácidos grasos de 20 carbonos. Hormonas de acción paracrina en algunos casos endocrina no específica, producidas por todos los tejidos del cuerpo. Tienen receptores de membrana que median respuestas rápidas y de corta duración.
  - **ACCION:**
    - Control de la presión sanguínea, lipólisis, coagulación de la sangre, secreciones gástricas, función renal y respiratoria.
    - Ovulación.
    - Contracciones uterinas:
      - Facilitan el parto.
      - Facilitan el transporte de espermatozoides.
      - Involución uterina.
    - Luteotrofica.
    - Luteolisis.
    - Se utiliza para la sincronización de celos.

## Correlación fisiológica del sistema nervioso y endocrino

**Homeostasis:** es la capacidad de un organismo de mantener constante el medio interno en condiciones ambientales diversas. Incluye el balance de calor y termorregulación, balance de agua y electrolitos, balance circulatorio y respiratorio. Se relaciona con el estado de salud del animal. Mantenimiento de un equilibrio fisiológico.

**Medio interno:** líquidos extracelulares, vasculares e intercelulares, que proveen a las células un ambiente compatible con las funciones vitales.

**Homeorresis:** son los sistemas con homeostasis que no son estáticos en este estado, de modo tal que no siempre tendrán su estado de equilibrio presente en el sistema. Son cambios coordinados del metabolismo de los tejidos corporales necesarios para soportar un estado fisiológico.

**Sistema nervioso:** capta por medio de neuronas especializadas receptoras de estímulos, que pueden provenir del ambiente externo o interno. Los estímulos son transformados en impulsos nerviosos y transmitidos por otras neuronas a centros de integración ubicados en el encéfalo, donde se desencadena una respuesta nerviosa, muscular que es rápida y localizada (precisa). Solamente cuando se libera el neurotransmisor en las terminales nerviosas el impulso eléctrico se transforma en una señal química que puede actuar de forma sináptica o paracrina. Los neurotransmisores se diluyen poco, pudiendo alcanzar concentraciones locales muy altas. Los receptores tienen relativamente baja afinidad a sus ligaduras.

**Sistema endocrino:** efectos altamente especializados del sistema nervioso, que transmite respuestas hacia el medio interno mediante señales químicas que se distribuyen por la sangre, produciendo respuestas lentas y duraderas. Las respuestas pueden ser de corta duración mediante hormonas hidrosolubles o de mayor duración mediante hormonas esteroideas y tiroideas (liposolubles). Las hormonas actúan en concentraciones muy bajas, ya que se diluyen en la corriente sanguínea y en el líquido intersticial, tienen una alta afinidad con el receptor y actúan con una gran especificidad que está determinada por la química de la señal y de los receptores de la célula blanco.

La especificidad se complementa con mecanismos que protegen al organismo de una acción exclusiva o indeseada de las hormonas:

- ❖ RAN.
- ❖ RAP.
- ❖ Especificidad de las proteínas plasmáticas que se unen a hormonas.
- ❖ Presencia, en la célula blanco, de sistemas enzimáticos que transforman una prehormona u hormona débil en otra biológicamente más potente.
- ❖ Destrucción rápida de los mediadores químicos locales.
- ❖ Mecanismos de amplificación de las señales.

**Sistema hipotalámico-hipofisario:** control nervioso de la actividad endocrina a nivel hipotalámico.

#### **Hipotálamo:**

- importante órgano integrador de los mecanismos homeostáticos.
- Nexo fundamental entre los sistemas nervioso y endocrino.
- Se encuentran los centros de control de:
  - Termorregulación.
  - Consumo de agua y de alimentos.
  - Osmoregulación.
  - Respiración.
  - Actividad cardiovascular.
  - Funciones reproductivas.
- Anatómicamente es una parte del mesencéfalo constituido por numerosos grupos celulares o núcleos que difieren en las características estructurales y funcionales.
- Tiene dos formaciones importantes para las funciones sexuales:
  - **Hipotálamo medio basal o región hipofisiotropa:** regula los procesos tróficos (tónicos). Centro tónico: produce las neurohormonas u hormonas reguladoras (recibe estímulos en forma de impulsos nerviosos y responde con secreción de hormonas).
  - **Región preoptica:** relacionada con la captación de estímulos y la regulación de los centros cíclicos. (ausente en el macho)

## Hipófisis:

Glándula pituitaria. Glándula de secreción interna, que no solo elabora hormonas de acción específica, sino que ejerce control sobre otras glándulas. Tiene dos porciones o estructuras anatómicas, de orígenes embriológicos diferentes:

- ❖ **Adenohipofisis o hipófisis anterior:** deriva de la cavidad oral primitiva. Es una estructura glandular que no está conectada anatómicamente con el hipotálamo, sino que se relaciona a través del sistema porta HPOTALAMO-HIPOFISARIO (importante red de capilares sanguíneos), vía humoral, es decir que la actividad secretora de esta glándula está regulada nerviosamente por la actividad neurosecretora del hipotálamo, pero las neurohormonas son liberadas a los capilares del sistema porta hipotálamo-hipofisario, llegando a los receptores de la adenohipofisis por vía sanguínea. También hay flujo sanguíneo retrogrado venoso en sentido inverso, hacia el hipotálamo desde la adenohipofisis. Produce:
  - STH
  - ACTH
  - TSH
  - FSH
  - LH
  - PRL
- ❖ **Neurohipofisis o hipófisis posterior:** prolongación neural del piso del encéfalo. Es parte del sistema nervioso, formado por neuralgias y terminaciones nerviosas de los axones que provienen de los núcleos supraóptico y paraventricular que la conectan anatómicamente con el hipotálamo, relacionándose con el vía nerviosa. Sirve como depósito y centro de liberación de las hormonas oxitócica y vasopresina que son sintetizados por el núcleo supraóptico y paraventricular del hipotálamo (células secretoras).

---

## Mecanismos de regulación hormonal

Mecanismos muy sensibles de autocontrol que permiten mantener la síntesis y liberación de hormonas dentro de los estrechos márgenes compatibles con las funciones normales, a un costo mínimo de funcionamiento. El proceso reproductivo basa su regulación en mecanismos de retroalimentación o RAN. En la hembra hay excepciones habiendo RAP.

- ✚ **Centro tónico:** controla la liberación tónica o basal, compatible con las funciones tróficas (normales) de las hormonas. En el área hipofisiotropa, generadora de pulsos.
- ✚ **Control cíclico:** ausente en el macho, es responsable de la ciclicidad, es decir de que ocurra una periodicidad cíclica intrínseca de la especie, la ovulación. En el área preoptica, generadora del pico preovulatorio de LH.

Liberación tónica de LH y FSH: se liberan a sangre en forma tónica y continua, tanto en el macho como en la hembra. Las concentraciones basales de FSH y LH se mantienen oscilando dentro de los rangos normales,

*Nivel tónico o basal es el necesario para las funciones normales de las glándulas.*

mediante un mecanismo de retroacción negativa con las gónadas a través de sus hormonas que se ejerce tanto a nivel hipotalámico como hipofisario.

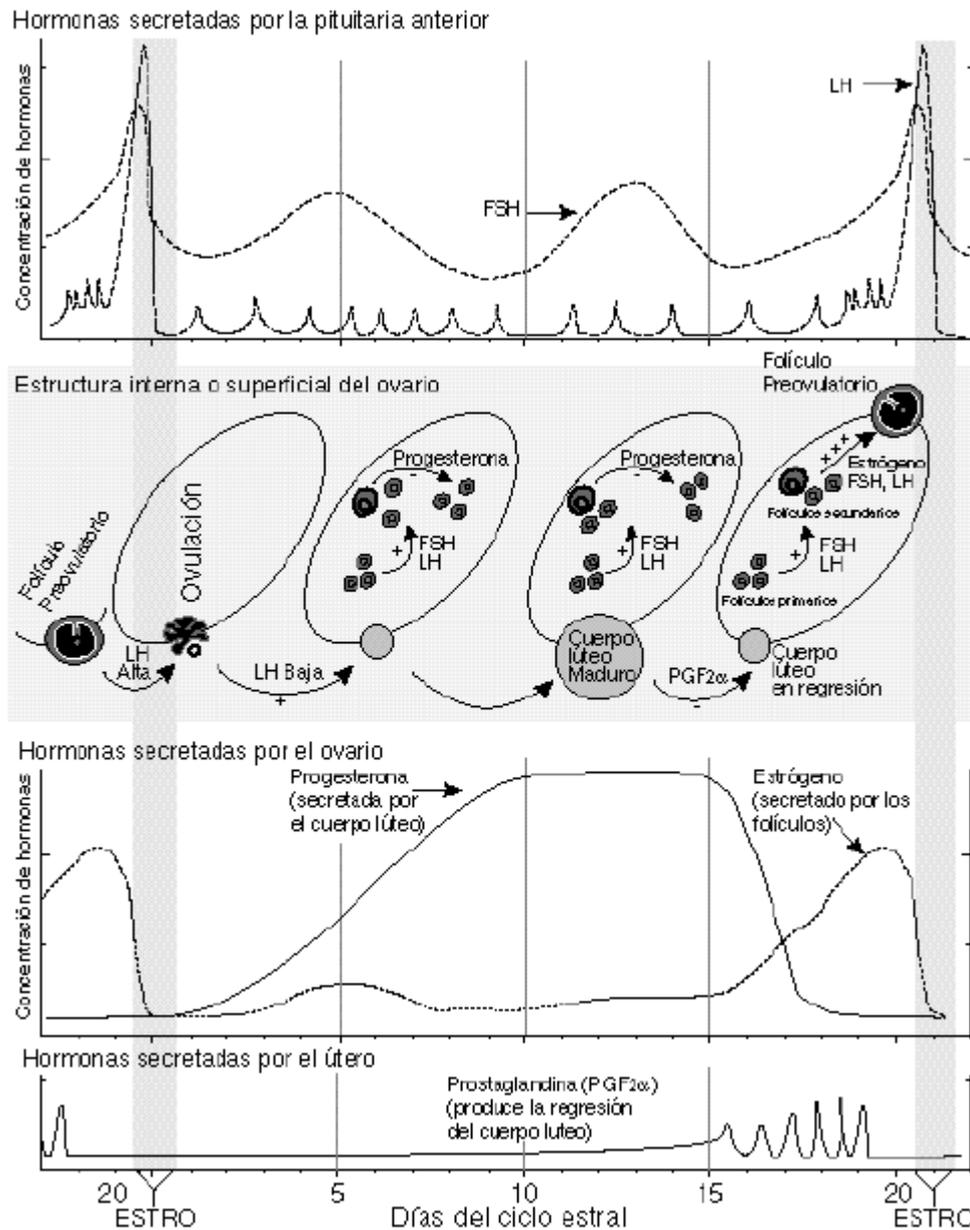
---

### **Regulación en el macho:**

- Por el eje hipotálamo-hipofisis-testículo. Factores ambientales sobre GnRH.
- GnRH producida por el hipotálamo en el área hipofisiotropa, estimula la liberación de FSH y LH por la adenohipofisis.
- La LH actúa sobre las células intersticiales del testículo o de Leydig, posterior a una sensibilización sobre ellas de la FSH, e induce la síntesis y liberación de testosterona.
- La FSH actúa sobre las células de Sertoli en los tubos seminíferos, transformando parte de la testosterona en estrógenos. El resto de testosterona va a los vasos sanguíneos para dar los caracteres sexuales secundarios o a los tubos seminíferos para funciones propias de la testosterona.
- Testosterona y estrógenos en la sangre actúan sobre el hipotálamo e hipófisis frenando la producción (RAN) de LH-RH (GnRH) y LH.
- Las inhibinas realizan RAN sobre el hipotálamo e hipófisis frenando la síntesis de FSH-RH (GnRH) y FSH.

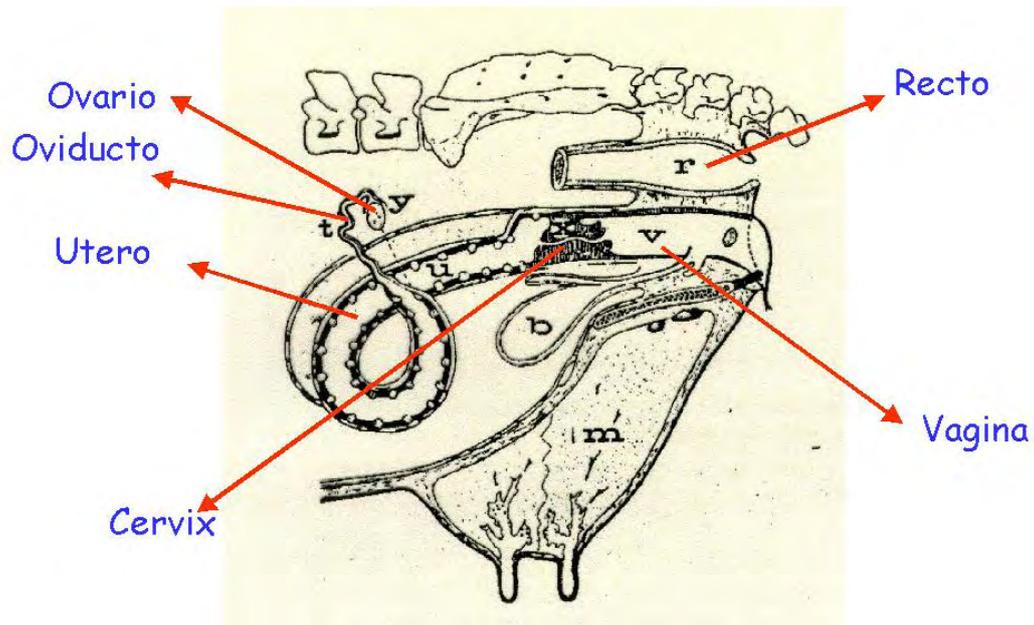
### **Regulación en la hembra:**

- Por el eje hipotálamo-hipofisis-ovario-útero.
- Estrógenos y progesterona, producidas respectivamente por los folículos del ovario pequeños y por el cuerpo lúteo funcional, sinergizan para llevar a cabo una RAN sobre hipotálamo e hipófisis.
- Liberación preovulatoria de LH y FSH, y ovulación.



- Cuando descenden los niveles de progesterona por la luteolisis y como consecuencia de un marcado incremento en el la concentración de sérica de estrógenos cuando el folículo se hace preovulatorio, se produce la descarga preovulatoria de LH y FSH (imagen) durante 6-12 hs. y 24-48 hs. antes de la ovulación. Los altos niveles de estrógeno anulan la RAN en hipotálamo y estimulan el centro cíclico (RAP) que responde mediante un aumento en la producción de GnRH, aumentando también la sensibilidad en hipófisis a la hormona hipotalámica, dando por resultado el pico de LH que al actuar sobre el folículo maduro desencadenan la ovulación.

## Aparato reproductor femenino



### Formado por órganos:

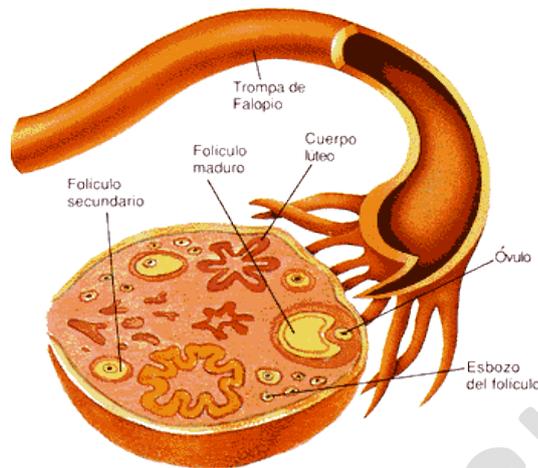
#### ✚ Primarios:

- Ovarios.

#### ✚ Secundarios:

- Oviductos o trompas de Falopio.
- Útero.
- Vagina.
- Vulva.

→<sup>1</sup> **Ovarios:** órganos sexuales primarios pares, ubicados en la cavidad abdominal, región sublumbar, por detrás de los riñones, sostenidos por un pliegue de peritoneo, el ligamento ancho, que en el ovario se denomina mesovario.



○ **Son glándulas mixtas:**

- ✓ Función endocrina: es la secreción de hormonas ( $E_2$ , por ejemplo).
- ✓ Función exocrina: producción de óvulos o gametas.

○ **Estructura:**

- ✓ Zona externa: corteza rica en folículos.
  - Epitelio germinal.
  - Albugínea.
  - Capa parenquimatosa, o estroma.
- ✓ Zona central: medula, rica en vasos sanguíneos y nervios.

→<sup>1</sup> **Oviductos o trompas de Falopio:**

○ **Estructura:**

- ✓ Anatómica:
  - Istmo: extremo unido al cuerpo uterino.
  - Ampolla: parte media, lugar de la fecundación.
  - Infundíbulo: extremo libre, dilatado, cerca del ovario.
- ✓ Histológica:
  - Serosa.
  - Muscular.
  - Mucosa.

○ **Función:**

- Nutrición del ovocito y capacitación del espermatozoide.
- Lugar de la fecundación (ampolla), transporta y nutre al ovulo; y transporta los espermatozoides con contracciones musculares.

→<sup>1</sup> **Útero:**○ **Estructura:**✓ **Anatómica:**

- Cuello o cérvix: gruesas paredes. Comunica a la vagina.
- Cuerpo.
- Cuernos: comunica con istmo.

✓ **Histológica:**

- Serosa.
- Miometrio.
- Endometrio.

○ **Función:**

- Transporta, selecciona y capacita los espermatozoides.
- Regula la función del cuerpo lúteo.
- Contracciones durante el parto.
- Inicia la implantación del huevo. Lugar de la gestación. Nutrición.
- Tapón cervical durante la preñez.

→<sup>1</sup> **Vagina:**

- Deposito de semen hasta su transporte.
- Recibe el pene durante la copula.
- Produce inmunoglobulinas.
- Conducto excretor de secreciones del cuello.

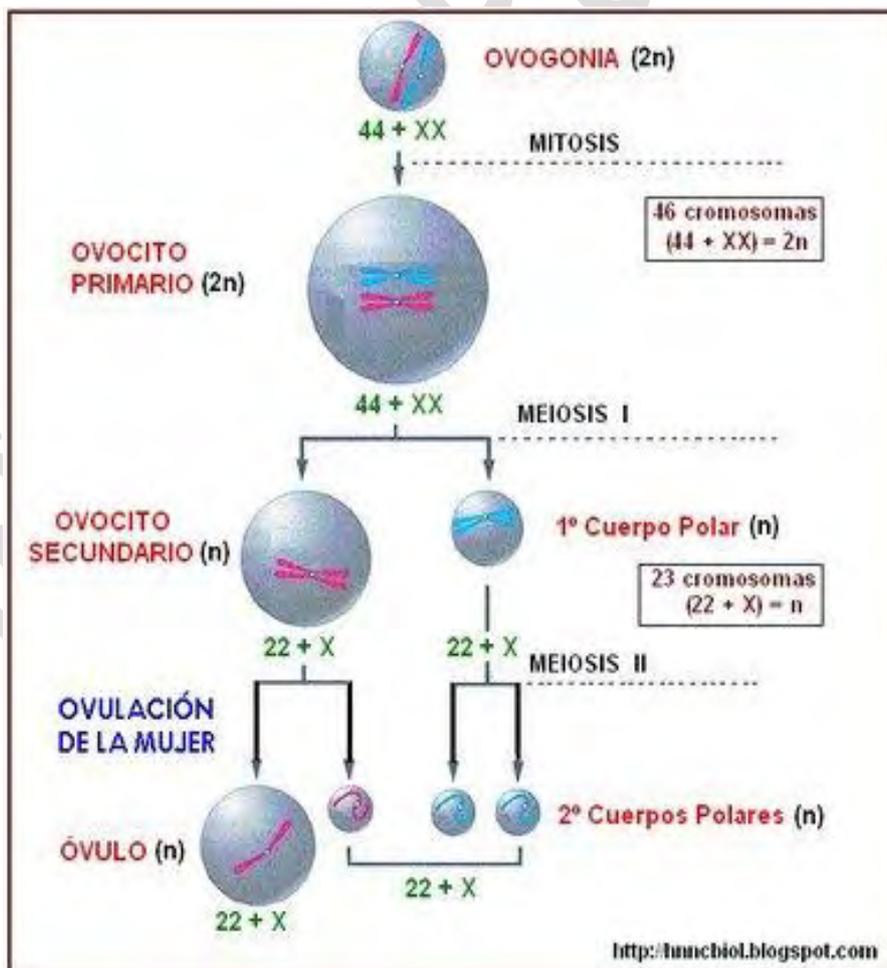
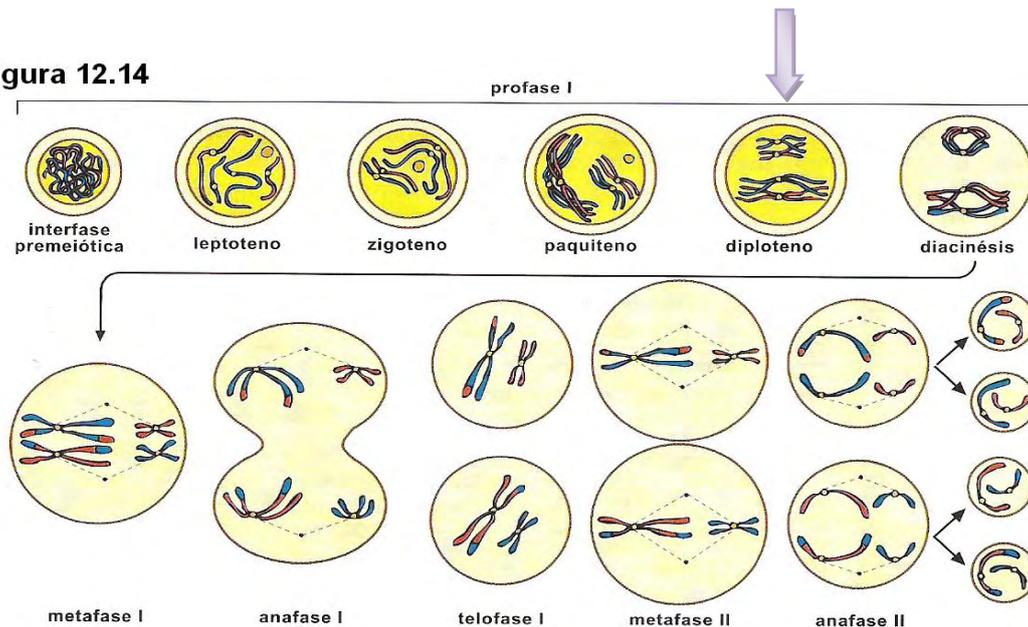
→<sup>1</sup> **Vulva:**

- Porción terminal del tracto genital.
- Recibe el pene durante la copula.
- Protección externa.

**Ovogénesis**

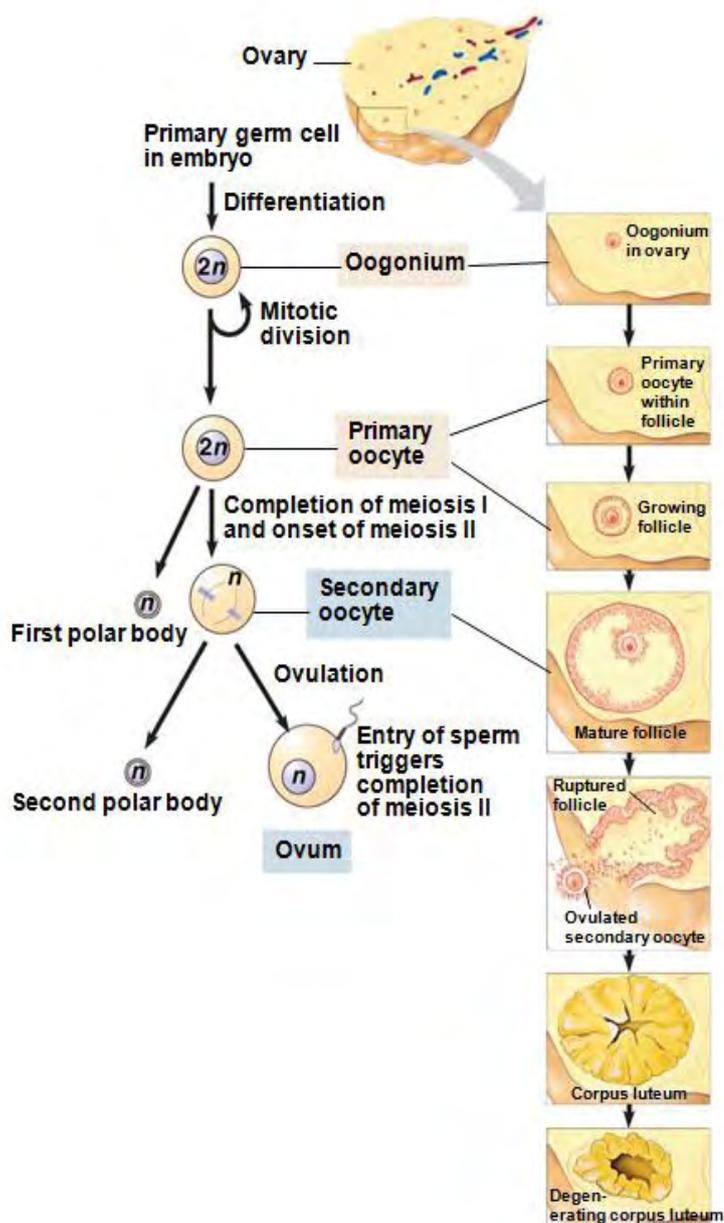
- proceso de origen de los oocitos u óvulos.
- Comienza en la etapa fetal, en la cual se originan ovogonias (2n), estas se dividen mitóticamente y se transformaran en oocitos, los cuales inician la meiosis, deteniéndose en estado de diploteno (profase 1) a los 80 días del periodo fetal (+/-).
- son rodeados por células foliculares (pregranulosa), el individuo en este estado tiene oocitos primarios (2n), estos se encuentran en un número fijo al nacer que se transformaran en óvulos.
- En la pubertad, cuando se produce el pico preovulatorio de LH, el oocito primario reinicia la Meiosis, hasta la metafase II, pasándose a llamar oocito secundario (n).
- se forma también el cuerpo polar, en este estado se produce la ovulación, permaneciendo así hasta la fecundación con la que se completara la meiosis y se transformara en **ovulo**.

Figura 12.14



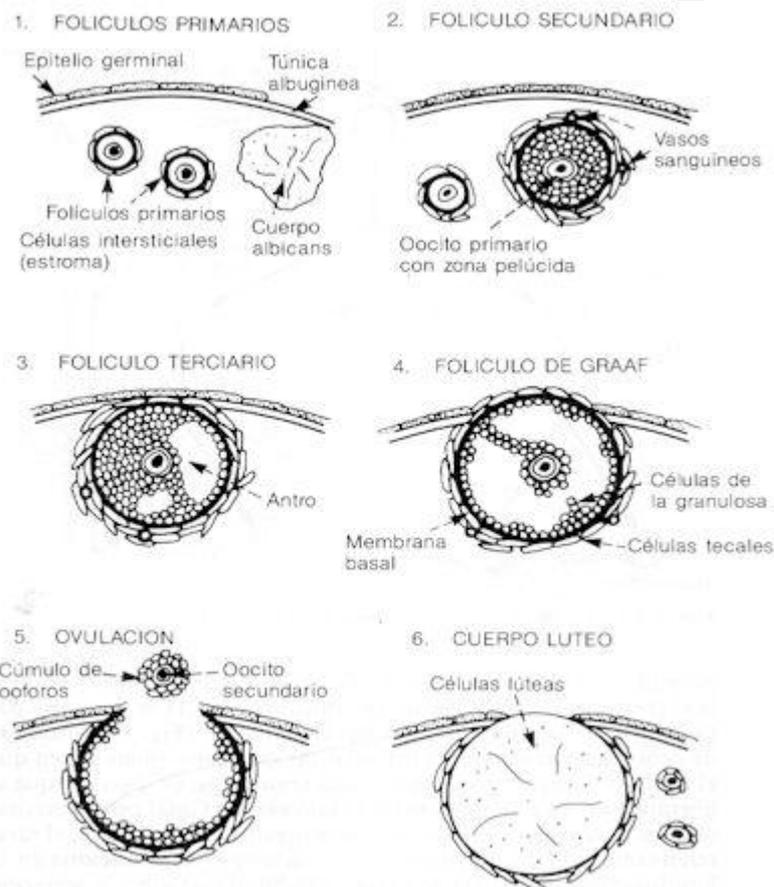
## Foliculogenesis

- Proceso de desarrollo y crecimiento folicular, continuo e irreversible.
- La foliculogénesis es el proceso de maduración del **folículo ovárico**, una estructura compuesta por células de la granulosa que rodea el ovocito y dentro de la cual se desarrolla la ovogénesis o división meiótica del ovocito. La foliculogénesis se desarrolla de manera *paralela* a la ovogénesis y durante este proceso el folículo pasa por diversos estadios: folículo primordial, folículo primario, folículo secundario o preantral, folículo terciario o antral y folículo de Graaf.



- Comienza en la etapa fetal en la cual se forma la reserva de folículos primordiales, que están formados por el oocito primario rodeado de células foliculares planas o de la granulosa.

- Un grupo de estos se activan y comienzan a crecer, transformándose en folículos primarios. La pregranulosa se transforma en granulosa. Aparece la zona pelúcida (matriz proteica que separa el oocito de las células de la granulosa).
- El folículo sigue su crecimiento, aumenta de tamaño las células de la granulosa se multiplican en varias capas, se diferencia la teca interna de la externa, en este estado se lo denomina folículo secundario (estadios preantrales).
- Las células de la granulosa secretan un líquido (licor folicular), que forma lagunas que coalescen formando el antro folicular, el tamaño del folículo aumenta a su máximo, denominándose folículo terciario o de Graaf.

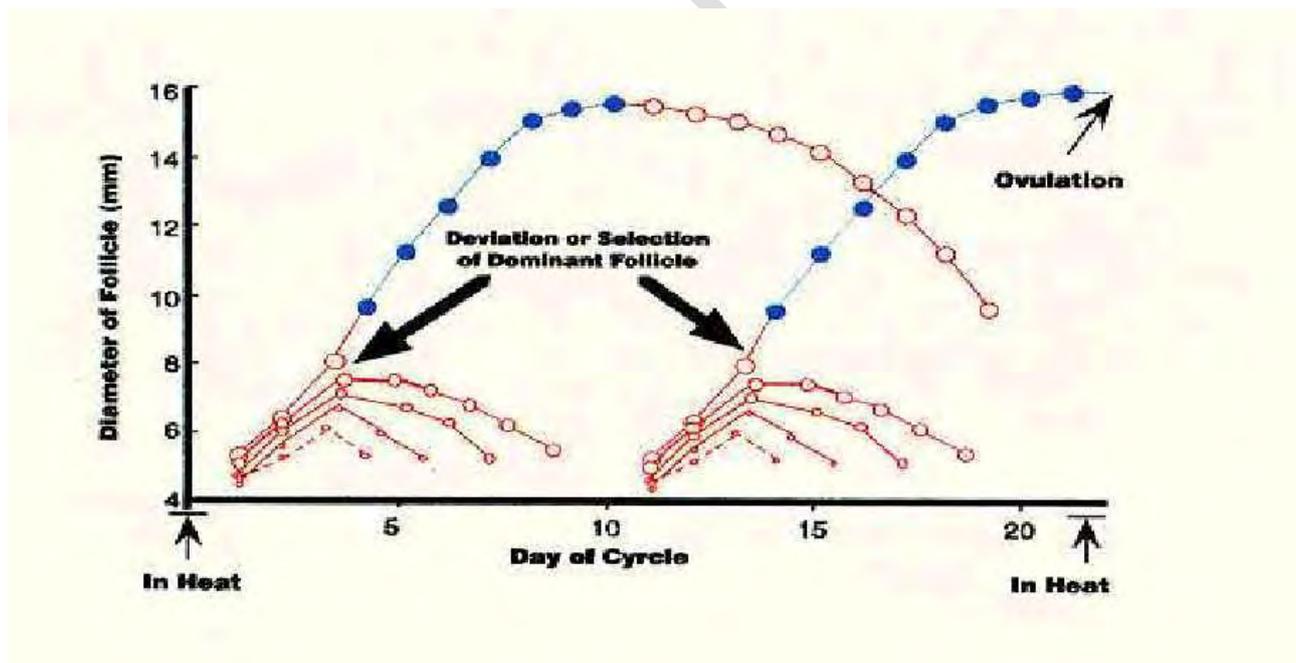


- El folículo terciario en condiciones de ovular, formado por el oocito 1°, células de la granulosa que lo rodean (corona radiada), cúmulo ooforo que fija el oocito.

## Dinámica folicular

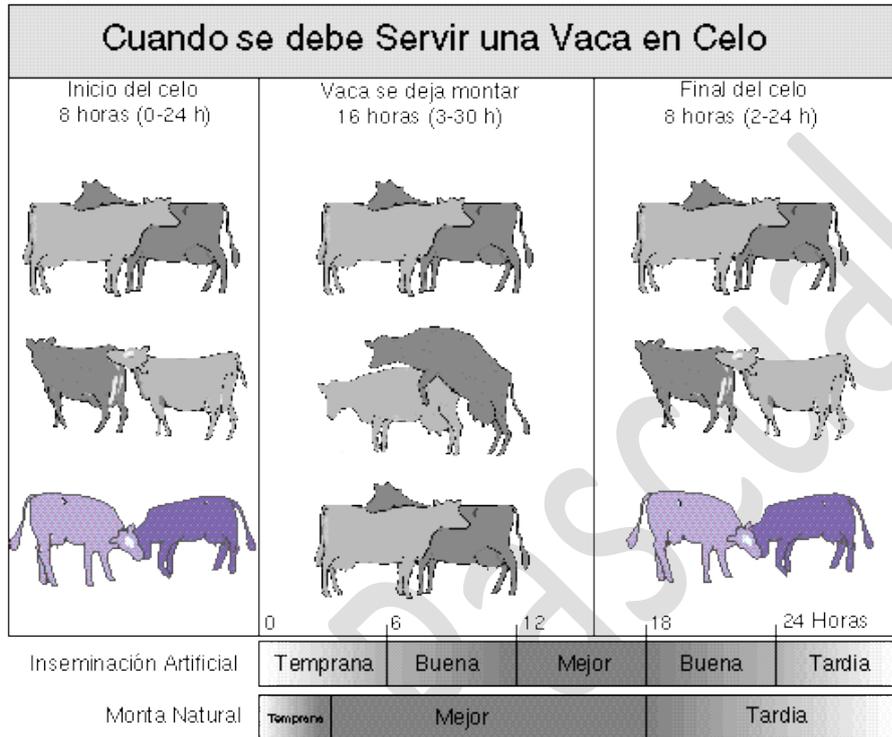
Es la secuencia de crecimiento y atresia de folículos antrales que determinan la presencia de ondas de crecimiento folicular. 3 etapas:

- I. **Reclutamiento:** inicio de la onda. Un grupo de folículos antrales pequeños son reclutados por acción de las gonadotropinas. La FSH estimula el crecimiento de estos que desarrollan receptores de LH en las células de la teca interna, lo que permite la síntesis de andrógenos, los cuales proveen el sustrato para que la FSH sintetice estrógenos para la activación de una aromatasas. Dura de 2 a 4 días.
- II. **Selección:** un folículo continúa creciendo y se hace dominante sobre los demás, este es responsable de casi todo el estrógeno circulante en el plasma de la hembra. Por desarrollo de más receptores o por secretar hormonas paracrinas inhiben el desarrollo de los demás.
- III. **Dominancia:** el folículo seleccionado crece más que los otros, que se atresian paulatinamente. En esta etapa hay 3 fases:
  1. De crecimiento
  2. Estática:
    1. Temprana.
    2. Tardía.
  3. Regresión: atresia en presencia de un cuerpo lúteo funcional siendo alta la concentración de P4 en la fase luteal. El estrógeno producido por el folículo dominante potencia la RAN de la P4 sobre GnRH, disminuyendo la frecuencia de pulsos de LH y FSH, atresia el folículo. Posteriormente disminuye la concentración de estrógeno, aumenta FSH y se inicia una nueva onda de crecimiento folicular.

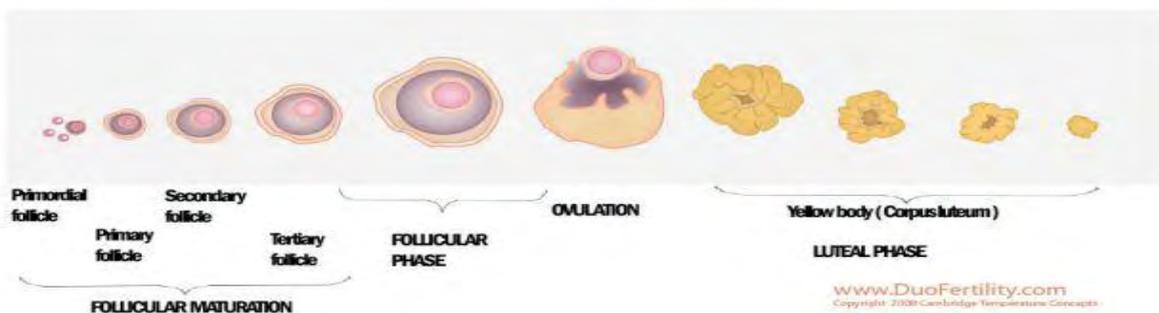


## Ciclo estral

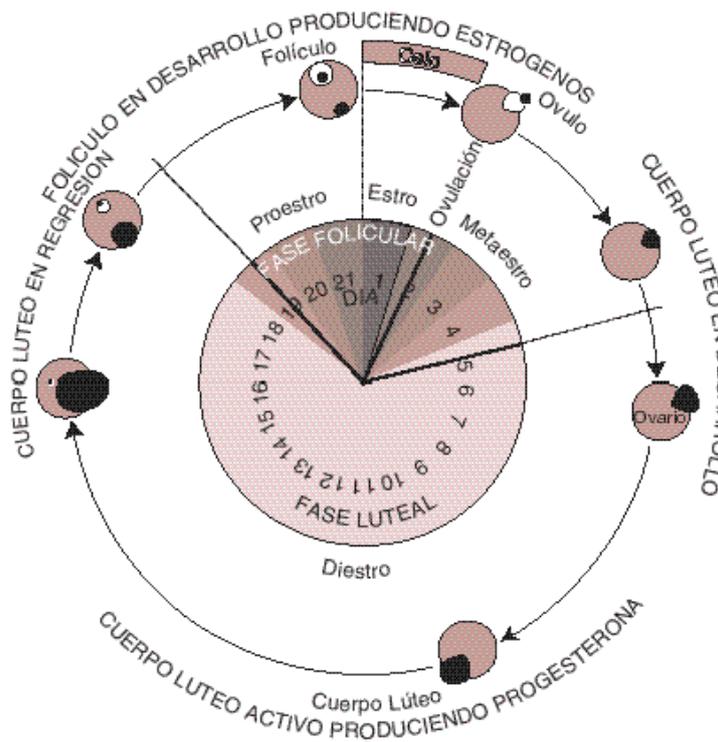
- ✚ En la vaca dura 20-21 días (+/- 18 días en vaquillonas).
- ✚ El periodo de CELO o receptividad sexual dura unas 18 horas, manifestándose en la vaca por actitudes como:



- Inquietud, mirada en acción de búsqueda.
  - Orina con frecuencia.
  - Pasividad ante la monta.
  - Actitud homosexual (variable).
  - Vulva tumefacta y hiperhémica.
  - Mucosidad que cae de la vulva.
- ✚ La ovulación ocurre de 10 a 12 horas después de finalizado el celo y +/- 30 horas después de iniciado.
  - ✚ Se puede considerar en las hembras mamíferas como bifásico:
    - Fase folicular.
    - Fase luteal.
  - “separadas por un periodo preovulatorio en el que ocurre la ovulación”
  - ✚ El día cero del ciclo es el día del CELO.



🌈 Fases:



#### ❖ Fase folicular o de regresión luteal

- **PROESTRO:** dura 3 o 4 días (corresponde al día 17-21 del ciclo), representa aproximadamente el 15%. Comienza con la luteolisis o regresión del cuerpo lúteo (finaliza con el celo), cayendo abruptamente las concentraciones de  $P_4$  (progesterona), a las 24-36 horas. Esto sumado a los bajos niveles de  $E_2$ , estimulándose la secreción de LH que se libera en pulsos de mayor frecuencia y menor amplitud, en menor medida la secreción de FSH, que estimula el desarrollo de un folículo terciario o de Graaf, que secreta cantidades crecientes de  $E_2$  en forma de pulsos. Las células de la granulosa de los folículos antrales adquieren receptores para LH aumentando mucho la producción de  $E_2$ , produciéndose un pico de este 8 horas antes del inicio del celo
  - Cuando se induce la luteolisis con  $PGF2\alpha$ , el folículo dominante solo puede ovular si se encuentra en las etapas de crecimiento o estadios tempranos (3-4 días); si el folículo se encuentra en etapas tardías o ha iniciado la atresia folicular, ovulara el folículo que se seleccione en la onda de crecimiento folicular siguiente (a los 4-6 días).
  - La luteolisis se producirá cuando el organismo no detecta la presencia de un embrión en el útero. Disminuyen los receptores endometriales para progesterona y aumentan para estrógeno, que inducen síntesis para receptores de oxitócica. La oxitócica de la neurohipofisis y el C.L aumenta el

número de receptores de  $PGF2\alpha$  y la síntesis en endometrio de  $PGF2\alpha$ , que por contracorriente llega al ovario y estimula la síntesis de oxitócica (RAP).

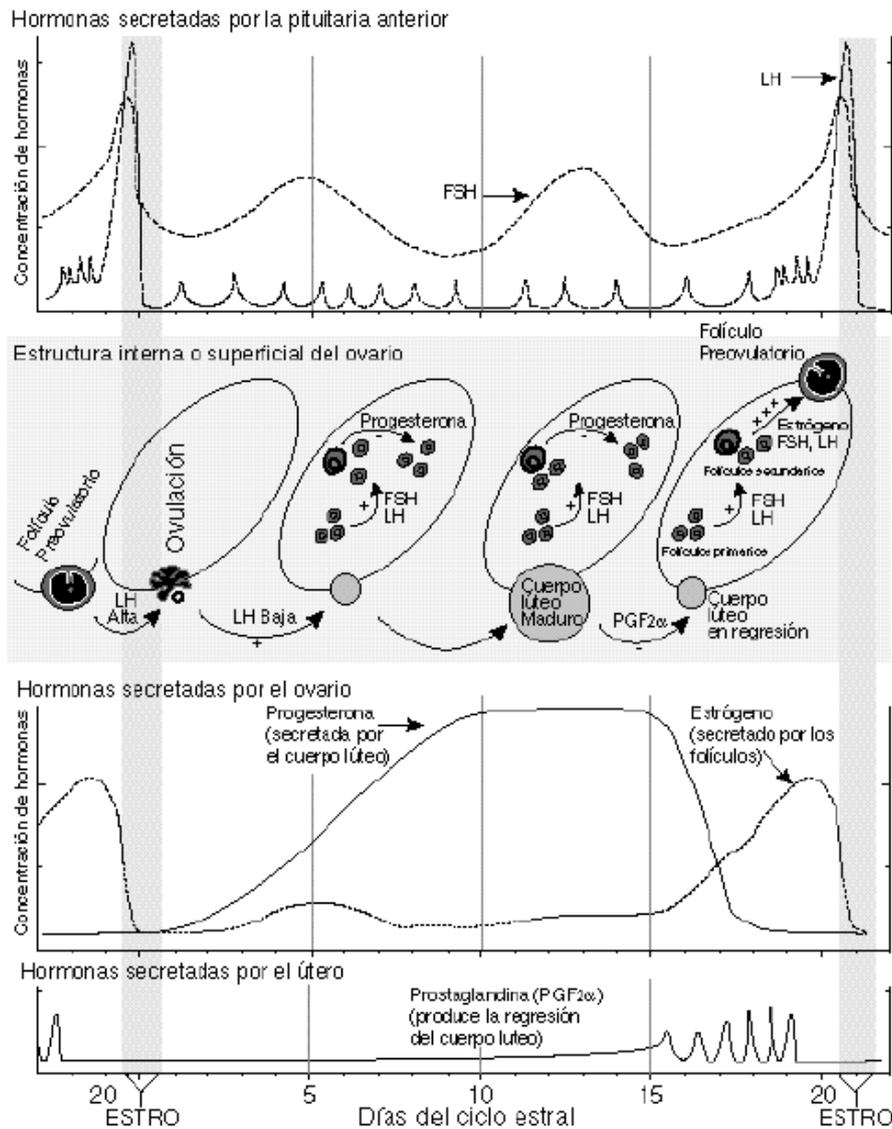
- Esta  $PGF2\alpha$  disminuye el aporte sanguíneo y la irrigación. Provoca vasoconstricción, hipoxia, disminuye el número de receptores para LH, aumenta la formación de radicales superóxidos, disminuye la cantidad de progesterona y se produce LUTEOLISIS.
- El efecto luteolítico estaría mediado por un aumento en la concentración de calcio intracelular libre que induce apoptosis (al estimular endonucleasas que fragmentan el ADN, finaliza con el celo).

#### ❖ **Periodo preovulatorio:**

- **ESTRO:** el aumento en los niveles de  $E_2$ , con muy bajos niveles de  $P_4$  circundante inducen en el sistema nervioso modificaciones en la conducta animal característica del periodo de receptividad sexual o celo. Los  $E_2$  ejercen RAP a nivel del centro cíclico del hipotálamo, provocando la liberación de una descarga muy grande de GnRh y LH (descarga preovulatoria de gonadotropinas) aumentando la frecuencia y disminuyendo la amplitud de los pulsos, incrementándose los niveles basales de LH que alcanzan un pico máximo +/- a las 6 horas del inicio del celo (+/- 24 horas pre ovulación). Este hecho desencadena la ovulación, que ocurre a las 12 horas de terminado el celo (30 horas de iniciado). El pico de LH aumenta el riego sanguíneo, disocia el cumulo ooforo, se sigue con la meiosis. La  $PGF2\alpha$  estimula el plasminogeno que se transforma en plasma y junto a enzimas lisosomales liberadas por la  $PGF2\alpha$ , digieren la pared folicular, formándose el estigma. La  $PGF2\alpha$  produce contracciones ováricas, produce la rotura del folículo y expulsión del oocito.
- **METAESTRO:** el folículo se llena de sangre, transformándose en cuerpo hemorrágico que luego se luteiniza, por una serie de cambios quedando constituido por dos tipos de células luteales las pequeñas derivadas de la teca interna y las grandes derivadas de la granulosa. Se va a empezar a formar el cuerpo lúteo (las células foliculares se transforman en células luteales) que va a secretar cantidades crecientes de progesterona (CL en formación).

#### ❖ **Fase luteal:**

- **DIESTRO:** dura 10-12 días representa +/- el 60% del ciclo. Comprende desde que el cuerpo lúteo es capaz de producir progesterona en respuesta de la LH la cual interviene en el desarrollo y mantenimiento del mismo. Este mecanismo se produce a través de la formación de AMP cíclico y activación de la proteína quinasa A, con el consiguiente aumento en la producción de progesterona. Si el oocito NO es fecundado el cuerpo lúteo permanece funcional hasta el día 16-19, luego del cual empieza a regresionar en preparación de un nuevo ciclo estral.



## Fecundación

**Fecundación- fertilización:** se trata de una serie de eventos que ocurren entre el espermatozoide y el tracto reproductivo de la hembra, y entre los espermatozoides y el ovocito, que dan por resultado la fusión de gametas masculinas y femeninas. La penetración de un espermatozoide a un ovulo produce la formación de un pronúcleo masculino y femenino que se fusionan dando por resultado la formación del cigoto.

Fases:

### ★ Maduración de las gametas:

- × **Maduración del ovulo:** antes de la ovulación la vesícula germinal se rompe activado por el pico de LH y continúa la meiosis hasta la *metafase II*, transformándose el ovocito primario ( $2n$ ) del folículo de Graaf en ovocito secundario ( $n$ ) con formación del primer cuerpo polar. La meiosis no se completa hasta luego de la fertilización.

× **Maduración espermática:** se produce en su pasaje por el epidídimo entre el día 12 y 15.

- Pierde un resto de citoplasma.
- Desarrolla una motilidad progresiva sostenida.
- Adquiere glicoproteínas que secretadas por el epitelio del epidídimo en la superficie espermática le permite al espermatozoide adherirse a la zona pelucida.
- Estabilidad de la cromatina del núcleo espermático.
- Estabilización de la cabeza y cola: el espermatozoide se transforma en una célula queratinoide dura.

↓

**Transporte espermático:** Es un fenómeno complejo en donde los espermatozoides interactúan entre ellos mismos y con las secreciones y la actividad del tracto reproductor femenino. La eficiencia del transporte está asociada con cambios en el control endocrino del tracto reproductor femenino, poco antes y durante el estro.

El estrógeno promueve secreción de mucus cervical muy fluido y abundante.

El estrógeno estimula la síntesis de receptores de oxitocina en el útero y esta de PGF2 $\alpha$ , quienes estimulan fuertes contracciones musculares.

☑ **Fases:** se pueden distinguir 2:

- Fase rápida: los espermatozoides son transportados al oviducto, sin la participación activa es estos. Los espermatozoides que entran al oviducto inmediatamente después del servicio no permanecen en el mismo, o si se encuentran presentes al momento de la ovulación no son capaces de fertilizar al ovocito. Estarían muertos o con daño durante rápido asenso, estos se eliminan rápidamente del tracto femenino, y los móviles se adhieren al epitelio o se introducen en los pliegues del cérvix y útero evitando su expulsión, sino que nadan por los pliegues del cérvix y entrarían al útero sin exponerse al flujo de mucus.
- Fase prolongada: los espermios capaces de fertilizar llegan al oviducto a las +/- 8 horas después del servicio. Las contracciones durante el estro se prolongan desde el cérvix hasta los oviductos, y estarían asociadas con el transporte espermático por el útero. Las contracciones al final del estro en dirección inversa estarían asociadas con el movimiento de esperma a la porción caudal del istmo (últimos 2 cm) y con la mantención en esa posición durante 18 horas o más, hasta la ovulación. Luego el esperma avanza hasta el sitio de la fertilización cerca de la unión del istmo con la ampolla, por la motilidad hiperactiva de los espermios, que sería esencial para la penetración de la zona pelucida.

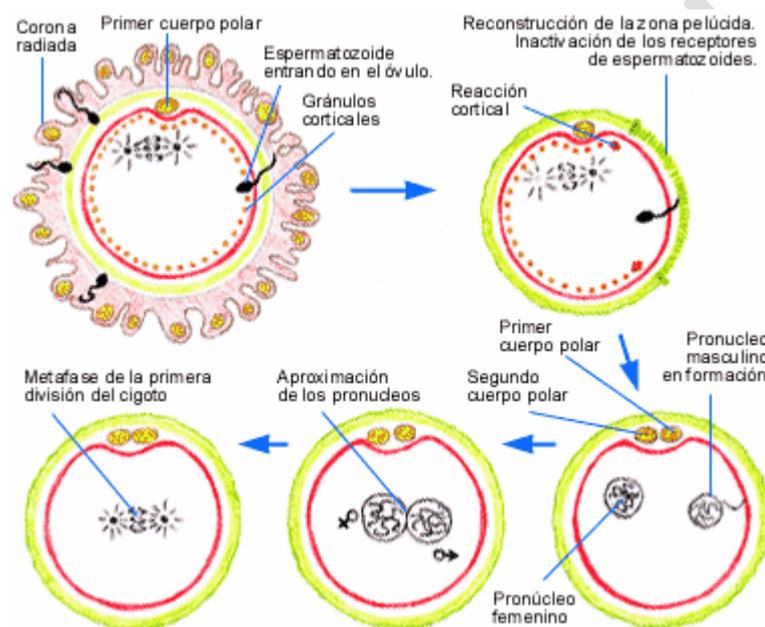
- Los reservorios de espermatozoides de donde se liberan secuencialmente, están en sitios de restricción anatómica al asenso espermático y son:
  - Cérvix: mayor % de reserva.
  - Unión utero-ovarica.
  - Istmo.
- La pérdida espermática se debe a la eliminación al exterior por el mucus cervical o a la fagocitosis.

### ★ Encuentro y fusión de las gametas:

- × **Capacitación espermática:** proceso en el cual el espermatozoide adquiere la capacidad fertilizante durante su paso por el tracto femenino (dura 6 horas). Implica:
  - **Eliminación de glicoproteínas:** las adquiridas en el epidídimo y plasma seminal, son cambios en el espermatozoide calcio dependientes.
  - **Reacción acrosómica:** cambios que ocurren sobre los espermatozoides, que se encuentran alrededor del ovocito en el oviducto, que finalizan en la pérdida del acrosoma. El acrosoma se hincha y se pierde, la membrana acrosomal externa y la membrana plasmática se fusionan en varios puntos y se vesiculan. El contenido de la vesícula acrosómica y la membrana acrosómica interna se expone al exterior. Se forma una capa alrededor del acrosoma de doble pared, hecha con los remanentes del plasma y membranas acrosómicas externas. A través de los poros de esta capa la matriz acrosomal y enzimas serán liberadas al espacio extracelular. Las enzimas más importantes para la función espermática en la fertilización serán la hialuronidasa, esta, encargada de digerir la matriz intracelular de ácido hialurónico que mantiene unidas a las células de la granulosa, permitiendo entonces llegar a los espermatozoides a la zona pelúcida. La acrosina que se convierte en su forma activa en su liberación durante la reacción acrosómica, es una enzima proteolítica que digiere la superficie a través de la zona pelúcida por la cual pasan los espermatozoides ayudados por la propulsión activa hacia delante de su cola.
  - Cambios en los movimientos de la cola del espermatozoide, los movimientos regulares se remplazan por movimientos más episódicos con mayor amplitud que empujan al espermatozoide hacia delante, para penetrar la zona pelúcida y el cumulus oophorus.
  - Cambios en la superficie de la membrana a la altura de la mitad posterior de la cabeza del espermatozoide. La membrana se transforma en fusionable.

- ✗ **Interacción del espermatozoide con el ovocito:** los espermatozoides una vez activados comienzan a reducir su viabilidad, por lo que es importante la presencia de estos en el oviducto un poco antes de la ovulación, ocurren 3 eventos:
  - ☑ Migración espermática: entre las células del cumulus oophorus.
  - ☑ Adosamiento espermático: a receptores específicos de la zona pelúcida.
  - ☑ Penetración espermática: los espermatozoides migran a través de la zona pelúcida abriéndose paso por efecto del acrosoma y con una fuerza motriz positiva por la cola del mismo, la penetración es a 45° con respecto a la tangente de la superficie del oocito.

### ★ Fusión de gametas



Atravesada la zona pelúcida, el espermatozoide mueve su cabeza en el espacio perivitelino y contacta con la membrana vitelina, propulsado por la movilidad de su cola fusionándose finalmente con la membrana plasmática (zona ecuatorial).

*Activación del oocito y bloqueo de la polispermia:* Luego de la fusión del oocito con el espermatozoide se producen una serie de cambios con hiperpolarización de toda la membrana vitelina del oocito (cigoto en formación) durante varias horas debido al incremento de la conductancia potásica, hay un desplazamiento de calcio al citoplasma del oocito que resulta en la fusión de los gránulos corticales en el límite del oocito con la membrana vitelina liberando su contenido dentro del espacio perivitelino. Los gránulos contienen enzimas que actúan en la zona pelúcida previniendo la penetración de otros espermatozoides.

La fusión posibilita la continuación de la división meiótica, con la formación del 2º cuerpo polar y el ovulo (sigue en n).

*Formación de pronucleos y singamia:* Se forma el pronúcleo femenino rodeado de una capsula que se dispersa cuando la cabeza del espermatozoide penetra al ooplasma. Habría un periodo posterior de transición en la cromatina masculina en la que es particularmente sensible a la inserción de material genético extra, ya sea por infección viral o por inyección de genes. La cromatina espermática expandida queda reconstruida como pronúcleo formándose la membrana nuclear.

El pronucleo masculino es el más activo de los dos, aproximándose al femenino y fusionándose a las 8 horas de la ovulación o mas aproximadamente.

Finalmente se produce la singamia (unión de núcleos) por la ruptura en sitios de las membranas de los pronucleos determinados al azar, formándose el CIGOTO.

La cromatina se organiza conformando los cromosomas y microtubulos como precursores de la primera división mitótica que ocurrirá +/- a las 24 horas posteriores a la ovulación.

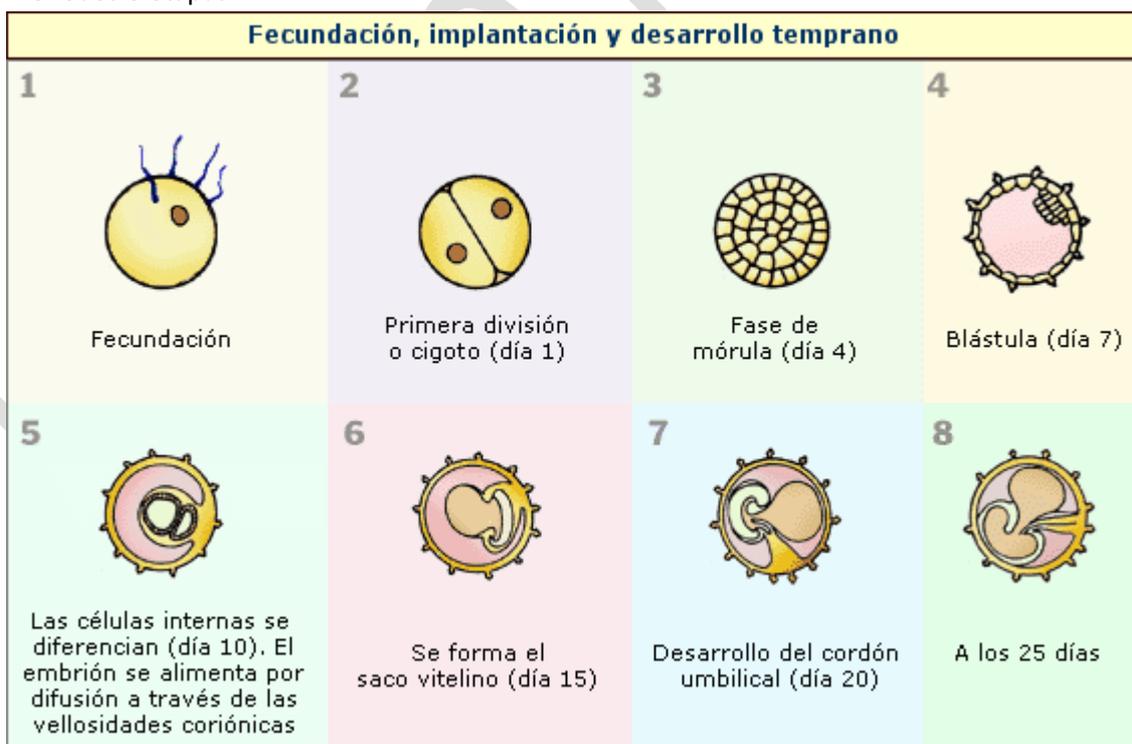
## Gestación

Periodo comprendido entre la fecundación y el parto, en el que por medio de una serie de reacciones químicas y físicas a partir de una célula se va a formar un individuo.

### ❖ Diagnostico:

- Visual: ausencia del celo (45/60 días post servicio), deformación del vientre, aumento del tamaño de las glándulas mamarias.
- Clínico: tacto rectal, asimetría de los cuernos uterinos. Cuerpo lúteo gestacional.
- Bioquímico: Pg, Gch, etc. 1ng/mg de plasma, día 18/24 = 80% de seguridad de preñez.
- Ecografía: ultrasonografía.

### ❖ Periodos o etapas:



## ✓ Huevo:

→<sup>1</sup> **Duración:** del día 0 al 12.

→<sup>1</sup> **Características:** activa la división celular, prácticamente una cada 24 horas desde que se forma el cigoto, sin que aumente la masa celular total, mientras se produce el descenso por el oviducto hasta el útero, mecanismo facilitado por la acción de estrógenos.

El útero es alcanzado a los 3-5 días en un estado de 16 o 32 células o *blastómeras*, estando el desarrollo del huevo en perfecta sincronización con el desarrollo uterino.

Durante el tiempo que demora el tránsito a través del oviducto, en el ovario se agranda el cuerpo lúteo que comienza a secretar cantidades crecientes de progesterona. El útero se modifica por acción de los estrógenos, creciendo la mucosa interna y transformando un epitelio uniestratificado en uno pluriestratificado, con gran cantidad de glándulas que liberan una secreción serosa, transparente y filtrante. Por acción de la progesterona, la mucosa aumenta de espesor por hipertrofia de las células, las glándulas completan su desarrollo e inician la secreción de leche uterina.

Cuando el cigoto llega al útero se denomina *mórula*, continuando con las divisiones celulares 1 o 2 días más. La masa celular comienza a llenarse de líquido hasta formar una cavidad (blastocelo). Al día 7 u 8 es un *blastocito*, posteriormente comienza la diferenciación celular: se produce la polarización del huevo, ubicándose en un extremo una masa de células, formando la masa celular interna embrionaria, disco embrionario o nódulo y otra masa de células más grandes que rodean la cavidad se llaman *trofoblasto*. Una dará origen al embrión y la restante a las membranas extraembrionarias placentarias. En el día 8-9 el blastocito crece presionando contra la zona pelúcida, liberándose de esta y eclosionando.



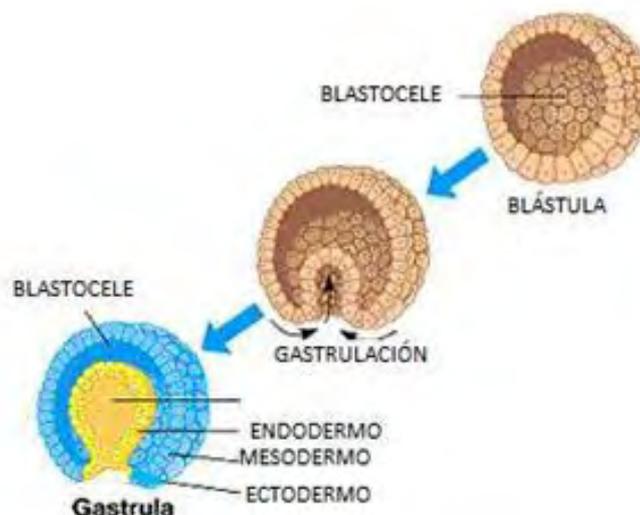
→ **Nutrición histotrofica:** regulada por la zona pelucida que actúa como membrana selectiva para la entrada de nutrientes y como protectora del cigoto. Por medio de las reservas del ovulo, por las secreciones del oviducto y por la leche uterina que permitirán la supervivencia del embrión desde la llegada al útero hasta que se haga funcional la placenta.

## Embrión

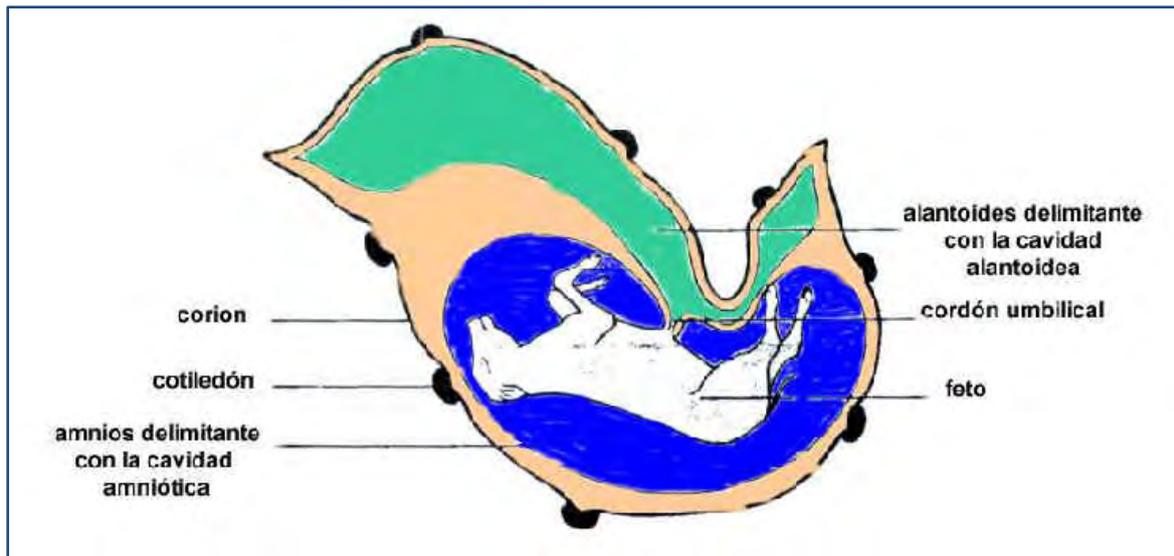
❖ **Duración:** del día 12 (fijación del huevo. *Img*) al día 45 de la gestación.

❖ **Procesos característicos:**

- Diferenciación celular y organogénesis.
- Formación de la placenta, la implantación del huevo (no hay una verdadera implantación) comienza el día 12, el concepto (vesícula blastodérmica) adquiere una posición central en el cuerno uterino (luz uterina), hay adhesión pero no invasión permanente de la mucosa uterina.
- El blastocito eclosionado se alarga y crece rápidamente.
- A partir de la masa celular interna, embrionaria se forman 3 capas u hojas embrionarias:
  - **Ectodermo: origina:**
    - Epidermis
    - Sistema nervioso
    - Órganos de los sentidos
    - Tejido muscular
  - **Mesodermo: origina:**
    - Sistema circulatorio
    - Tejido conectivo
    - Sistema urogenital
  - **Endodermo: origina:**
    - Glándulas, hígado, páncreas
    - Revestimiento interno del A. digestivo y respiratorio



- A partir del trofoblasto se originan las membranas extraembrionarias o placentarias:

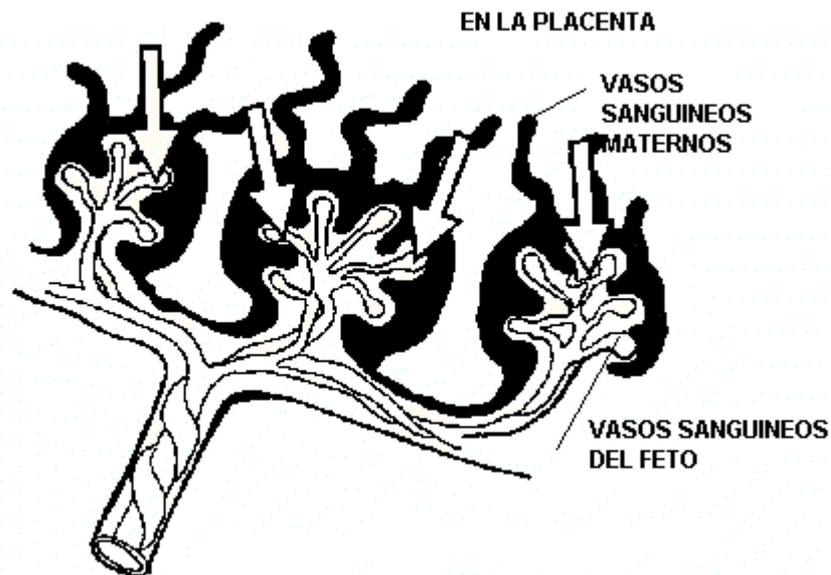


- **Amnios:** es la más interna, 2° bolsa de agua, función protectora y humectante. es una fina membrana que envuelve y protege al embrión y está lleno de fluido salino llamado líquido amniótico. El amnios permite los movimientos fetales, ofrece protección contra eventuales golpes, ya que flota en el líquido, y permite que las sustancias de desecho ingresen a la circulación materna para su excreción.
  - **Alantoides:** 1° bolsa de agua. comunica la vejiga del feto a través del *uraco* con el saco alantoideo. tiene funciones de excreción.
  - **Corion:** mas externa en contacto con el útero materno, muy irrigada.
- El endometrio desarrolla tejido caruncular involucrado en el proceso de implantación.
  - Alrededor del día 13 las células del trofoectodermo (trofoblasto + ectodermo), desarrollan proyecciones vellosas en dirección del lumen de las glándulas uterinas. Estas microvellosidades inmovilizan el concepto y facilitan la adsorción de secreciones del útero.
  - En el día 16 se adhieren el trofoectodermo y el epitelio caruncular, hacia el día 18-19 se adhiere en forma tenue al epitelio uterino.
  - El tracto reproductor femenino contiene leucocitos para la protección contra las infecciones, sin embargo a pesar de la amenaza inmunológica al embrión, la preñez ocurre debido a que a que en el útero se produce un ajuste inmunológico para evitar la destrucción de los espermatozoides primero y del concepto en desarrollo después. Esto es porque en el trofoblasto está alterada la expresión de los antígenos de mayor histocompatibilidad y porque la preñez está asociada con cambios regulados localmente en función de linfocitos endometriales maternos.
  - En los rumiantes *ungulados* las células mononucleadas del trofoectodermo producen durante el periodo de implantación el interferon TAU, que tiene acción reguladora sobre la actividad de ciertos genes, activando la transcripción y síntesis de proteínas que bloquean estas, la síntesis de PGF2 $\alpha$  por la mucosa uterina, lo que se conoce como *acción antiluteolítica*. la función del TAU es informar de la presencia del embrión y rescatar al cuerpo lúteo de la luteolisis, para que se transforme en cuerpo lúteo de la gestación, esto ocurre aprox. en el día 16.

- Esta etapa se caracteriza por el rápido crecimiento, se profundiza la diferenciación celular y ocurre la organogénesis, formándose los principales tejidos, órganos y sistemas primordiales. De manera que al concluir este periodo al día 45 el embrión se reconoce como un ejemplar en miniatura de la especie.

#### ❖ **Placentación:**

- Al día 30.
- Es un órgano temporario formado por la unión del corion con la mucosa uterina materna a través de los puntos o placentomas formados por la unión de cotiledones y carúnculas maternas.
- La placenta bovina es de tipo epiteliocorial.



- Funciones:
  - Alimentación del feto: permite el transporte de numerosos nutrientes hacia el feto, sintetiza sustancias y almacena comportándose como órgano de reserva. En bovinos las macromoléculas son transportadas con dificultad, no hay transferencia de inmunoglobulinas por la placenta, desde la sangre materna a la fetal, es permeable al agua y a electrolitos, a aminoácidos (en contra del gradiente de concentración), como así péptidos y proteínas de bajo peso molecular, vitaminas hidrosolubles (B y C) y algunas hormonas.
  - Excreción de productos del feto: N no proteico, UREA, etc.
  - Intercambio gaseoso.
  - Barrera defensiva.
  - Función endocrina: producción de 4 hormonas:
    - ☑ **Estrógeno:** crecimiento del útero, genitales externo femeninos, glándulas, mamas, velocidad de crecimiento del embrión, relaja los ligamentos pélvicos en el parto facilitándolo.
    - ☑ **Progesterona:** producción de leche uterina y secreciones oviductales, quietud uterina, mantenimiento de la preñez. Proviene principalmente del



- Crecimiento fetal e histogénesis: Los tejidos se especializan y el embrión crece desde una longitud de 3mm y un peso de 2-3 gramos al día 45, hasta 900mm o más y 30 kg al momento de nacer.

Las células de cada tejido adquieren su morfología característica mientras ocurren cambios como la osificación, pigmentación, aparición de folículos pilosos, esmalte dentario.

La mayor acumulación de masa ocurre al final de la preñez. El útero aumenta 10 veces su peso por hipertrofia masiva de las células musculares, síntesis de colágeno y aumento de sustancias extracelulares e interfibrilares.

Gran desarrollo de la glándula mamaria. Los requerimientos de una vaca preñada son un 75% mayores de una que no lo está. La competencia entre la lactancia y el crecimiento fetal, por los nutrientes, es mínima, ya que durante los primeros 7 meses el feto adquiere solo el 40% de su peso de nacimiento y en los últimos 2 meses el 60 %, equivalentes a una glándula mamaria que produce 3-6 kg leche/día (donde la vaca ya debería estar seca).

Se produce **hiperactividad** en el tejido adiposo materno que crea una tendencia a engordar durante la preñez, pero no justifica la hiperlipemia ya que la mayor liberación de lípidos del tejido adiposo a la sangre es compensada por aumento de la lipogénesis, glicerogénesis y reesterificación, permitiendo a la madre un balance positivo hacia la conservación de grasas más que a su liberación. Esto permite mantener una abundante reserva metabólica para situaciones de restricción alimentaria.

La glucosa y la insulina son reguladores homeostáticos del metabolismo de los lípidos en el tejido adiposo.

El tejido materno completa su diferenciación y desarrollo y adquiere capacidad de sintetizar los componentes de la leche. Las concentraciones de progesterona en sangre comienzan a disminuir durante las últimas semanas de preñez y luego bruscamente en el parto. Así la glándula mamaria se libera de la inhibición de la progesterona. Los niveles de estrógeno aumentan y sinergizan con la prolactina siendo el "empujón" necesario para la diferenciación del tejido mamario y la capacidad de sintetizar los componentes de la leche. Hay un transporte activo de inmunoglobulinas estimulado por la prolactina, formándose el calostro en los últimos días de la gestación.

## Parto

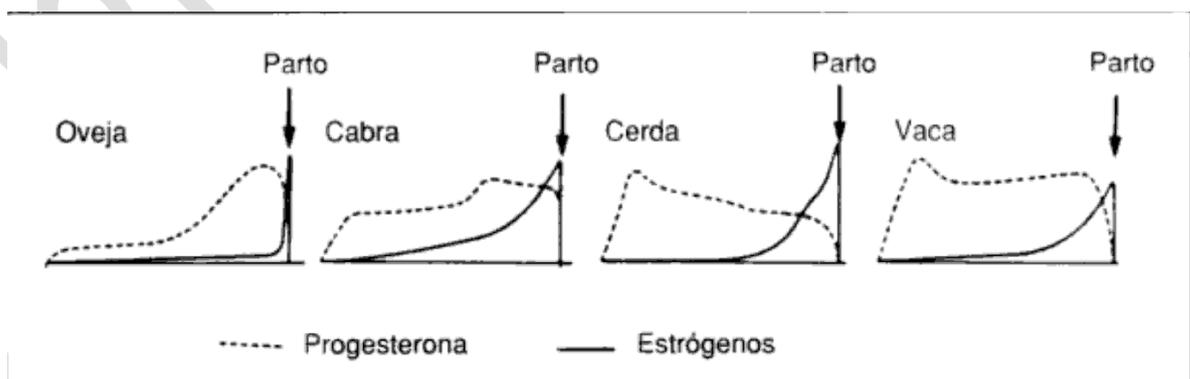


FIGURA 4.1

*Niveles de progesterona y estrógenos durante la gestación y parto. (Fuente: Hafez, 1987.)*

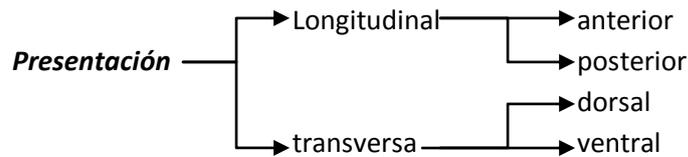
- I. Terminación fisiológica de la gestación mediante la expulsión de uno o varios fetos maduros por vías naturales. Se produce en un momento preciso que coincide con dos hechos: 1) la completa madurez del feto para adaptarse a la vida extrauterina, 2) el declinar de la placenta (comienza a ser insuficiente).
- II. El inicio del parto estaría dado por un aumento en la liberación de un tipo de ACTH de la adenohipofisis del feto durante la preñez tardía, que estimularía la liberación de grandes cantidades de cortisol por la corteza adrenal. El cortisol actúa a nivel de la placenta para la 17 $\alpha$ -hidroxilasa placentaria, que permite a la placenta metabolizar progesterona a estrógeno, induciendo un aumento en la relación estrógeno/progesterona materno.
- III. La progesterona actúa previniendo la reiniciación de la ciclicidad, prepara al útero para la implantación y mantiene la quietud miometral. La concentración plasmática de progesterona aumenta durante la preñez temprana, se mantiene a niveles elevados y cae antes del inicio del parto.
- IV. El estrógeno aumenta y activa al miometrio, que aumenta su excitabilidad y se hace altamente sensible a agentes uterotonicos (oxitocina, prostaglandinas).
- V. El aumento de la excitabilidad del miometrio y de la frecuencia de la amplitud de las contracciones (20-30 por hora) que se propagan por el útero, puede deberse a una acción directa del estrógeno sobre el miometrio, por el aumento de la expresión de proteínas asociadas a la contracción o indirectamente a través de la producción de prostaglandinas y liberación de oxitocina.
- VI. Las prostaglandinas actúan a nivel de la placenta, útero, cuerpo lúteo y neurohipofisis, induciendo una mayor liberación de oxitocina (útero y neurohipofisis) que aumenta la contractibilidad del útero, luteolisis y liberación de relaxina en ovario, suspensión de la producción de progesterona y liberación de relaxina en placenta. La relaxina prepara el canal de parto para el pasaje del feto, dilatando el cérvix y vagina.

### **Fases del parto:**

- I. *Caracterizada por la relajación del cérvix y activación de las contracciones de las fibras musculares lisas de la pared uterina.*
  - **Relajación del cérvix:** requiere un mecanismo que involucre una degradación enzimática del colágeno cervical, por efecto del aumento de la relación estrógenos/progesterona. La peristalsis uterina es iniciada por las contracciones de las fibras musculares circulares y es propagada por las fibras musculares longitudinales. Las contracciones fuerzan a las membranas fetales y sus líquidos contra el cuello relajado (en vacas multíparas está abierto y en vaquillonas cerrado hasta el día anterior al parto). La dilatación cervical se produce unas 2-4 horas desde que el orificio externo alcanza un diámetro de 8-12 cm a las 6-12 horas todo el cuello tiene un diámetro de 12-15 cm conformando con la vagina un canal continuo lleno de alantocorion. Las contracciones uterinas aumentan en intensidad, frecuencia y duración hasta que se producen de 3 a 5 minutos con una duración promedio de 15 a 30 segundos. Se visualizan cambios de comportamientos como intranquilidad, anorexia, sudación, dolor abdominal, postura de la cola levantada y dorso arqueado. La T° corporal disminuye entre 1 y 1,5°C (relacionado con la caída de progesterona).

Al final de la primera fase el alantocorion se rompe al ser forzado hacia la vagina, el amnios junto con el feto son empujados a través del cuello.

- **Presentación, posición y postura del feto:**

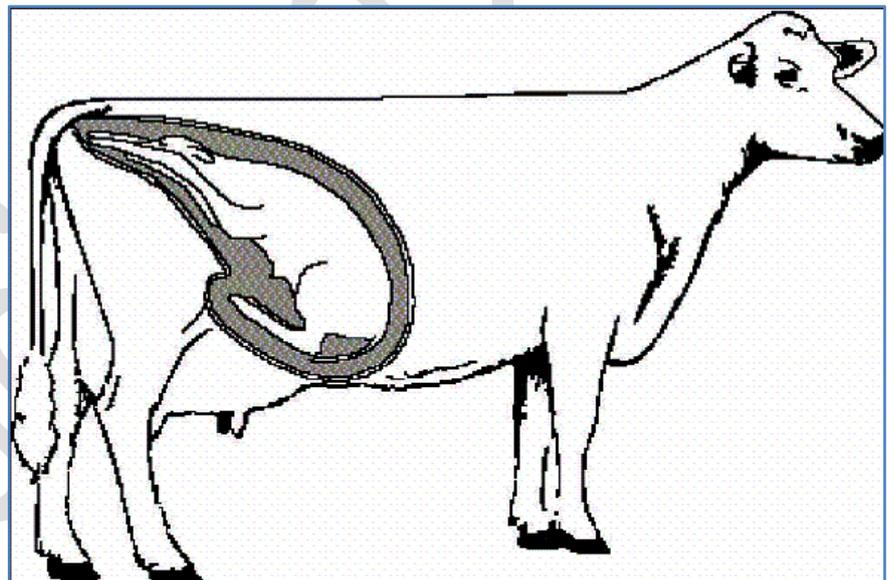


**Posición** indica la relación del dorso del feto en presentación longitudinal: puede ser sacra, iliaca izquierda o derecha, púbrica.

**Postura** indica la relación de las extremidades o cabeza con respecto al cuerpo del feto: extremidades contraídas, extendidas, etc.

- **Parto normal en animales monotocos:**

- Presentación: longitudinal anterior.
- Posición: dorso-sacra.
- Postura: con la cabeza apoyada sobre los metacarpios y rodillas de los miembros anteriores extendidos.
- El resto de las posiciones resultan en distocia.



II. Caracterizada por las contracciones uterinas, la entrada del feto al canal de parto dilatado, la ruptura del saco alantoideo, contracciones abdominales y la expulsión del feto por la vulva.

- **Contracciones uterinas:** llegan a una frecuencia de 4 a 8 cada 10 minutos, duran de 80 a 100 segundos. Cuando las manos del feto pasan a la vulva se rompe el saco amniótico.
- **Contracciones abdominales:** comienzan una vez que la hembra se coloca en posición decúbito esternal: una vez que el feto coloca los miembros anteriores a través del cérvix hacia la vagina. El pasaje de la cabeza, hombros y cadera por la pelvis materna incrementa las contracciones, que se producen por estímulos reflejos.

- Ruptura del saco amniótico, cuando el feto pasa las manos por la vulva.
- Expulsión del feto por la vulva.
- El tiempo de duración de esta fase es de media hora a 4 horas.

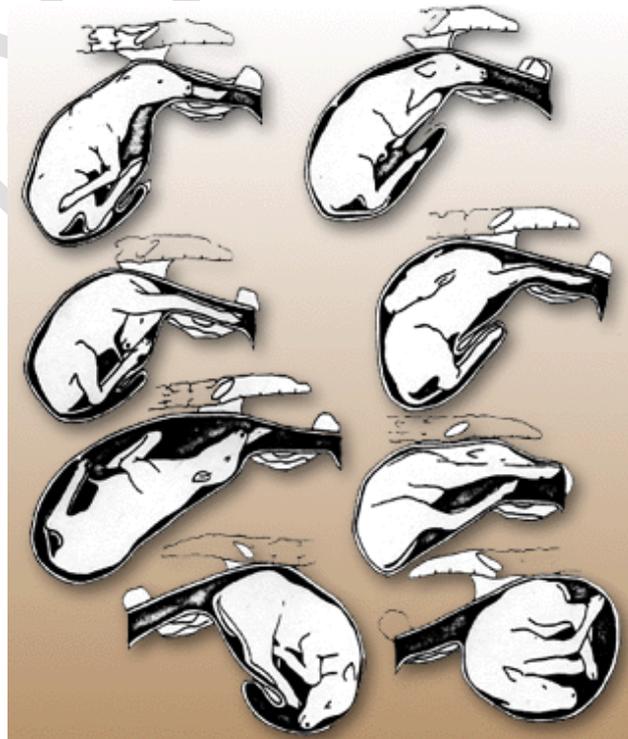
*III. La tercera y última etapa del parto es la expulsión de las membranas fetales.*

- El útero mantiene contracciones fuertes después de la expulsión fetal por otras 48 horas y luego se van debilitando.
- Las ondas peristálticas y contráctiles reducen el tamaño del útero y ayudan a empujar la placenta y las membranas fetales hacia el canal de parto, reduciendo la cantidad de sangre que circula por el endometrio.
- La arteria uterina media se contrae.
- Dura entre 1 a 8 horas. Los animales domésticos (menos la yegua) ingieren las membranas expulsadas.
- Luego del alumbramiento el cérvix secreta un mucus espeso que tiende a sellar el cuello y ayuda en la prevención del ingreso de agentes infecciosos.
- El periodo de gestación se separa del parto por la transformación del cérvix y del endometrio.

---

## Distocia

Significa parto difícil, en la hembra primípara tiene una incidencia del 2% al 25%, ocurre generalmente cuando la 2 fase del parto se prolonga demasiado y se le hace muy dificultoso a la hembra seguir sin ayuda artificial.



**Factores involucrados:**

- a) Peso del ternero al nacer: resultado de la tasa de crecimiento fetal. (35%)
- b) Abertura pélvica materna. (15%)

**Factores que afectan a la tasa de crecimiento fetal (TCF)**

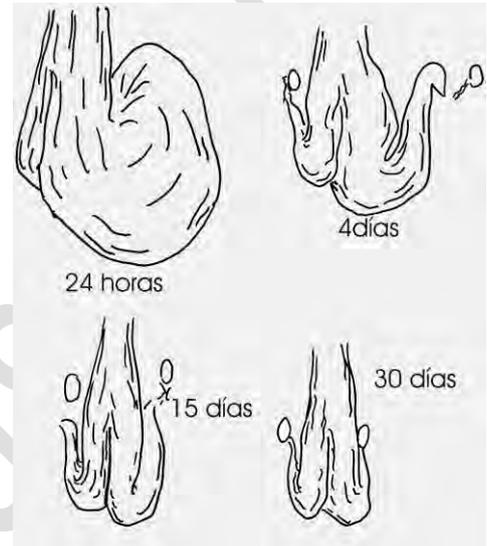
- a) **Efecto padre-madre:** la heredabilidad del peso del ternero al nacer es del 0.4-0.45.
- b) **Efecto raza:** diferencias entre *bos taurus* y *bos indicus*, se visualizan al día 100 de la gestación a través de un examen DEP (diferencias esperadas de progenie)
- c) **Efecto de la consanguinidad:** produce PN (peso del ternero al nacer) menores, afectaría más a la hembra que al macho.
- d) **Efecto del sexo del ternero:** diferencias para PN de 2.3 kg (entre un 4-8%), siendo mayor en los machos. La diferencia entre sexos puede estar relacionada con la producción de hormona androgenica (testosterona).
- e) **Efectos debidos a anomalías genéticas y malformaciones:** hipertrofia muscular o doble musculo, carácter hereditario.
- f) **Efectos ambientales:** dos ambientes interactuantes:
  - ✚ Ambiente materno.
  - ✚ Ambiente externo.
- g) **Efecto del peso materno o tamaño:** el PN expresado como % del peso materno es aproximadamente el 7%. Los PN aumentan con el aumento del peso materno.
- h) **Efecto de la edad de la madre:** el PN es menor en las vaquillonas, incrementándose hasta las 5-6 años de edad, se mantiene y comienza a declinar a los 9 a 11 años.
- i) **Efecto de la habilidad materna:** capacidad fisiológica de la hembra de nutrir un feto en desarrollo. Heredabilidad 0.4.
- j) **Efecto del número de fetos:** están correlacionados con el PN negativamente, por la competencia que ejercen los fetos en desarrollo por los nutrientes maternos.
- k) **Efecto del largo de gestación:** correlación positiva pero baja. Un mayor tiempo de gestación permite mayor crecimiento fetal.
- l) **Efecto de la nutrición de la madre:** en general el PN no es afectado porque el desarrollo del feto es prioritario, si las deficiencias son grandes, si es afectado.
- m) **Efecto de la temperatura ambiental:** correlación negativa, exposiciones crónicas a elevada T° reducen drásticamente el PN. Debido a una alteración del flujo sanguíneo de la madre que es desviado a la piel y otros órganos involucrados con la regulación térmica.
- n) **Efectos de la estación del año:** variables.
- o) **Otros efectos:**
  - ✚ Defectos hereditarios de la madre.
  - ✚ Infecciones o enfermedades que afectan al útero gestante.
  - ✚ Traumas.
  - ✚ Inercia uterina: falta de contracciones uterinas, durante o luego del parto. En animales obesos.

## Puerperio

Periodo de recuperación pos parto en el que se realizan una serie de ajustes fisiológicos y anatómicos para el restablecimiento de la capacidad reproductora hasta el comienzo del ciclo estral. se considera que transcurre desde la expulsión de las membranas fetales hasta que se reinstaura la actividad cíclica normal en la hembra. Durante esta etapa, además, se inicia la lactación por lo que es muy importante que el animal llegue a la misma en perfectas condiciones físicas. En el puerperio se produce la *involución del útero*, la *regeneración del endometrio* y la expulsión de los denominados *loquios*.

### **Involución uterina**

Se caracteriza por la reducción del tamaño del útero debido a las sucesivas contracciones. Éstas son proporcionalmente más intensas que las del parto pero no se dilata el cérvix uterino ni se estira el suelo de la pelvis. Comprende dos fases: una de expulsión de los tejidos placentarios y sus líquidos, y un proceso de restitución tisular.



### **Restitución del Eje HipotalamoHipofiso-Ovarico**

Consecuencia de una serie de sucesos que acontecen de manera secuencial en contraste con la regeneración uterina.

### **Liberación de la inhibición de las gonadotrofinas inducidas por el amamantamiento**

A la inhibición impuesta por la preñez se encuentran asociados el mamado u ordeño que actúan también inhibiendo al GnRH requerida para el restablecimiento espontaneo de la LH. El mecanismo por el cual el amamantamiento prolonga la inactividad sexual sería una inhibición hipotalámica que se manifiesta en una falta de secreción de GnRH.

### **Ovulación y desarrollo luteal**

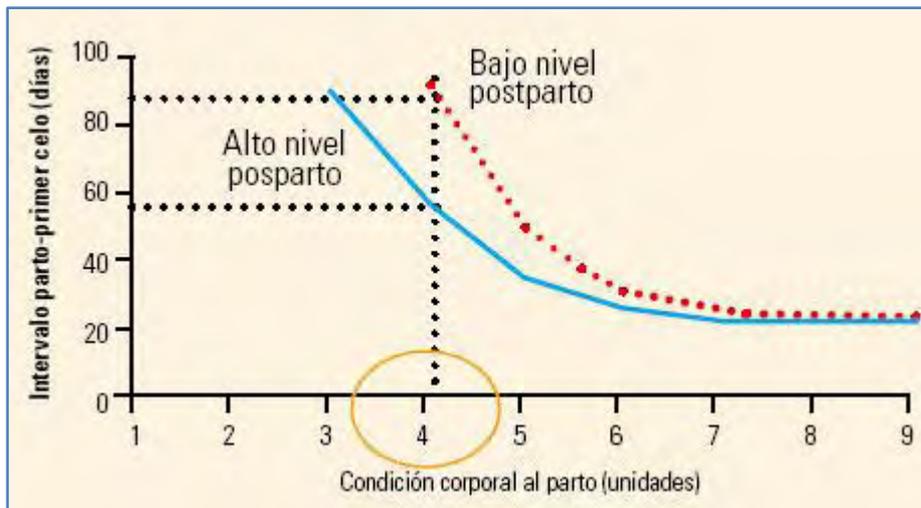
El incremento de progesterona que precede al primer estro es un signo indicativo de que la inhibición que ejerce el amamantamiento u ordeño sobre la actividad sexual posparto ha cesado.

### **Factores que afectan la infertilidad post parto y el intervalo parto concepción**

- **Infertilidad general:** componente general de infertilidad, disminuye en un 20-30% en cualquier estro, independientemente de cuándo ocurra, después del parto o en cualquier otro estado reproductivo.
- **Involución uterina:** después del parto las ondas peristálticas y contráctiles, reducen el tamaño del útero, que también reduce su peso, volviendo a su posición natural en 25-30 días después del parto. Es independiente de la longitud del periodo de anestro. La involución uterina es una barrera para la fertilidad durante el periodo temprano del posparto. La infertilidad durante los primeros 20 días después del parto está provocada por una barrera física al transporte del esperma y no por defectos inherentes del ovulo o a otros mecanismos fisiológicos. NO afecta y es INDEPENDIENTE del anestro.

- **Ciclos estrales cortos:** afectan la fertilidad durante los primeros 40 días después del parto, siendo, después de ese periodo los ciclos estrales de duración normal. Inducen el retorno del celo antes de que ocurra el reconocimiento de la preñez, es decir el cuerpo lúteo se lisa antes de que el ovario reciba el signo desde el útero que le informe la concepción. Los celos son cortos porque:
  - El cuerpo lúteo no es capaz de funcionar normalmente, es más pequeño, secreta menos progesterona y es menos sensible a la estimulación.
  - El cuerpo lúteo es inducido a regresionar prematuramente antes de que se manifieste la señal de que existe la preñez, por las anormales concentraciones de PGF2 $\alpha$ , que es metabolizada y producida en grandes cantidades por el útero post-parto, por estar involucrada en los mecanismos de involución uterina.
  
- **Anestro posparto:** principal componente de infertilidad post parto, pudiendo afectar la fertilidad por largo tiempo (hasta el día 70-80 post parto). Es llamado también **intervalo post parto** (IPP), es decir el tiempo que transcurre entre el parto y el primer estro.
  - **Factores menores que afectan el IPP:**
    - ✚ **Estación:** disminuye a medida que avanza la estación de partos en primavera o principios de otoño. A comienzos de primavera y otoño, IPP mas largo. Esto se debe a cambios estacionales en la luz y temperatura, y pueden ser modificados por la nutrición y otros factores como el fenotipo y la succión.
    - ✚ **Raza y genotipo:** las razas lecheras **ordeñadas** tienen un IPP más **corto** que las de cría **succionadas**, pero cuando las lecheras son **succionadas** tienen un IPP más **largo** que las de cría. Los genotipos lecheros tienen un IPP más largo que los genotipos de cría.
    - ✚ **Edad y paridad (n° de partos):** hembras mayores a 2 o 3 años tienen IPP más cortos que animales más jóvenes.
    - ✚ **Disticia:** incrementa el IPP y demora el servicio.
    - ✚ **Presencia del toro:** disminuye el IPP.
  - **Factores principales:**
    - ✚ **Succión:** efecto más notorio sobre el IPP. Aumenta el IPP, que se puede disminuir con técnicas de manejo como el destete que disminuye el IPP.  
El destete puede ser:
      - *Completo.*
      - *Temporario o por corto plazo.*
      - *Destete parcial (restricción de la succión a periodos cortos de tiempo por día).*
    - ✚ **Nutrición:** la distribución de estos para proveer las diferentes funciones del cuerpo se denomina partición de nutrientes. En general deficiencias pre-parto son de mayor importancia que las post-parto. Los efectos de las diferencias nutricionales post-parto son más importantes con una condición corporal baja al momento del parto. La partición de nutrientes se orienta primero a la mantención de la vida del animal y posteriormente a la propagación de la especie. El orden de prioridades para la partición de nutrientes es:
      - ✖ *Metabolismo basal.*
      - ✖ *Actividad.*
      - ✖ *Crecimiento.*
      - ✖ *Reservas de energía.*

- × *Preñez.*
- × *Lactancia.*
- × *Ciclos estrales (C.C. >4) e iniciación de preñez.*
- × *Exceso de reservas.*



✚ **Mecanismos de control del anestro post-parto:** el control de la reiniciación de los ciclos estrales después del parto, en vaca, está determinado por complejas interacciones entre el hipotálamo, la hipófisis y los ovarios. Habría una inhibición del pulso generador de GnRH en hipotálamo, y una baja frecuencia en el patrón de secreción pulsátil de LH, ocasionando una baja concentración de LH en suero. El ovario participa en el anestro ya que el sistema hipotalámico-hipofisario es hipersensible a la RAN del estrógeno, esta hipersensibilidad se supera gradualmente. La infertilidad y el anestro post-parto son fenómenos complejos controlados por diversos factores que actúan individualmente o en conjunto para disminuir la producción potencial del rodeo de carne.

✚ **Opciones de manejo:**

- × Restricción del periodo de servicios a 45 días o menos (280 de gestación+ 40 de anestro o infertilidad+ 45 de servicio=365= 1 ternero/ vaca/ año)
- × Nutrición y condición corporal adecuados (5-7 CC al parto), alimentación postparto adecuada.
- × Minimizar la incidencia de distocia.
- × Tratamientos de sincronización con P<sub>4</sub> para aumentar la respuesta al estro y disminuir la incidencia de los ciclos cortos.
- × Disminución del estímulo de succión, usando criteriosamente el destete.

## Aparato reproductor del macho

### Órganos:

☑ **PRIMARIOS:**

→ Testículos.

☑ **SECUNDARIOS:**

→ Sistema de conductos:

- Conductos eferentes.
- Epidídimo.
- Conducto deferente.
- Uretra.

→ Órgano copulador: pene.

→ Glándulas accesorias:

- Vesícula seminal.
- Próstata.
- Glándula de cowper.

- **Testículos:** son órganos primarios, se encuentran de a pares, ubicados fuera de la cavidad abdominal, en posición ventral, en la cavidad escrotal.

× **Medidas:**

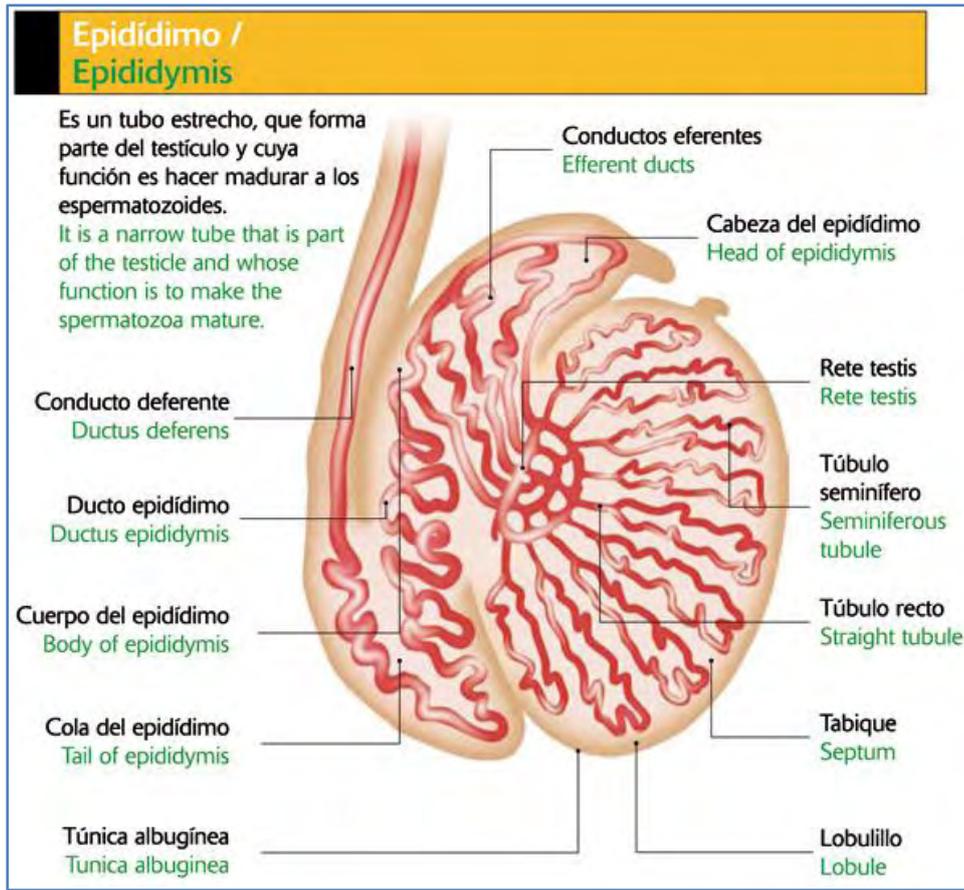
- Peso: +/- 300 gr c/u.
- Diámetro: +/- 12-16 cm.
- Circunferencia: +/- 30-38 cm.
- Ancho: +/- 5-8 cm.

- × **Origen:** se forman en la embriogénesis, en una región próxima a los riñones, comenzando su descenso y saliendo de la cavidad abdominal en la etapa fetal (+/- 130 días de gestación). Se alojan finalmente en la bolsa escrotal.

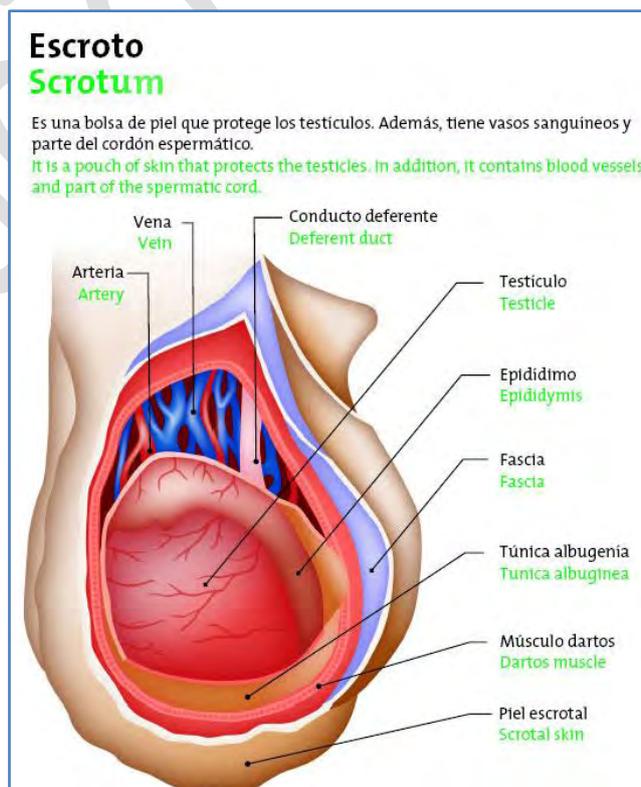
- × **Función:** El testículo es una glándula par que posee doble función o glándula mixta:

- Función exocrina: Producción de espermatozoides.
- Función endocrina: Producción de hormonas sexuales masculinas (andrógenos).

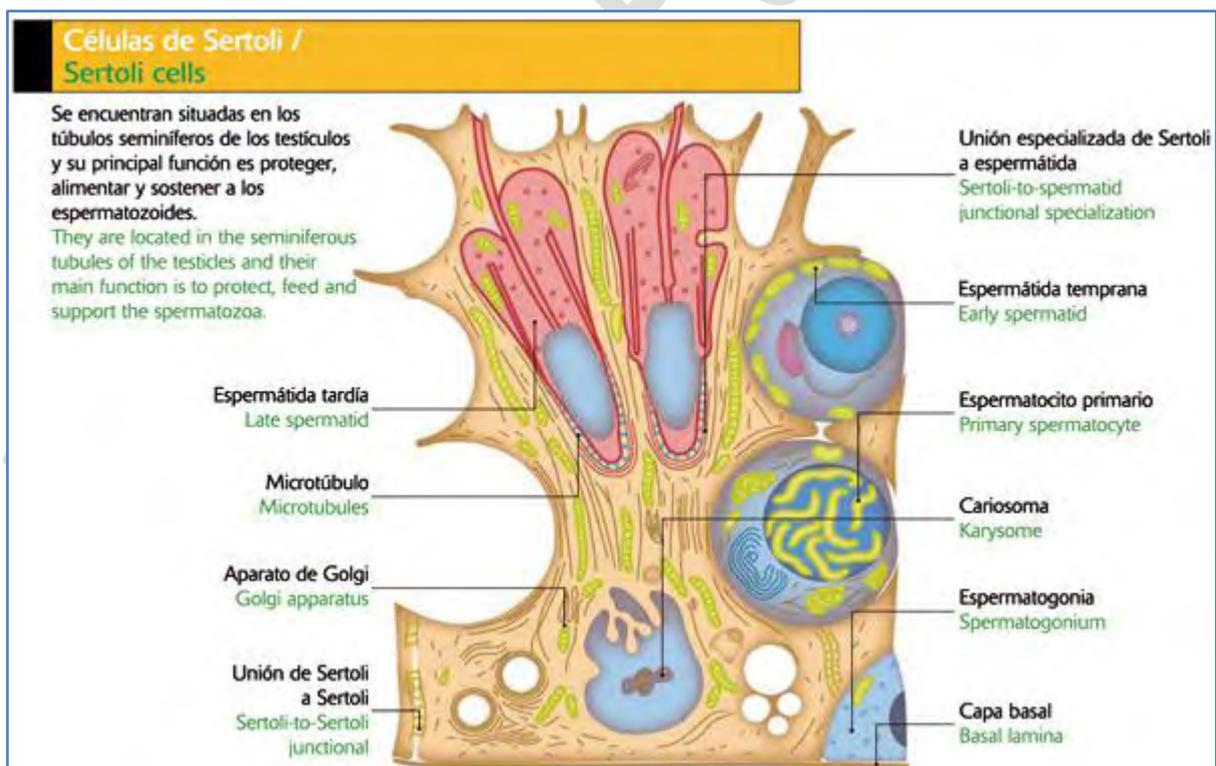
× **ZONAS EN RELACION AL EPIDIDIMO:**



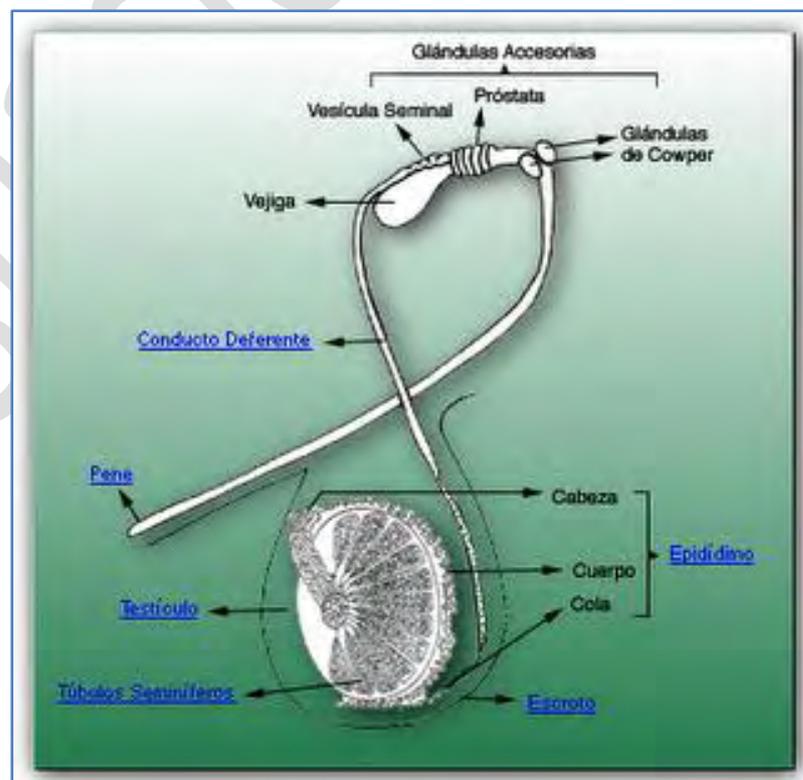
× **Estructura:**



- **Escroto:** cubierta de piel que sostiene y protege los testículos. Tiene abundantes glándulas sebáceas y sudoríparas, para la termorregulación.
  - **Túnica Dartos:** muscular y fibroelástico. Separa los testículos a través del tabique escrotal y controla o regula la temperatura (tejido muscular involuntario).
  - **Túnicas vaginales:** delgadas capas de tejido seroso que el testículo arrastra en su descenso desde la cavidad abdominal (peritoneo). Puede ser: 1) común o parietal, 2) propia o visceral: tapiza al testículo.
  - **Túnica albugínea:** mantiene a presión al testículo. Capsula fibrosa que rodea a los tubos seminíferos del testículo, lo rodea más íntimamente. Envía septos al interior dividiéndolo en lóbulos que contienen gran cantidad de tubos seminíferos, estos se entremezclan formando la *rete testis* juntándose en una zona llamada mediastino testicular (unión de los septos).
- Los **tubos seminíferos** son los encargados de la espermatogénesis. Contienen a las **células de Sertoli** (que protegen y nutren a las espermatogonias, regulan el metabolismo de los espermatozoides y producen estrógeno, inhibinas y PTA), a las espermatogonias (células madres de los espermatozoides), y a los espermatozoides.
  - En el espacio intersticial se encuentran las células de Leydig (responsables de la producción de testosterona).
  - Los tubos seminíferos constituyen el 80% del peso del testículo, de ahí la importancia de la circulación escrotal.



- La **criptorquidia** es un trastorno del desarrollo que consiste en el descenso incompleto de uno o ambos testículos a través del canal inguinal hacia el escroto. a criptorquidia conduce a la esterilidad permanente. Puede ser unilateral cuando desciende un testículo o bilateral cuando no desciende ninguno.
- **Mecanismos de termorregulación:**
  - **Escroto**
  - **Túnica Dartos**
  - **Cremaster:** musculo que levanta a los testículos.
  - **Plexo pampiniforme:** red de venas del cordón espermático que drena los testículos en la vena espermática, en el abdomen inferior.
- La alta  $T^{\circ}$  conduce a un aumento del metabolismo, aumentando la concentración de  $O_2$ , que llega en poca cantidad al testículo, por el plexo que se alarga, hay hipoxia, disminuyendo la espermatogenesis.
- **Cordón espermático o vinza:** estructura que conecta al testículo con el resto del cuerpo, lleva arterias, vasos, nervios y linfáticos, conducto deferente y cremaster interno.
- **Conducto eferente:** comunica al rete testis y el epidídimo.
- **Epidídimo:** situado en la parte superior del testículo, formado por la agrupación de los conductos seminíferos. Transporta a los espermatozoides y es el lugar donde maduran.
- **Conducto deferente:** Son un par de tubos musculares rodeados de músculo liso. conectan el epidídimo con los conductos eyaculatorios intermediando el recorrido del semen entre éstos.
- **Uretra:** órgano urogenital que conduce orina y semen. Tiene función excretora y reproductiva.
- **Pene:** órgano copulador, rico en tejido cavernoso y eréctil, constituido por un extremo libre (glande), un cuerpo intermedio y una raíz, cubierto externamente por el prepucio.
- **Glándulas accesorias:** aportan la fracción líquida al semen, que brindara movilidad real y nutrición a los espermatozoides, al momento del eyaculado.



- **Vesícula seminal:** productoras de aproximadamente el 60% del volumen del líquido seminal. Secreta un material mucoso rico en fructosa, y otras sustancias nutritivas, así como grandes cantidades de prostaglandinas y fibrinógenos, durante el proceso de emisión y eyaculación.
- **Próstata:** Contiene células que producen parte del líquido seminal que protege y nutre a los espermatozoides contenidos en el semen. Aporta antigelutamina espermática y espermina (solución alcalina que le da el olor característico al semen), fructosa y ácido cítrico.
- **Bulbouretrales:** o de Cowper. Sobre la uretra caudal a la próstata. Aporta un líquido viscoso que lubrica y limpia la uretra previo al eyaculado. lubrica y neutraliza la acidez de la uretra antes del paso del semen en la eyaculación.
- **Semen:** Es el conjunto de espermatozoides y sustancias fluidas que se producen en el aparato genital masculino.
  - **Fracción sólida:** espermatozoides 10-40% (testículos y túbulos seminíferos)
  - **Fracción líquida:** plasma seminal 60-90% (desde glándulas accesorias)
    - Volumen de eyaculado en Toro: 5-15 mililitros.

---

## Espermatogenesis

Proceso que ocurre en los tubos seminíferos y en el cual se originan los espermatozoides. Comienza en la pubertad y desde entonces se sucede de manera continuada. El proceso dura 60 días y tiene dos etapas:

1. **Espermatocitogenesis:** estimulada por FSH. Las espermatogonias ( $2n$ ) se dividen mitóticamente dando origen a 2 espermatocitos primarios ( $2n$ ) cada una, que se dividirán meióticamente dando origen a 2 espermatocitos secundarios, estos posteriormente darán origen a 2 células llamadas espermatides ( $n$ ).
2. **Espermiogenesis:** estimulada por testosterona. Las espermatides sufren una metamorfosis originando los espermatozoides.

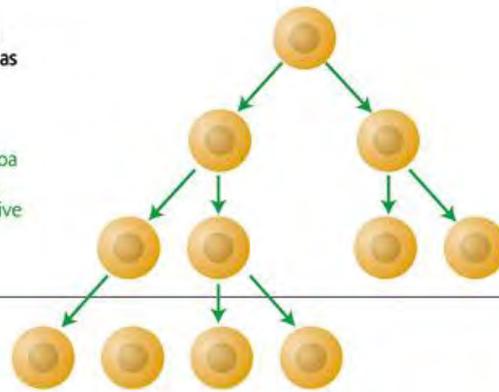
## Espermatogénesis / Spermatogenesis

Es el mecanismo encargado de la producción de espermatozoides. Estos se forman en los testículos, a partir de unas células llamadas espermatogonias. Las fases de la espermatogénesis son:

It is the mechanism in charge of spermatozoa production. They form in the testicles from cells called spermatogonia. The stages of spermatogenesis are:

**Fase de multiplicación:** en los testículos se encuentran las células precursoras de los espermatozoides, llamadas células germinales. Estas células, cuando llega la pubertad, se comienzan a dividir por mitosis y dan lugar a las espermatogonias.

**Multiplication stage:** the precursor cells of the spermatozoa are found in the testicles, called germinal cells. These cells, when puberty arrives, start splitting through mitosis and give way to spermatogonia.



Espermatogonias  
Spermatogonia

**Fase de crecimiento:** la espermatogonias crecen y dan lugar a espermatocitos de primer orden.

**Growth stage:** the spermatogonia grow and give way to first order spermatocytes.

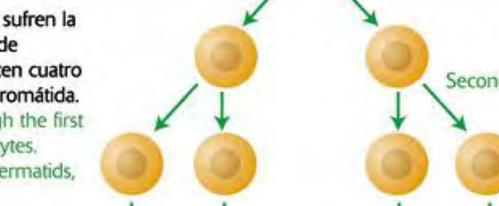
Crecimiento (pequeño)  
Growth (small)



Espermatocito  
de primer orden  
First order spermatocyte

**Fase de maduración:** los espermatocitos de primer orden sufren la primera división meiótica y producen dos espermatocitos de segundo orden. Estos sufren la segunda meiosis y producen cuatro espermátidas, que poseen 23 cromosomas con una sola cromátida.

**Maturation stage:** the first order spermatocytes go through the first meiotic division and produce two second order spermatocytes. They go through the second meiosis and produce four spermatids, which have 23 chromosomes with a single chromatid.



Espermatocitos  
de segundo orden  
Second order spermatocytes

Espermátidas  
Spermatids

**Fase de diferenciación:** las espermátidas dan lugar a espermatozoides mediante un proceso de diferenciación celular.

**Differentiation stage:** the spermatids give way to spermatozoa through a process of cellular differentiation.



Espermatozoides  
Spermatozoa

## Inseminación artificial

Método de reproducción mediante el cual se sustituye el apareamiento por un sistema de instrumental, en el que el hombre participa en cada etapa.

- ★ **Objetivo:** mejoramiento genético (no se mejora la fertilidad). Permite un uso más amplio del potencial genético del animal ya que puede servir a un número mayor de hembras reproductoras. Un macho bovino, en monta natural o dirigida puede preñar anualmente hasta 80 hembras, gracias a la inseminación artificial, de un macho es teóricamente posible obtener hasta 14.600 crías anuales, diseminando sus genes en todos ellos.

- ★ **Ventajas:**

- ✓ Control de enfermedades venéreas.
- ✓ Planes de cruzamiento a largo plazo.
- ✓ Multiplica la cap. Reproductiva del toro.
- ✓ Incorporación de genética en lugares donde hay toros de baja calidad.
- ✓ Mejor administración de la explotación.
- ✓ Posibilidad de utilizar machos con problemas traumáticos.

★ **Limitantes:**

- ✓ Detección de celo.
- ✓ Costo.

★ **Aplicaciones**

✓ **Producciones de carne:**

- Mejorar la raza.
- Cruzamiento entre dos razas.
- Cruzamientos múltiples.

✓ **Producción de leche:**

- Mejorar la calidad de la leche.
- Mejorar la cantidad de leche.

✓ **Producción de reproductores:**

- Mejorar parámetros productivos.
- Producción de biotipos compuestos.

★ **Métodos de implementación**

✓ **Celo natural:**

- × Ventajas: ceros costo de fármacos.
- × Limitantes: personal, pasturas y potreros. Tiempo de detección de celos.

✓ **Con sincronización de celos:**

- Ventajas: tiempo, personal y pasturas.
- Limitantes: costo de fármacos y detección del celo.

✓ **A tiempo fijo:**

- × Ventajas: tiempo, personal- pasturas.
- × Limitantes: costo de fármacos.

★ **Métodos de extracción del semen:** a los 15-16 meses se pueden utilizar estos métodos.

- ✓ **Vagina artificial:** graduada en ml. La eyaculación es estimulada por la temperatura (+/- 40 °C), está formada por una doble pared de caucho, por dentro de la cual circula el agua a esta temperatura, un embudo de látex y un tubo colector. Se toma al animal del prepucio NO del pene porque lo retrae.
- ✓ **Electroeyaculador:** la eyaculación es estimulada por descargas eléctricas a través del recto. Puede o no haber erección. Se utiliza en toros que NO son mansos o con problemas de aplomo. Principalmente actúa sobre las glándulas accesorias.
- ✓ **Masajes manuales en el recto:** a través del recto sobre las ampollas y glándulas accesorias.

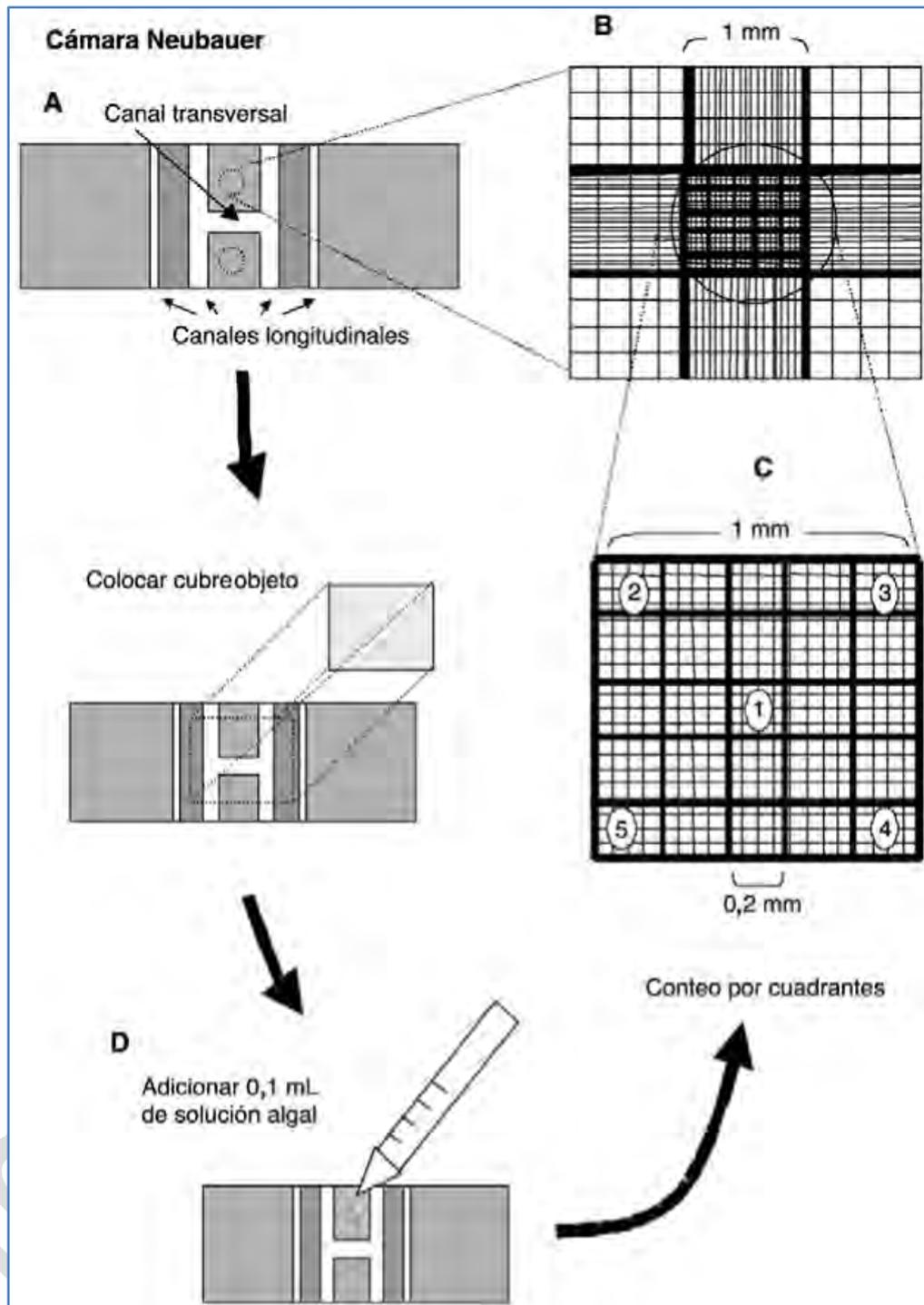
★ **Evaluación de la calidad seminal**

- ✓ **Prueba macroscópica:** con el semen a baño maría.
  - **Volumen:** 6-8 ml o cm<sup>3</sup> en bovinos. Carnero y chivo 2 ml. Potro 100-150 ml. Porcino 250-500ml.
  - **Aspecto:** denso cremoso
  - **Color:** blanco, ligeramente amarillo.
    - × Anormal:
      - Amarillo: pus u orina.
      - Rojo: sangre fresca.
      - Marrón: sangre vieja.
  - **PH:** ligeramente ácido, 6.5-6.9 en bovinos.
  - **Olor:** particular, dado por la espermina.
  - **Viscosidad media:** 3.74 en relación al valor 1 normal del agua destilada.
  - **Motilidad ondulatoria:** ondas.
  
- ✓ **Prueba microscópica.**
  - **Densidad o concentración:** 1 millón de espermatozoides/mm<sup>3</sup>, o 6-8 mil millones por eyaculado.
  - **Motilidad:** la motilidad es una característica de la célula espermática y se trata de uno de los parámetros más importantes en las contrastaciones seminales, debido a que es imprescindible para que se produzca la fecundación. Los espermatozoides pueden presentar dos tipos de movimiento:
    - Movimiento de rotación** (alrededor de su eje).
    - Movimiento progresivo** (desplazamiento de la célula):
      - Lineal.**
      - Circular.** Para la realización de esta valoración todo el material usado debe estar en condiciones de normocinesis (temperatura de 37°C).
  - **Motilidad masal:** Es un movimiento de superficie que refleja la proporción de espermatozoides que presentan algún tipo de movimiento. Para observarlo se deposita una gota de semen puro (*a gota gruesa*) y se coloca en un portaobjetos, se examina en un microscopio óptico a 40 aumentos y se valora la velocidad con la que se mueven los remolinos que se forman en la superficie de la gota de semen. Se les da una valoración de 0 a 5, siendo solamente utilizados para inseminación aquellos que presenten una motilidad masal buena (4) o muy buena (5).
  - **Motilidad individual:** Para la estimación de la motilidad individual presente en un determinado eyaculado debemos diluir en 1 en 10 previamente el semen con un diluyente seminal (citrato de sodio al 2.92%) y con posterioridad, por medio de una pipeta Pasteur, procedemos a colocar una gota sobre un portaobjetos debidamente atemperado; se coloca encima un cubreobjetos y se valora, por medio de un microscopio óptico, el porcentaje de espermatozoides que presentan un movimiento rectilíneo y progresivo (correcto), descartando de esta forma aquellos que presentan un movimiento circular (anormal).

- Concentración espermática:** se puede calcular por varios métodos, destacando la espectrofotometría y el uso de cámaras de recuento celular (Bürker, Neubauer, Thoma). el método más extendido y más barato es la utilización de cámaras de recuento celular, que permiten determinar el número de células, generalmente sanguíneas, por unidad de volumen, necesitando para ello la ayuda de un microscopio óptico con el que se examinará la muestra de semen previamente diluida y fijada con glutataldehído al 2%. En cada cámara están grabadas una serie de líneas formando una cuadrícula y, dependiendo del hematocitómetro usado, tendremos que contar los espermatozoides de una secuencia de cuadros determinada, contabilizando aquellos cuya cabeza esté totalmente dentro del cuadro y aquellos otros que estén pegando, tanto por fuera como por dentro, con cualquiera de los dos bordes que elijamos de los cuatro que lo delimitan, siendo éstos, los mismos bordes válidos para el resto de cuadros. No voy a entrar en las diferencias de una cámara a otra, pero si indicaré que la concentración viene determinada por la siguiente fórmula:

$$\text{Partículas/ } \mu\text{l} = \frac{\text{Partículas contadas}}{\text{Superficie contada (mm}^2\text{) x Profundidad de la cámara (mm) x dilución}}$$

Un punto importante es saber cuántos millones de espermatozoides por dosis son necesarios. Se han realizado varios estudios al respecto y utilizando una cantidad de 4 millones de espermatozoides por hembra inseminada, se ha obtenido un porcentaje del 74% de fertilidad y una media de 9,5 nacidos vivos. Por tanto, por encima de esta concentración tendríamos una cantidad suficiente, si bien hay que matizar que la fecundación no depende exclusivamente, ni mucho menos, de la concentración espermática, por lo que tenemos que valorar otros parámetros del semen.



- **morfología espermática:** El semen siempre va a contener un porcentaje de espermatozoides con alguna morfoanomalía, si bien ésta no puede correlacionarse con una bajada de fertilidad hasta que estos niveles superen un 20-30%. Dentro de dichas alteraciones cabría distinguir las que afectan al acrosoma y aquellas que afectan al resto del espermatozoide. A grandes rasgos, podríamos dividir a los espermatozoides en dos partes:

**Cabeza.** En cuya región apical se encontraría el acrosoma.

**Flagelo:** Dividido en dos: porción intermedia y cola.

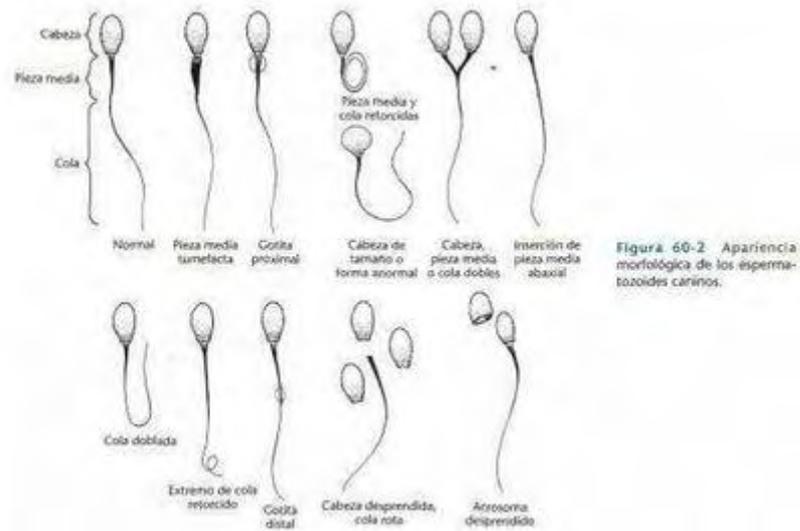


Figura 60-2 Apariencia morfológica de los espermatozoides carinios.

- **Coloración vital:** se utilizan dos colorantes, eosina (rojo) y nigrosina (negro). Se hace un preparado, se expresa el % de espermatozoides muertos (rojos) y vivos (transparentes). El % de muertos no debe superar el 30%
- **Pruebas bioquímicas:** aportan información sobre el metabolismo del espermatozoide. Son:
  - Reducción del azul de metileno.
  - Índice de espiración y fructolisis.
  - Pruebas de resistencia.

*Tiempo de las pruebas:*

- <3': alta act. Metabólica.
- 3-6': buena act. Metabólica.
- 6-9': regular.
- >9': escasa.
- **Dilución del semen:** para aumentar el número de dosis.
- **Características del diluyente:**
  - = ph que el semen.
  - = presión osmótica.
  - Aséptico.
  - Debe aportar lipoproteínas y fosfolípidos.
  - Debe contener una sustancia crioprotectora.
  - De fácil preparado.
- **Composición del diluyente:**
  - Yema de huevo 20%, la yema es espermaticida.
  - Glicerina 7%.
  - Rafinosa (componente energético) diluida en agua destilada al 18%, de la cual se toma un 73%.
- Se mezcla el semen con el diluyente, que se prepara en una probeta, en proporción 1:2 o 1:3 si la concentración espermática fuera muy alta.

- La concentración mínima de espermatozoides para lograr una preñez es de 5 millones.
- Durante el congelamiento el 50% pierde movilidad, por tanto para asegurarme sea pajueta, pastilla o ampolla debo tener 20 millones!.

#### ❖ **Enfriamiento y estabilización(descenso térmico)**

- **Enfriamiento:** la mezcla (diluyente-semen) se lleva a heladera para bajar la temperatura de 37°C a 5°C durante 4-5 horas con el objetivo de disminuir la actividad y el metabolismo espermático.
- **Estabilización:** efecto producido por la glicerina a nivel citoplasmático de los espermatozoides, evita que cuando a los espermatozoides se los expone a temperaturas de congelamiento se formen macrocristales que provocarían la ruptura de las membranas.
- **Congelamiento:**

- **Zona caliente**

La boca del termo constituye la zona menos fría del mismo ya que a medida que uno se aleja de la superficie de nitrógeno, la temperatura aumenta. De allí la importancia de exponer lo menos posible las dosis a los *rigores térmicos* de esa zona.

1. **Pastillas:** se pipetea 1 o 2 gotas de la mezcla y se las deja caer en concavidades de una plancha de hielo seco que se encuentra a -79°C. al tocar el hielo quedan formadas las pastillas, luego se dejan caer las pastillas en un termo de nitrógeno líquido a -196°C. posteriormente se pueden extraer 1 o 2 pastillas a las que se les hace fundamentalmente la prueba de motilidad individual, comparándolo con una prueba de semen fresco recién eyaculado. Superada la prueba las pastillas se conservan en nitrógeno líquido.
2. **Pajuelas:** para estas el congelamiento lo realiza una maquina que produce el descenso térmico a -79°C y posteriormente se conservan en termo de nitrógeno líquido a -196°C.

#### ❖ **Formas de presentación del semen congelado**

- **Pastillas:** píldoras amarillentas (por la yema del huevo), de 0.12-0.15 cm<sup>3</sup>, con una concentración de 20-30 millones de espermatozoides/pastilla (+/- 200 pastillas /eyaculado). Generalmente no poseen rotulación. Su ventaja es que son de fácil procesamiento y ocupan menor espacio, las desventajas es que son de difícil identificación y hay que rediluir la (citrato de sodio al 2.98%).
- **Pajuelas:** se diluyen en yema de huevo o en leche en polvo descremada. Tienen un volumen de 0.25-0.50 cm<sup>3</sup>. La concentración espermática debe ser mayor a 30 millones de espermatozoides por pajueta. Dentro de las ventajas contamos con que vienen identificadas y no se rediluyen, pasa directamente al aparato reproductor femenino.
- **Ampolletas:** es la menos utilizada, son de vidrio y al sacarlas del termo suelen explotar.

## ❖ Técnicas de inseminación artificial e instrumental

### ✚ Métodos:

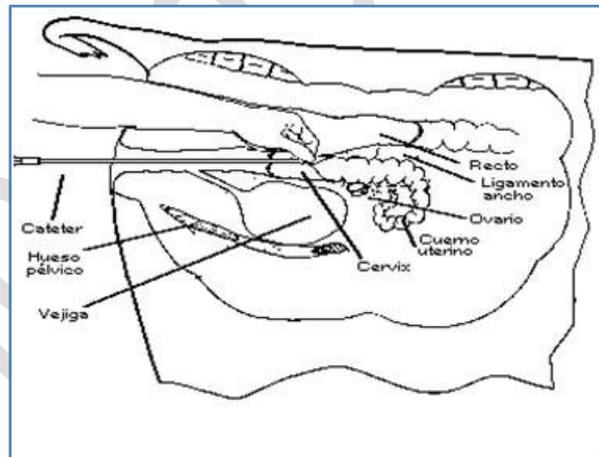
#### × *Históricos:*

- Método del espejo: puede transmitir enfermedades venéreas.
- Pinzado del cuello: había lesiones en el cuello.

#### × *Actual:* método recto-vaginal o de Hunter

##### ▪ Pasos:

- I. Lavado de la región vulvar, con agua, teniendo cuidado de no introducir bosta, más que por las infecciones posibles por una disminución de la fertilidad. Secar. El inseminador se coloca un guante en la mano izquierda y se lubrica.
- II. Separación de los labios vulvares, e introducción con mano derecha del pistoleta a +/- 45° apuntando hacia el techo de la vagina.
- III. Introducción de la mano izquierda en el recto, localización y fijación del cuello uterino.
- IV. Localización del pistoleta a la altura del cérvix, con la mano izquierda se va traccionando hacia adelante hasta insertarlo en el cérvix y atravesar el 1°, 2° Y 3° anillo con movimientos de rotación y desplazamiento.



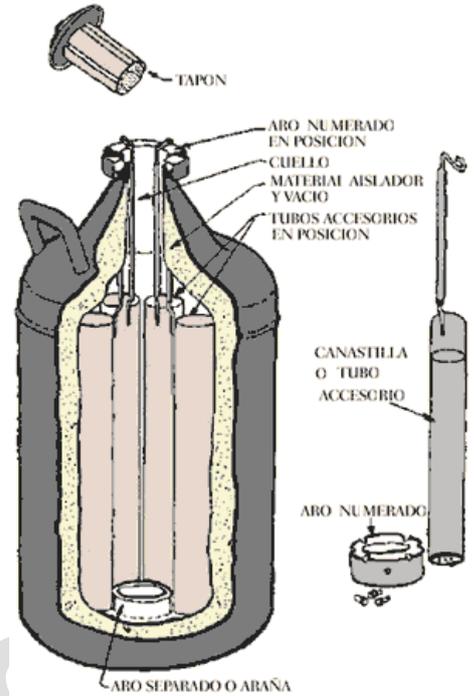
- V. Se localiza el extremo de la pipeta en la terminación del conducto cervical, procediendo a la descarga de la dosis del semen en el cuerpo del útero. Se retrocede lentamente hacia atrás sin interrumpir la presión ejercida sobre el pistón de la jeringa.
- VI. Se retira el pistoleta, se masajea suavemente el cuello del útero, y se retira la mano izquierda del recto. Se masajea el clítoris de la vagina estimulando la liberación de oxitocina, que junto a la motilidad de los espermatozoides permiten que lleguen a la ampolla del oviducto.

## ❖ Inseminación con pastillas

### → Instrumental:

- Termo de N líquido.
- Pinza o cuchara.
- Tubo recuperador con diluyente.
- Jeringa de 3 cm<sup>3</sup>.
- Pipeta.
- Tuvo intermediario de goma.
- Guantes.

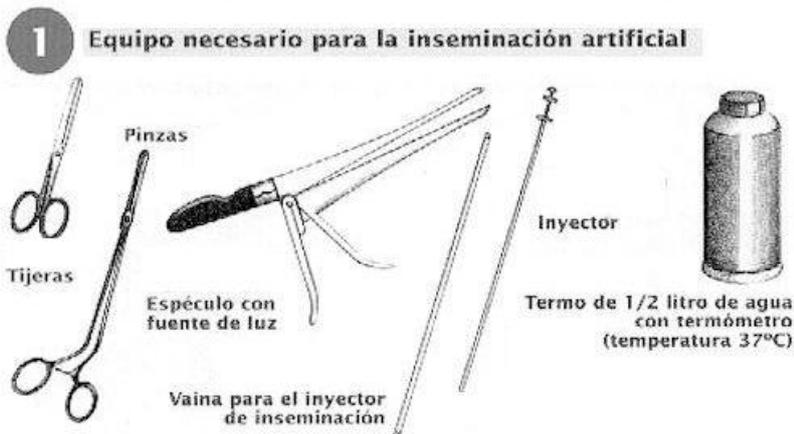
- Las pastillas se extraen del termo, primero se introduce la pinza o cuchara en el N líquido para que no se produzca un choque térmico y se pegue en la pastilla. Se toma una pastilla y se la rediluye colocándola en un tubo recuperador con el medio rediluyente consistente en citrato de sodio al 2.92%, y se lo descongela llevándolo a temperatura corporal (35°-38°) puede hacerse al baño maría. Se ensambla la jeringa con el tubo intermediario y luego con la pipeta se carga primero 1cm<sup>3</sup> de aire luego la dosis de semen y finalmente aire, quedando la dosis entre dos burbujas de aire. Finalmente se procede con el método recto-vaginal.



## ❖ Inseminación con pajuelas

### → Instrumental:

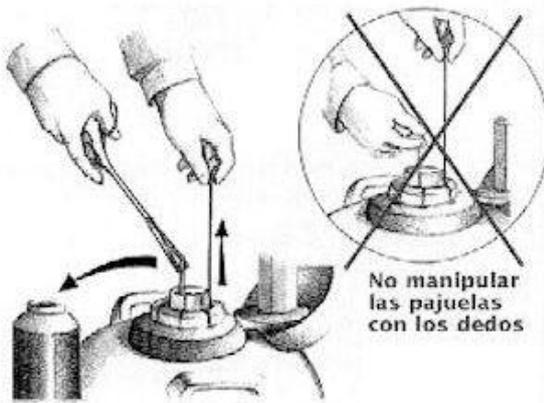
- Termo de N líquido.
- Pinza o cuchara, más papel secante.
- Pistolete de cassou.
- Vaina protectora.
- Corta pipeta.
- Guantes.
- Termómetro y reloj.



Se debe limpiar y desinfectar todo el equipo antes de cada inseminación

→ Las pajuelas se extraen de una canastilla que está en el termo, donde se almacenan varias pajuelas, se extrae cada pajuela de la boca del termo con una pinza de plástico. El descongelamiento es en un recipiente con agua a 38°C durante 40 segundos, secándolas posteriormente con papel secante (h<sub>2</sub>O es espermicida). Se cortan con un cortapajuelas a 0.5 cm. del extremo sellado térmicamente. La pajuela se introduce en la vaina (vaina protectora del pistolete de cassou) y ambas se insertan en el pistolete. Luego se coloca el caño y se fija con una arandela. Se introduce un embolo que empuja al algodón de la pajuela hasta que sale una gotita del extremo del pistolete. Finalmente se procede con el método recto-vaginal.

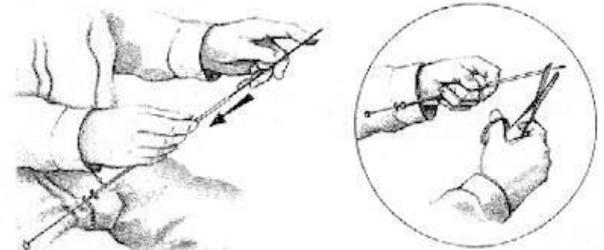
2

**Descongelación**

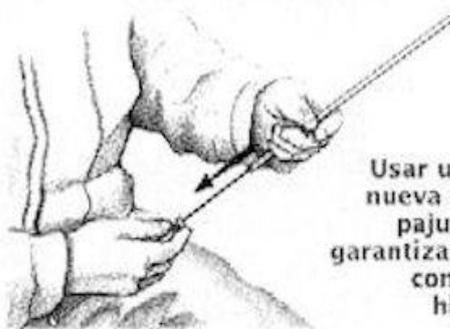
Verificar regularmente la temperatura del agua y mantener a 37°C

No manipular las pajuelas con los dedos

3

**Preparación de la pajuela**

4

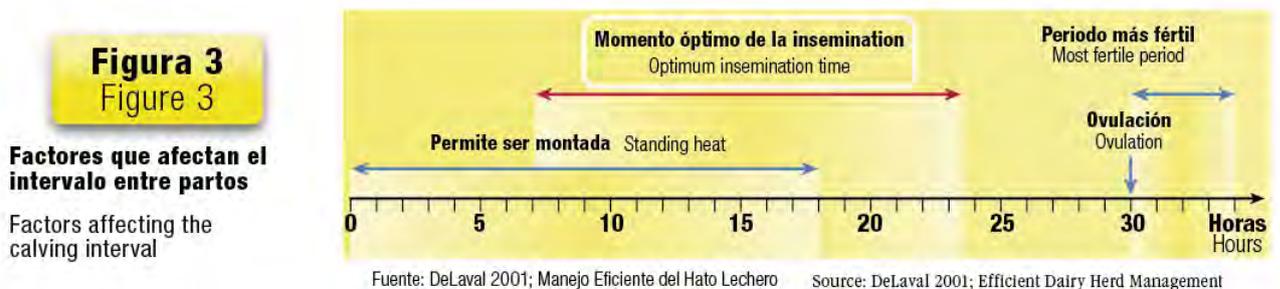
**Colocación de la funda**

Usar una vaina nueva con cada pajuela, para garantizar buenas condiciones higiénicas

## Métodos de detección de celos:

1. Observación visual directa.
2. Pintura en la base de la cola.
3. Toros retajo (toros con una intervención quirúrgica para evitar que copule a la hembra) marcadores.
4. Vacas androgenizadas.
5. Elementos electrónicos.
6. Modificaciones fisiológicas.

★ **Periodo optimo de inseminación artificial:** entre la hora 12 y 24 de comenzado el celo.



- Duración del celo 18 hs.
- Sobrevida espermática en el tracto femenino 24 hs.
- Capacitación espermática 6 hs (dentro de las 24 anteriores).
- Sobrevida del ovulo 8 hs.
- Ovulación en la hora 30 de iniciado el ciclo.

★ Se inspecciona el rodeo cada 12 hs (en dos turnos por día). Se detecta celo en un corral donde están encerradas las vacas, durante 45 minutos a una hora por turno. La vaca detectada se insemina en el turno siguiente. En rodeos de cría comenzar a inseminar a las vaquillonas.

### ★ Celos de las distintas categorías de la hacienda

- Vaca con cría al pie (lactancia): celo más restringido, debido al balance desfavorable (energético) causado por la lactancia y al efecto de succión del ternero que afecta el ciclo post parto. Las vacas de cría entran a ciclar más tarde que las de tambo.
- Vaquillonas (similar a vacas secas): tienen mayor tasa de celo diario (TCD).
- Periodo de inseminación: no más de 2 ciclos (45 días) en el que deben quedar preñadas el 80% de las vaquillonas, las no preñadas se descartan.

### ★ Parámetros reproductivos en IA

- **Tasa de celo diario:** el máximo teórico es 5%. En vaquillonas la TCD debe ser > 4-4.5% para poder inseminar al 80% de las vacas, si la TCD es baja aplicar un flushing alimentario.

$$\text{TCD} = \frac{\text{vacas en celo}}{\text{Total de vacas del rodeo} * \text{n}^\circ \text{ días del ciclo}} * 100$$

- **Tasa de retención de primera siembra:** entre un 65-70 %, la segunda siembra entre un 25-30 %.

$$\frac{\text{Vacas inseminadas} - \text{vacas que retornan}}{\text{Total de vacas inseminadas}} * 100$$

- **Porcentaje de preñez:** mayor al 80% en todos los ciclos.

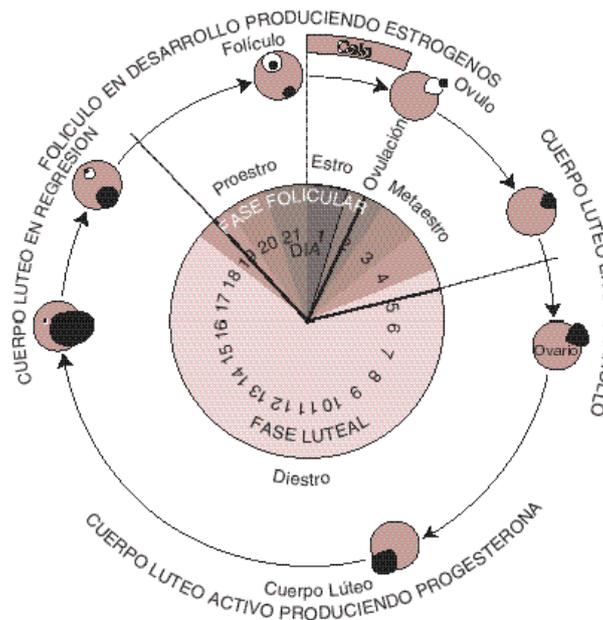
$$\frac{\text{Total de vacas preñadas}}{\text{Total de vacas inseminadas (puestas en servicio)}} * 100$$

- **Factores que condicionan los resultados:**
  - I. Detección de celos.
  - II. Momento de siembra.
  - III. Calidad del semen.
  - IV. Lugar de la siembra (*cuerpo del útero, 85% vuelve a vagina, solo el 15% alcanza el oviducto*).
  - V. Destreza del inseminador.

## Sincronización de celos

Es una técnica complementaria a la inseminación artificial que modifica los ciclos de un grupo de hembras, permitiendo que presenten un celo fértil en un o unos días programados, pudiendo realizar inseminación artificial, si se quiere sin detección de celos a tiempo fijo.

- ❖ **Historia:** surge para solucionar las limitaciones de la IA principalmente, la detección de celos. Surge también para poder realizar transferencias de embriones.
- ❖ **Objetivos:**
  - Acortar el periodo de servicios y por lo tanto de pariciones.
  - Realizar IA sin detección de celos.
  - Inducir la actividad sexual en animales en anestro.
  - Realizar transferencia de embriones.
- ❖ **Ventajas:**
  - Facilita la implementación de la IA:
    - Reduce el tiempo de trabajo.
    - Elimina el problema de la detección de celo.
    - Se concentran las tareas de manejo.
  - Posibilita un mejor aprovechamiento del forraje.
  - Aumenta la cabeza de parición y de destete.
  - Se aumentan los pesos promedios de terneros al destete.
  - Se obtienen lotes de terneros con pesos uniformes.
  - Reduce el intervalo entre partos: incrementa en nº de terneros por año y la producción de carne y leche.
  - Permite comprobar con exactitud si existe baja fertilidad en el rodeo causada por una mala detección de celos.
  - Estimula la reanudación de la actividad cíclica ovárica en las vacas que se encuentran en anestro post parto.



❖ **Control del ciclo estral para la sincronización de celos.**

- ✚ En general, podemos dividir a los protocolos de IATF en aquellos que utilizan combinaciones de GnRH y prostaglandina F2 $\alpha$  (PGF), llamados protocolos Ovsynch y los que utilizan dispositivos con progesterona (P4) y estradiol.
- ✚ **Utilización de prostaglandinas:** inducción de la lisis del CL por agentes luteotrofos que induce acortamiento de los ciclos, celo y ovulación fértil al descender los niveles de progesterona en plasma. Solo actúa en animales que se encuentran ciclando y con CL funcional. Regulan la duración de vida del CL.
  - **Tratamientos de sincronización de celos con PGF $_2\alpha$**

*Se utiliza en vaquillonas y vacas secas, ya que tienen mayor % de celo diario.*

✓ **Tratamiento A:** 2 aplicaciones mediante inyecciones intramusculares con dosis de PGF $_2\alpha$  sintéticas (500 $\mu$ g cloprostenol), separadas por un intervalo de 11 días.

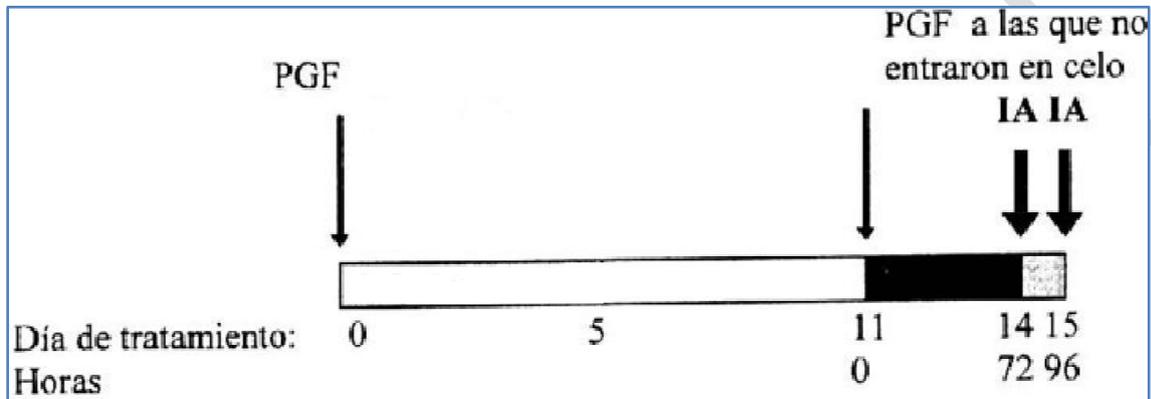
La primera inyección lisa todos los CL que se encuentran en la fase luteal (+/- el 60 % de las hembras con el ciclo entre el día 5 y 17) ya que la PGF $_2\alpha$  no afecta a los folículos ni a los CL en formación. El estado fisiológico de las vacas queda como en el día 17 bajando los niveles de progesterona en 24-36 hs. a < 1ng/ml.

La segunda inyección encontrara a todas las hembras, si estaban ciclando normalmente con el CL funcional (fase luteal), causara la regresión de todos los cuerpos luteos y sincronizara los celos de todo el rodeo ya que en ese momento a los 11 días todas las vacas se encontraran entre el día 6 y 16 del ciclo:

- La mayoría que respondieron a la primera dosis por estar en la fase luteal: día 7-9 (van a entrar en celo más rápidamente: 57 hs vs 66 hs).
- Las que estaban en periodo preovulatorio (día 21 +/- 5) van a estar en el día 11-16.
- Las que estaban en fase folicular (día 17-21) van a estar en el día 6-11.
- Se va a inseminar a las 72 y 76 hs sin detección de celos (fase folicular dura +/- 3 días), o a las 84 hs. si se hace una sola inseminación, pero el % de preñez disminuye un 10%.

- La longitud del intervalo entre la inyección de  $\text{PGF}_2\alpha$  y la ovulación depende del tamaño y fase del folículo dominante, viable al momento del tratamiento:
  - Folículo en fase de crecimiento o estática temprana, ovulación a las 72-96 hs. (3-4 días)
  - Folículo en fase estática tardía o de regresión, ovulación del folículo de la onda siguiente después del 4 día (4-6 días).

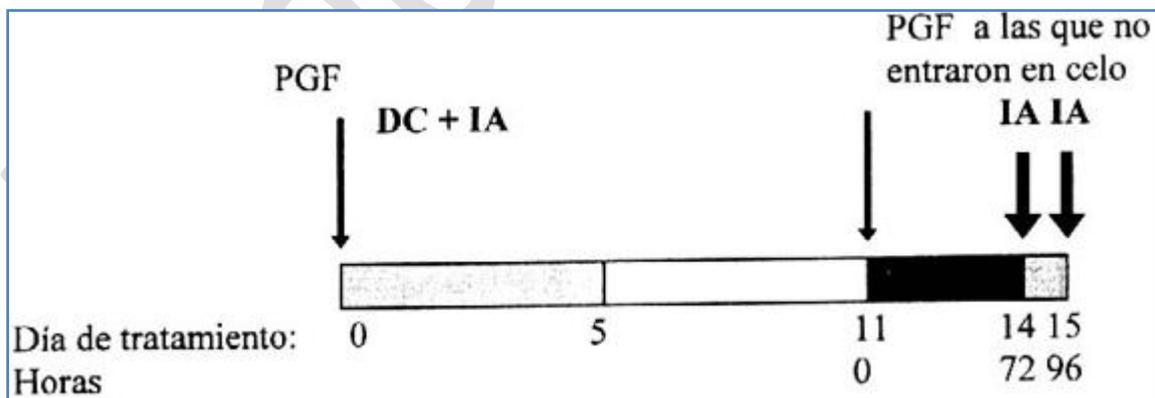
**$\text{PGF}_2\alpha$ :** solo regula la duración del CL, pero no sincroniza el crecimiento folicular y la ovulación. No tiene una precisión como para inseminar a tiempo fijo (menor % de concepción), no hay que esperar un 100% de respuesta.



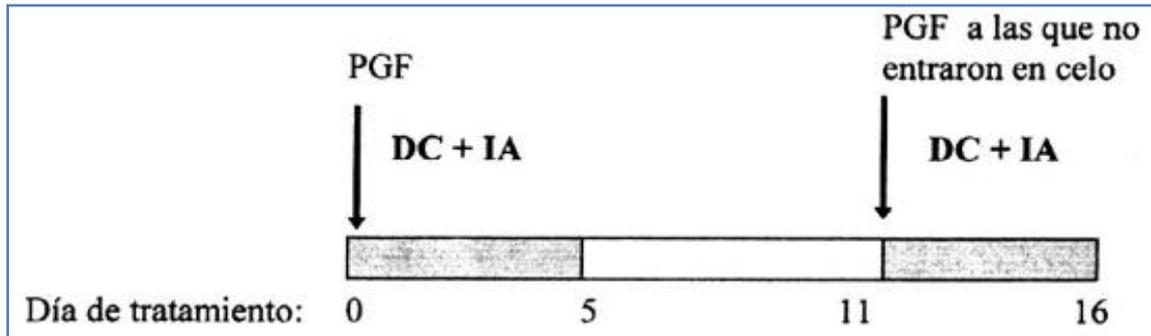
- ✓ **Tratamiento B:** 2 aplicaciones de  $\text{PGF}_2\alpha$ , separadas por un intervalo de 11 días. Después de la aplicación de la 1 dosis de  $\text{PGF}_2\alpha$ , se hace detección de celo, entran en celo y serán inseminadas un 65-70%, de las hembras que están ciclando:

- Vacas con CL funcional que fueron afectados por la  $\text{PGF}_2\alpha$ .
- Vacas en fase folicular que, inician la lisis natural del CL, presentando celo naturalmente.

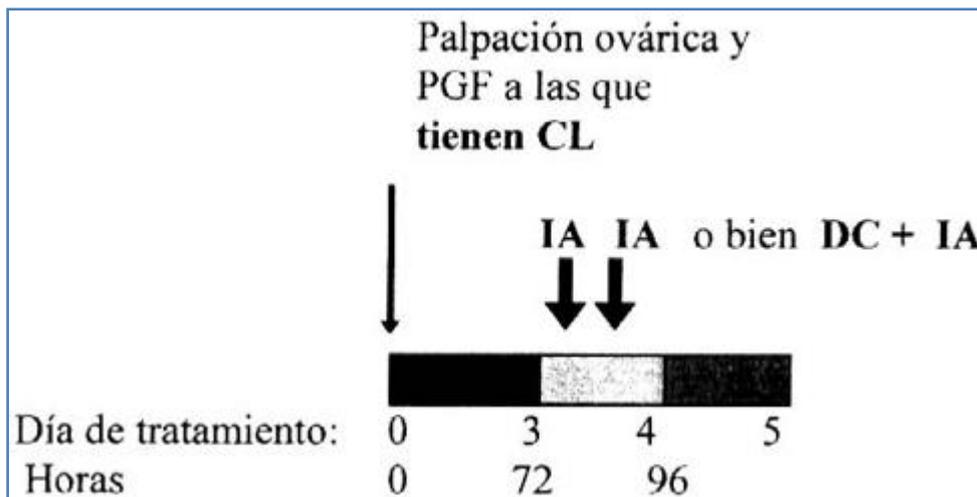
La segunda dosis se aplica a los 11 días, a aquellas hembras que presentaban un CL en formación no sensible a la  $\text{PGF}_2\alpha$  y a aquellas que estuvieron en anestro. Se insemina a las 72-92 hs. es un programa para rodeos lecheros. Fue desarrollado como tratamiento individual para vacas con estros no visibles o no detectados.



- ✓ **Tratamiento C:** se insemina con detección de celo después de la 2 dosis de  $\text{PGF}_2\alpha$ , no se gastan dosis de semen en animales con anestro.



- ✓ **Tratamiento D:**



- ✓ **Tratamiento E:** se detecta celo y se insemina mientras se espera que las hembras que tenían el CL en formación alcancen la fase luteal. Se aplica a los 7-8 días una dosis de  $\text{PGF}_2\alpha$ , a todas las hembras que NO han manifestado celo hasta ese momento y se continua detectando e inseminando durante 5 días. La detección de celos incluye a animales en la fase folicular y a aquellas que estaban en la fase luteal y respondieron a  $\text{PGF}_2\alpha$ . Es un programa practico para los rodeos de carne, relativamente económico ya que solo se gasta una sola dosis de semen por animal y los que están ciclando y requiere una sola dosis de  $\text{PGF}_2\alpha$ , en el 75-80% d los animales. Es más bien corto, pero inefectivo para animales en anestro.

*En general las tasas de fertilidad son más altas cuando los animales se IA, luego de la detección de celo, que cuando se inseminan a tiempo fijo.*

*La selección del método más adecuado, depende, de factores como, eficiencia de detección de celos, dinero disponible para las dosis de  $\text{PGF}_2\alpha$  y semen, mano de obra y objetivos del programa.*

✚ **Utilización de progesterona:** Los progestágenos constituyen un grupo de hormonas esteroides 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  $PGF_2\alpha$  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. Los dispositivos intravaginal de liberación de progesterona (PRID), 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, que se libera lenta y progresivamente. 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.

✚ mantenimiento de la concentración plasmática de  $P_4$ , a niveles superiores a 2ng/ml, manteniendo las características de la fase luteal, demorando la ocurrencia del celo y la ovulación, hasta que se suspende el tratamiento. Se sincroniza alargando el celo, se busca inducir el efecto “caída de los niveles de progesterona”, en el mismo momento en todas las hembras, lo cual estimulara la maduración folicular preovulatoria, el celo y la ovulación. La progesterona es una hormona liposoluble que se utiliza generalmente diluida en un vehículo oleoso y que aplicada inyectable, tiene una vida media corta en el organismo y resulta muy dificultoso mantener constantes los niveles de  $P_4$  circulantes en plasma (>2ng/ml).

## Efectos de la P<sub>4</sub>

Si los niveles de P<sub>4</sub> del tratamiento se suman a los de P<sub>4</sub> endógeno de la fase luteal, la dinámica folicular NO se altera; los folículos dominantes se atresian y se inicia una nueva onda de crecimiento folicular, cuando termina el tratamiento *ovula un folículo nuevo*.

La P<sub>4</sub> no afecta a los CL en formación que se desarrollan.

Si el tratamiento se inicia poco antes o después de la luteolisis (en fase folicular), la única P<sub>4</sub> circulante hasta el final del tratamiento es la del dispositivo. Los niveles medios liberados de P<sub>4</sub> (2-2.5 ng P<sub>4</sub>/ml) inhiben el celo y la ovulación, que solo ocurren con niveles de P<sub>4</sub> en plasma < 1ng/ml, pero son insuficientes para inducir a la atresia del folículo dominante, es decir, no afectan la liberación de FSH necesaria para estimular el reclutamiento folicular e inicio de una nueva onda. El folículo dominante sigue creciendo y se transforma en persistente, situación que si se mantiene por más de 5 días y al retirar el implante de P<sub>4</sub>, produce la ovulación de este folículo cuyo ovocito estará envejecido y ha perdido viabilidad a causa de que al descender los niveles de P<sub>4</sub> a niveles medios de 2-2.5ng/ml, se induce un incremento en la frecuencia de los pulsos de LH que induce la reactivación de la meiosis y maduración del ovocito sin inducir la ovulación.

El tratamiento con P<sub>4</sub> puede ser:

- corto (no excesivamente)
- inducir la ovulación de un folículo nuevo.

**Eliminación del efecto del folículo dominante:** el folículo dominante impide el desarrollo de una nueva onda de crecimiento folicular, *se envejece el ovocito*.

**Administración de GnRH:** induce a las dos horas de la administración un pico de LH similar al preovulatorio. El folículo dominante ovula en un 85% de los casos y los que no ovulan se luteinizan y corresponden al inicio de una nueva onda folicular. En todas las hembras se inicia una nueva onda de crecimiento folicular a los 1.6 días después de la inyección de GnRH con bastante viabilidad.

**Administración de LH:** el efecto es similar a la GnRH, se induce el desarrollo de una nueva onda de crecimiento folicular provocando la ovulación del folículo dominante.

**Administración de estrógeno:** si se aplica 17βestradiol, un día después de colocar P<sub>4</sub>, se induce el crecimiento sincrónico de una nueva onda de crecimiento folicular 4.3 días después.

El estrógeno y la progesterona sinergizan, suprimiendo la liberación de gonadotropinas (FSH y LH), atresiando el folículo en el momento en que este iniciándose una nueva onda en todos los animales al mismo tiempo, cuando los niveles de E<sub>2</sub> decaen y se incrementan los de FSH.

## Tratamientos de sincronización con P<sub>4</sub>

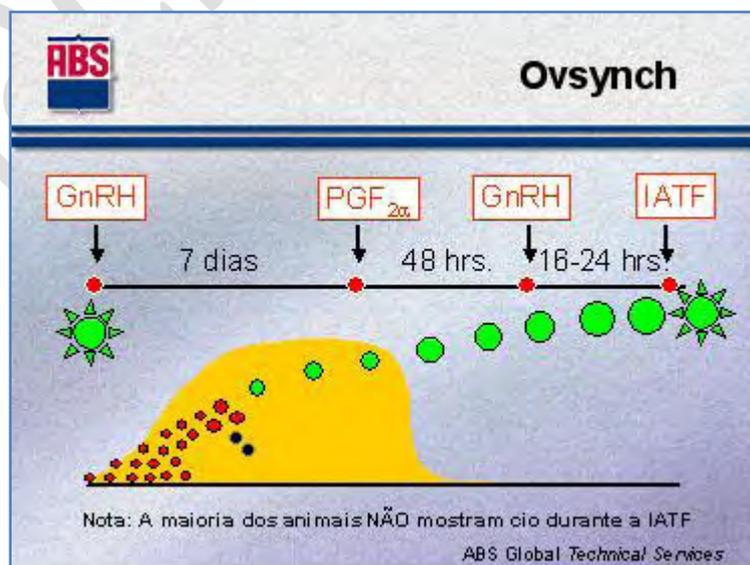
- **Tratamiento 1:** *con acetato de melengestrol (MGA):* se administran 0.5 mg de MGA durante 14 días, y a los 17 días de suspendido el tratamiento se suministra una dosis de PGF<sub>2</sub>α que encuentra a todas las hembras sincronizadas con CL funcional. El celo aparece después de la luteolisis, si es fértil normalmente, se detecta celo e IA 12 hs después (+/-72 hs post PGF<sub>2</sub>α).

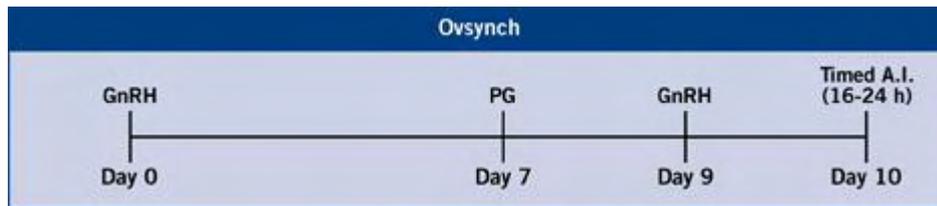
- **Tratamiento 2:** doce o nueve días de duración e IA sin detección de celo:
  - **12 días:** el tratamiento con  $P_4$  dura 12 días como límite para no afectar la fertilidad de los celos inducidos y se acompaña con la administración de una dosis de  $E_2$  al inicio del tratamiento.
  - En hembras con CL en formación el  $E_2$  sinergiza con  $P_4$  produciendo una acción antiluteotrofica (RAN sobre la liberación de LH) y/o luteolítica (estimulación de la síntesis de  $PGF_{2\alpha}$  por la mucosa uterina), impidiendo la formación del CL o afectando su funcionalidad.
  - En animales en la fase folicular los niveles subletales de  $P_4$  y  $E_2$  no van a permitir la ovulación demorando la maduración folicular y el celo (excepto cuando se produce la DPG), se genera una nueva onda de crecimiento folicular (por el  $E_2$ ).
  - Cuando se retira la  $P_4$  al día 12, todos los animales están en el mismo momento con una nueva onda de crecimiento folicular, IA a las 48-72 hs de retirada la  $P_4$  (1 día antes que  $PGF_{2\alpha}$  porque no hay lisis del CL).
  - Se utiliza en vacas de tambo con ternero al pie. A partir de 50 días de paridas como tratamiento de los anestros sin causas aparentes. En vacas de cría puede utilizarse a partir de los 60 días de paridas y los resultados son mejores si se hace un destete temporario al retira el dispositivo con  $P_4$  (la  $P_4$  puede sacar del anestro fisiológico o lactacional).

**Nuevos tratamiento de sincronización de celos para IATF:** Métodos que tienden a sincronizar la ovulación además de regular la función del cuerpo lúteo.

❖ **Sincronización de celos con GnRH y  $PGF_{2\alpha}$ :** IATF sin utilización de progesterona.

- **Método Ovsynch:** La primera GnRH se da para inducir la ovulación (simula la descarga fasica preovulatoria de LH y gonadotrofinas) y promover la formación de un nuevo cuerpo lúteo (CL) y una **nueva** onda folicular; es decir, para devolver a la vaca "al comienzo de ciclo estral". La prostaglandina administrada 7 días después se utiliza para provocar la regresión del nuevo CL y la última GnRH se administra 48 horas después para inducir la ovulación del nuevo folículo. La inseminación a tiempo fijo (IATF) se lleva a cabo de 16 a 24 horas después; o antes del tiempo esperado de ovulación el cual es aproximadamente 24 a 34 horas después de la segunda GnRH en el **protocolo ovsynch clásico**.





× **Ventajas:**

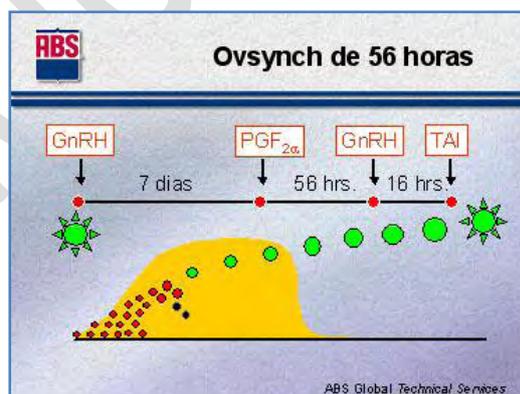
- Este método es aplicado en vacas de tambo en lactancia, pero NO en vaquillonas.
- Es efectivo en hembras que aun NO están ciclando, en las cuales induce una ovulación sincronizada.
- Puede tratar quistes foliculares.
- Sirve para razas indicas con celo NO visible.

× **Desventajas:**

- Costos de las hormonas.
- % de preñez normal.
- Enmascaramiento de vacas en periodo de baja fertilidad o que no muestran celo y permanecen en el programa.
- NO sincroniza ovulación en vaquillonas. (no hay respuesta).

❖ **Sincronización de celos con progestágenos combinados con otras hormonas:** en general una de las hormonas complementarias debe ser luteolítica, a fin de acortar el tratamiento con  $P_4$  y no afectar la fertilidad del celo inducido.

- **Norgestomet ( $P_4$ ) con  $PGF_{2\alpha}$ :** para acortar el periodo de acción con  $P_4$ , se completa con una dosis de  $PGF_{2\alpha}$ , que se aplica al retirar la  $P_4$  (9 días), asegurando la lisis de los CL funcionales. El % de preñez aumenta un 10% si la  $PGF_{2\alpha}$ , se aplica 48 hs antes de retirar el progestágeno. La IATF se realiza a las 48 hs de retirado el progestágeno en vaquillonas y 56 hs después en vacas.



- **Norgestomet ( $P_4$ ) con valerato de estradiol y GnRH:** se aplica Norgestomet con valerato de estradiol (9 días), induciendo la regresión del foliculo dominante existente y ocurre el crecimiento de una nueva onda folicular a los 4-6 días después. A las 30 hs de retirado el implante con  $P_4$  se inyecta GnRH para sincronizar la ovulación, realizándose IATF 54 hs después de retirado el implante.

- **Progesterona con 17βestradiol y PGF<sub>2</sub>α:** se aplica 17βestradiol, un día después de colocado el dispositivo intravaginal con P<sub>4</sub>, para que sea efectivo (el E<sub>2</sub> solo es efectivo con niveles de P<sub>4</sub> que no sean bajos, sinergizan juntos). Al día 7 se retira el dispositivo y se aplica PGF<sub>2</sub>α. La IATF se realiza a las 54 hs. Este método puede utilizarse en animales con cría.

---

## Transferencia de embriones

*La transferencia de embriones es una biotecnología aplicada para el incremento de la producción animal y la conservación e intercambio de material genético a nivel mundial. El trasplante de embriones es un método de reproducción artificial basado en la transferencia de embriones producidos por una hembra donante (madre genética superior) a hembras receptoras (madres portadoras) que lo gestan hasta su nacimiento.*

- ✓ **Objetivos:** incrementar la tasa reproductiva de las hembras genéticamente superiores.
- ✓ **Ventajas:**
  - La principal ventaja de esta técnica es el incremento de la capacidad reproductora de una vaca o ternera valiosa; por sí sola, una vaca puede producir 6 o 7 terneros en su vida; la TE incrementa la eficiencia reproductiva a numerosos descendientes por año.
  - Disminuye el intervalo generacional, obteniendo un gran número de progenie de jóvenes donantes, lo cual acelera la evaluación y selección de los mejores ejemplares.
  - Método excelente para transportar genética.
  - bajo riesgo de transmisión de enfermedades.
  - Permite la reproducción de ejemplares infértiles debido a enfermedades, traumas o edad avanzada.
  - Elección de sexos.
- ✓ **Limitantes:**
  - Alto costo.
  - Personal capacitado.
  - Instalaciones.
  - Tasa de supervivencia de los embriones.

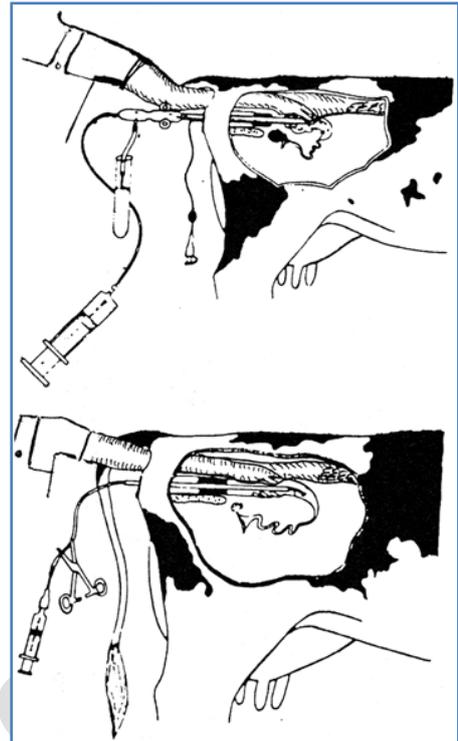
**Para realizar el trasplante de embriones se deben tomar en consideración los siguientes factores:**

- 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.

**Los pasos a contemplar son los siguientes:**

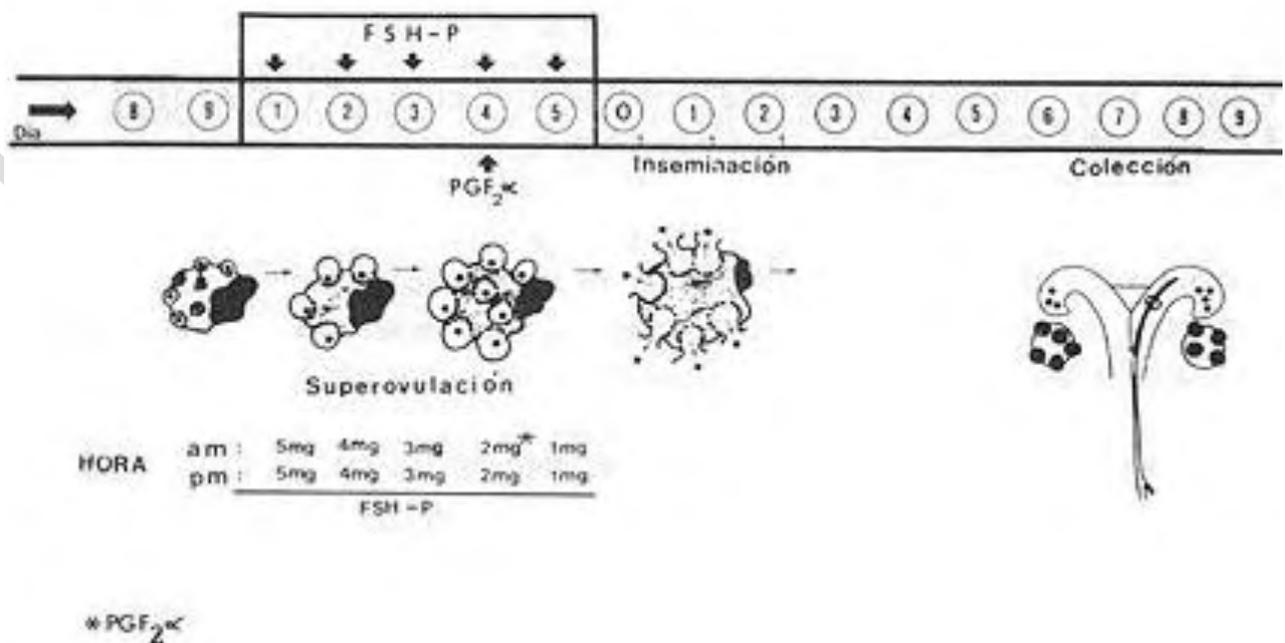
1. Selección de la donante
2. Tratamiento de superovulación
3. Sincronización de las receptoras
4. Inseminación
5. Obtención de los embriones (lavado uterino)
6. Búsqueda y selección de los embriones
7. Transferencia en fresco
8. Congelación del embrión

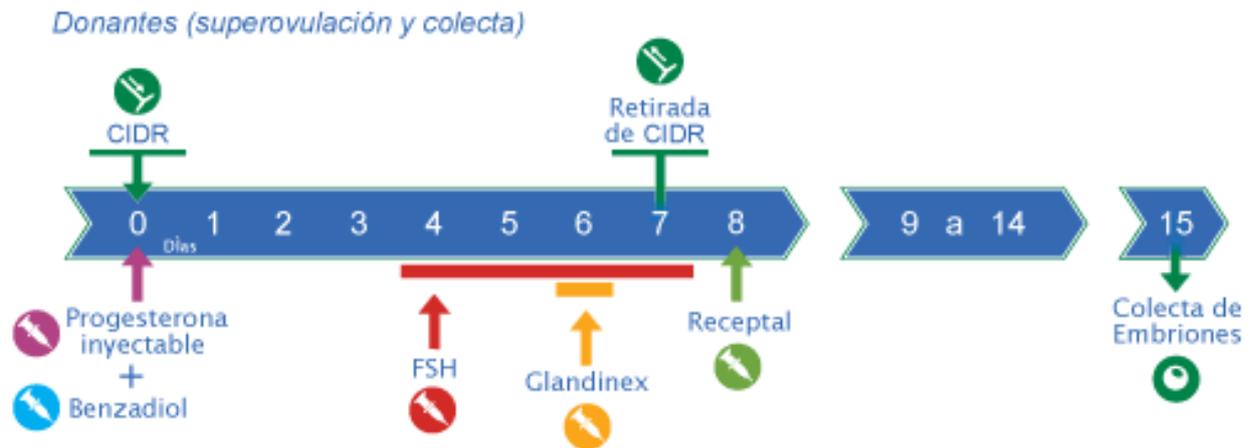


❖ **Tratamiento de superovulación:**

Tratamientos para rescatar de la atresia a un grupo de folículos y permitir que puedan ovular todos juntos.

- Consiste en la administración de FSH (hormona estimulante de los folículos) para inducir una ovulación múltiple. Después de un celo natural o inducido, se inicia el tratamiento entre los días 8º y 12º del ciclo estral (generalmente al 11º día), para evitar la presencia de un folículo dominante que eclipse el desarrollo de nuevos folículos. Debemos confirmar la presencia de un cuerpo lúteo activo.





- Día 0: progesterona + CIDR (dispositivo de aplicación intravaginal a base de progesterona)
- Días 4-5-6-7: dosis crecientes de FSH a la mañana y tarde (cada 12 hs).
- Día 6: FSH + PGF<sub>2</sub>α, a la mañana y a la tarde se saca el CIDR.
- Día 8: celo. A la tarde IA.
- Día 9: IA a la mañana.
- A los 7 días del celo se recogen los embriones (estadio de mórula compacta).

### Sincronización de las receptoras

Suelen utilizarse novillas como receptoras: tienen el tracto reproductivo virgen, menos problemas clínicos, menos alteraciones ováricas... se logran mejores porcentajes de gestación. Se utilizan 10 receptoras por donante ya que no todas responden igual que para la IA. Las receptoras ideales son las holando.

Hay dos métodos de sincronización:

- ✘ PGF<sub>2</sub>a en dos dosis separadas entre sí 14 días. La última dosis debe darse 12 horas antes que a la vaca donante (suelen responder peor a la prostaglandina).
- ✘ Progestágenos, aplicando PGF<sub>2</sub>a antes de retirar el implante

### Inseminación

Hay que observar atentamente los signos del celo; a causa del tratamiento superovulatorio, no siempre muestran un celo evidente. El semen debe ser de primera calidad y de toros de primera categoría. Para asegurar la fertilización de los ovocitos, es conveniente efectuar tres inseminaciones artificiales, separadas 12 horas entre sí, y aplicar más semen del que se usa normalmente.

### Lavado uterino (Flushing)

La recogida de los embriones se efectúa entre el 6º y el 8º día después de la I.A.; antes, puede haber embriones en el oviducto que no serán recuperados y después, los embriones rompen la zona pelúcida (barrera protectora muy importante) y empieza la implantación en el útero.

La técnica más comúnmente usada es el lavado uterino; se introduce un catéter por vía transcervical y se hacen diversos lavados con un medio especial (PBS; tampón fosfato salino con antibióticos y proteínas séricas). **Sonda doble vía:** por una se produce el lavado con una solución fosfatada del cuerno y por el otro se forma un globo, para que se fije la sonda en la curvatura mayor de los cuernos y evitar el reflujos. El líquido se aspira con la misma jeringa. Por gravedad: el lavado se hace de 9-10 veces por cuerno, primero se vacía y luego se recoge.

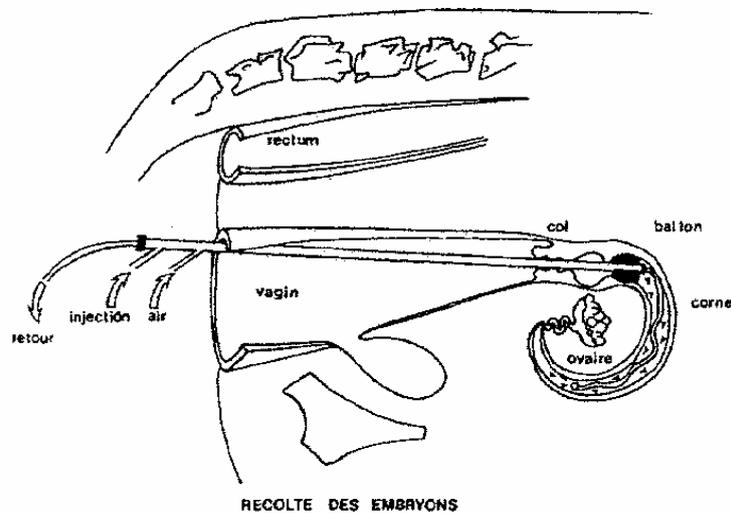


FIG. 3

### Búsqueda y evaluación de los embriones

El líquido recogido es filtrado y depositado en placas de Petri, los embriones se buscan al microscopio a 40x. Una vez encontrados, se transfieren a pequeños discos con medios de cultivo para ser lavados, identificados y clasificados.

Búsqueda de los embriones Aspecto de los embriones Los embriones viables pueden seguir 3 caminos:

- × Transferencia en fresco
- × Conservación en frío (0<sup>o</sup>4 °C, durante 24 h.)
- × Congelación

### Transferencia del embrión

Se seleccionarán las receptoras con un buen cuerpo lúteo, que asegure niveles elevados de progesterona, indispensables para la implantación del embrión y el mantenimiento de la gestación.

El método es similar al de la inseminación artificial, con la diferencia que el cuello uterino se encuentra cerrado, por lo cual el operador debe extremar las precauciones al momento de atravesarlo. El embrión se deposita en el cuerno uterino ipsilateral al cuerpo lúteo activo.

### Congelación del embrión

La congelación permite el mantenimiento de la viabilidad por largos periodos de tiempo, así como un transporte cómodo y seguro.

Dos factores fundamentales causan la muerte celular durante la congelación/descongelación: la formación de cristales de hielo en el citoplasma y las fuertes concentraciones salinas. Para evitarlo, se usan crioprotectores, que deshidratan al embrión parcial y progresivamente. Los productos usados son el glicerol

y el etilenglicol, siendo más usado éste último porque la descongelación es directa, mientras que el glicerol requiere un proceso en etapas. El embrión, después de ser inmerso en el medio crioprotector, es introducido en una pajuela, la cual será congelada. Al llegar a los  $-30^{\circ}\text{C}$ , la pajuela se introduce directamente en nitrógeno líquido.

## RESULTADOS

La media obtenida por tratamiento, teniendo en cuenta una enorme variabilidad individual, es la siguiente:

- 8-12 embriones recuperados
- 6-7 embriones transferibles
- 4-5 gestaciones

### Se considera que:

- ✗ 25% de las colectas no producen ningún embrión viable
- ✗ 30% de las donantes producen el 70% de los embriones viables

*La tasa de fertilidad es de un 65% para la transferencia en fresco y de un 60% para embriones congelados, aunque varían del 20 al 70%, dependiendo principalmente de la habilidad del técnico.*

## Factores que inciden en la respuesta superovulatoria (SOV):

- *Factores individuales:*
  - Edad óptima: 2-5años. A partir de los 7-8 años disminuye la respuesta
  - Nivel de producción: >40 kg leche/día no se recomienda la SOV
  - Intervalo parto-SOV: mínimo 90-120 días
  - Patología: tanto sistémica como del aparato reproductor
  - Repetición del SOV: Esperar al menos 60 días entre 2 SOV. Si se superovula varias veces, tiende a disminuir la respuesta
- *Factores ligados al rebaño:*
  - Alimentación: equilibrada. Evitar excesos de grasa, proteína y carencias específicas.
  - Estrés: evitar cualquier factor estresante
  - Ganadero: es muy importante que comprenda todo el proceso de SOV. La detección de celos es básica para el éxito del programa.

## Selección de hembras bovinas

**Vaquillonas:** hembras que entran en servicio por primera vez. Tienen una edad promedio de entre 16-26 meses y un peso de entre 240-300kg. Es la categoría más delicada y la que marca el futuro de la producción. La selección comienza a los 7 meses con el destete. Se debe asegurar la fertilidad que es además un carácter de alta repetitividad importante en la cría. El % de reposición es de alrededor del 20% (5 años de vida útil), dependiendo de que si el rodeo está estabilizado o en crecimiento.

- **Aspectos a seleccionar:**

- a) Fertilidad.
- b) Crecimiento.
- c) Desarrollo o estructura física.

- × **Selección al destete:** ternera al destete 6-12 meses, 160-230 kg. Es el primer momento de selección. La selección se hace mediante el refugo de animales por problemas sanitarios, de desarrollo, de estado corporal, biotipo (malas conformaciones, aplomos).
- × **Selección preservicio:** en vaquillonas de reposición, de 16-24 meses de edad, 210-300 kg. Un mes antes del servicio se realiza una revisión clínica y se analiza como criterio de selección:
  - a) Estreches de la cadera.
  - b) % de celo diario.
  - c) Anormalidades (menor tamaño y peso).
- × **Selección durante el servicio:** mediante una prueba biológica, se seleccionan las que se ponen en celo antes de primer ciclo que son las más fértiles.
- × **Selección postservicio:** en base a la concepción o preñez postservicio. Se descartan las vacas y en caso de una selección, quedan aquellas que fueron preñadas primero (carácter repetible) y las con menor índice servicio/concepción.
- × **Selección al parto:** vaquillona o vaca de primera parición, 3 años o 340 kg (+/-18%). Se descarta a aquellas que han quedado preñadas y que por diferentes causas han abortado, o que han perdido el ternero por causas de distocia; se las engorda y se las vende.
- × **Selección al destete:** se pueden seleccionar a las madres de los terneros destetados con mayor peso, ya que la madre es un factor fundamental en esto (aptitud maternal).

**Vacas:** vientres adultos, desde su 1° parición en adelante. Edad de 3.5 años en adelante, con un peso de 380-400 kg.

- × **Selección preservicio:** ciclicidad/condición corporal.
  - × **Selección postservicio:** vacas vacías o vacas secas se descartan. Los descartes también son por edad o por desgaste dentario (8 años y ½ diente), estos animales se venden.
-

## Selección de toros

### Toros:

- ★ Macho reproductor. Madurez de crianza a los 22-24 meses. Para IA a los 15-16 meses.
- ★ Porcentaje 3%(llano)-10%(sierra). Reposición del 25% (4 años de vida útil).
- ★ **IMPORTANCIA:** participa en la etapa de mayores pérdidas potenciales de terneros: etapa de servicios, perdiéndose también kilos de ternero y disminuyendo la posibilidad de preñez temprana al año siguiente, cuando no se logra la preñez en cada celo. Resulta muy importante la evaluación y selección correcta de los reproductores por su capacidad reproductiva.
  - 95% de preñeces en rodeos de cría en ARG. Son producto de servicio natural.
  - La importancia del macho en el proceso reproductivo es del 50%, pero en el mejoramiento del rodeo es del 80%.
- ★ Un toro puede utilizarse para servir a 25-40 hembras en servicio natural, para miles mediante IA.
- ★ En rodeos de cría la selección por fertilidad resulta muy importante.

### Atributos de toros fértiles y eficientes:

#### I. Sanidad.

- *Sangre:* brucelosis y leptopirosis.
- *Raspaje:* tricomoniasis y resto.

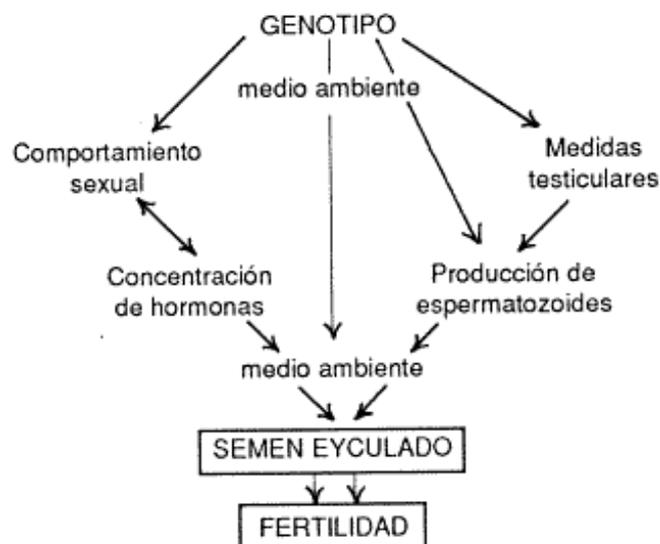
#### II. Estado físico: habilidad para preñar a una hembra.

#### III. Conformación y aplomos.

#### IV. Circunferencia escrotal: estima la producción espermática.

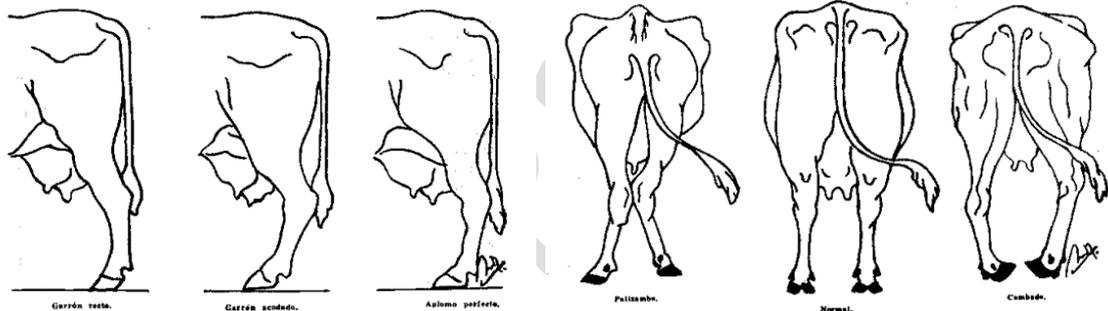
#### V. Libido y capacidad de servicio: evalúa la capacidad de servicio.

#### VI. Calidad del semen.



**Evaluación de la capacidad reproductiva de los toros para seleccionar toros con alta fertilidad potencial:**

- × A través de un examen físico y revisión clínica del aparato reproductor del toro.
  - Época:
    - Al destete: examen físico (aplomos) y circunferencia escrotal (+23cm).
    - Al año: circunferencia escrotal (+30cm).
    - Dos años: CE > 32 cm.
    - Antes del servicio: (1 o 2 meses) buen estado corporal, sin exceso de grasa. Es difícil encontrar fallas importantes en su aptitud reproductora (vienen de un largo periodo de descanso).
    - Después del servicio: se detectan problemas más fácilmente, que se ponen en evidencia post-servicio. Hay tiempo para reponer en caso de descarte.
- × **Examen físico y estado general**
  - Estado físico general
  - Conformación y aplomos (especialmente cuartos traseros, que son los que soportan el peso durante la monta), facilidad de movimientos (los problemas de aplomos son heredables).

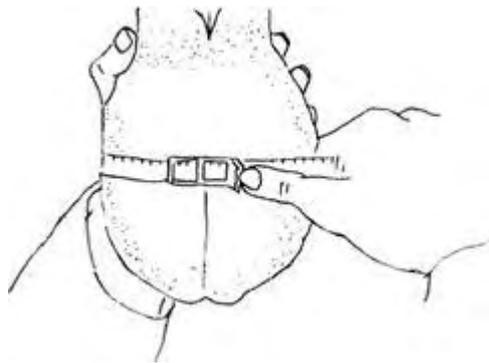


- × **En un corral:** examen sanitario.
- × **Examen individual:** en manga, encepado.
  - Dentadura: edad y vida útil.
  - Ojos.
  - Genitales internos: mediante palpación rectal se controla:
    - Glándulas o vesículas seminales (presencia de semino vesiculitis).
    - Glándulas bulbouretrales, no son palpables.
    - Próstata, no se han detectado toros con aumentos de tamaño.
    - Ampollas de los conductos deferentes (no se detectaron patologías).
    - Ampolla inguinal, puede haber predisposición a desarrollar hernia escrotal durante el servicio cuando se encuentra agrandado.

- Se tiende a realizar la palpación rectal porque:
  - No se sabe el efecto de las anomalías sobre la fertilidad (ej.: semino vesiculitis no tendría efecto).
  - En toros jóvenes la semino vesiculitis es solo temporaria y existe alta correlación entre vesiculitis y epididimitis.
  
- Genitales externos: revisión clínica externa.
  - **Testículos:** posición: descendidos y correctamente alojados en las bolsas escrotales (criptorquidia= desciende uno de los testículos, origen genético, alteración de las funciones exocrinas ya que dependen de la T°).
  - **Tamaño:** medido mediante la circunferencia escrotal, permite estimar la cantidad de espermatozoides producidos (80% del volumen producido en tubos seminíferos). Se puede ver hipoplasia testicular (heredable), donde hay disminución del volumen; orquitis que produce degeneración testicular que lleva a la infertilidad.
  - **Consistencia:** se palpa con la yema de los dedos, combinación de:
    - Firmeza: se infiere por la distancia que se puede presionar el parénquima testicular.
    - Elasticidad: fuerza del parénquima testicular para restablecer su forma normal. *Tiene una heredabilidad del 0,4 y esta correlacionada con la calidad seminal (flácidos o blandos, degeneración testicular y pobre calidad seminal).*
  - **Movilidad:** dentro de la bolsa escrotal. Su ausencia o reducción (por adherencia) representa un problema al afectar la espermatogénesis.
  
- Epidídimo: se palpa el tamaño y tonicidad de cabeza, cuerpo y cola. Puede haber lesiones como fibrosis, granulomas espermáticos, abscesos y epididimitis (cabeza, cuerpo y cola duros y agrandados), afectan la calidad de los espermatozoides.
  
- Escroto y cuerda escrotal: se examina el espesor de la pared, cantidad de tejido adiposo, lesiones y el largo del escroto, que le permite cumplir las funciones de termorregulación, movilidad de los testículos dentro del escroto. El cuello del escroto es una región importante ya que es donde se produce intercambio de calor.
  
- Pene y prepucio: se examina desde un costado, revisando la flexura peneana puede ocurrir quebradura de verga que es una hinchazón en la base del pene.



- × **Tamaño escrotal y circunferencia escrotal:** estima la producción espermática (cantidad y calidad). La medición es simple, con cinta métrica alrededor de la circunferencia mayor de los dos testículos (firme pero NO apretada), alta heredabilidad 0,67.



Se deben comparar toros por edad y dentro de las mismas razas y ambientes.

#### Edad:

- ✚ Al destete, 205 días de vida, castración a animales con CE<23cm.
- ✚ Al año: CE>30cm.
- ✚ Dos años: CE>32cm.

**Razas:** las razas indicas tienen testículos más largos y tubuliformes con <CE que razas europeas.

#### Ambiente:

- ✚ **Nutrición:** muy importante en el desarrollo testicular. La tasa de crecimiento testicular es máxima durante la pubertad, siendo muy importante la nutrición de los toros jóvenes en crecimiento, pero no debe ser excesiva, ya que una esto puede disminuir la calidad seminal por degeneración testicular a causa de una mala termorregulación por una acumulación de grasa en el cuello del escroto.
- ✚ **Relación tamaño testicular/fertilidad:** utilizando toros con alta CE se logra un aumento de la fertilidad que se trasmite a los hijos, las cuales además logran alcanzar más temprano la pubertad, la edad al primer servicio y al primer parto, tienen un mayor % de preñez y mayor productividad.
- ✚ La CE está relacionada también positivamente con la intensidad de crecimiento y peso vivo.
- ✚ Toros con alta CE producen mayor cantidad de semen de mejor calidad y por lo tanto fertilidad, pueden aparear a más hembras y obtener un % de concepción al primer celo mayor.

**Libido y capacidad copulatoria:** evalúa la capacidad de servicio, habilidad para preñar vacas.

- ✚ **Libido (macho):** deseo de montar y completar el servicio de la hembra, heredabilidad 0,59, es sinónimo de instinto sexual.
- ✚ **Capacidad copulatoria (CC):** es la cantidad de servicios que un toro logra realizar a campo durante un periodo de tres semanas. Puede ser pronosticada mediante la prueba de capacidad de servicio.
- ✚ **Prueba de capacidad de servicio (PCS):** prueba que consiste en el número de servicios completos (salto, penetración y eyaculación) que un toro realiza a corral en 20 minutos. Si la prueba se realiza en toros jóvenes estos deben haber tenido alguna experiencia sexual previa.
  - 0-1: baja.

- 2-3: media.
- 4-5-6: alta.
- 7-8-9: muy alta.

✚ **CC y relación con la fertilidad:** alta correlación positiva entre CC y % de preñez al primer celo y total al final de todo el periodo y se debe a:

- A mayor CC, mayor proporción de vacas en celo que el toro capaz de servirla.
- A mayor CC, mayor proporción de vacas en celo que el toro sirve más de una vez.
- A mayor CC, mayor cabeza de parición y mayor cabeza de destete y peso al destete de los terneros.
- Con la CE y CC se puede calcular el potencial de entore: numero de vacas que puede servir satisfactoriamente un toro en un servicio de 3 semanas.
- Alta correlación entre la PCS y la dominancia social y el comportamiento a campo de los toros. La dominancia social está relacionada principalmente con la edad y antigüedad dentro del rodeo, también influye el peso corporal y la edad (no hay que mezclar toros jóvenes con viejos). Un toro nuevo demora +/- un mes en adaptarse.

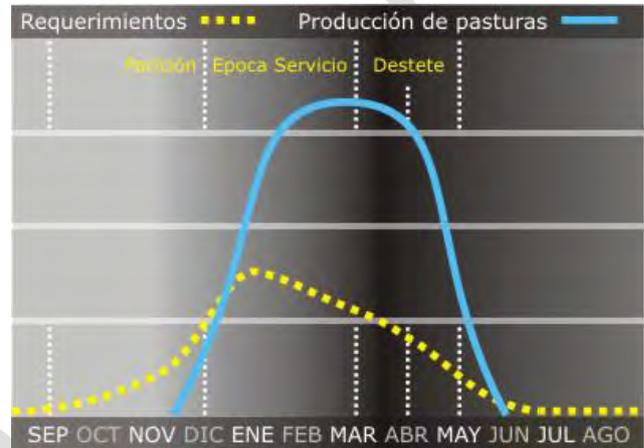
✚ **Evaluación del semen:** permite conocer la calidad seminal.

## Programación de los servicios en los rodeos de cría

**Cría:** es el primer eslabón en el proceso o cadena de la producción de carne, responsable por lo tanto, EN PARTE de la eficiencia del proceso reproductivo (cría→recrea→invernada).

- **Objetivo:** un ternero por vaca por año, destetándolo con el máximo peso posible y vendiendo vacas descartes en las mejores condiciones posibles.
- **Lugar:** en los países con ganadería extensiva ocupa los lugares marginales por razones técnicas y económicas. En argentina se realiza en la región semiárida (NOA, sur de Bs. As., norte de Córdoba) son campos de baja calidad que deben presentar estacionalidad forrajera, haciendo coincidir, la mayor demanda con la máxima oferta forrajera, que generalmente ocurre en épocas estivales.
- **Eficiencia en la producción de carne (EPC):** kg producidos/kg de mantenimiento= +/- 30-32%, vendiendo la producción al destete y suponiendo una eficiencia reproductiva del 85%. Es relativamente baja, ya que en invernada, por ejemplo, la EPC= 50-55% y se debe a que en cría hay que cubrir los requerimientos de la madre y de la cría (producir un kg de peso en el termino requiere el doble que un novillo).
- **La EPC depende:**
  - Eficiencia de la reproducción.
  - Peso al destete de los terneros.
  - Peso de la vaca al descarte.
  - Edad de entore de la vaquillona.
- **Características y requerimientos de las vacas de cría:** necesitan +/- 6 meses de buena disponibilidad de nutrientes (2 meses antes del parto, hasta el destete) y 6 meses de menores requerimientos nutritivos, pero mantiene constante durante todo el año su peso, con variaciones que dependen de la oferta forrajera y estado fisiológico. La época de menores requerimientos debe coincidir con la época de menor oferta forrajera.

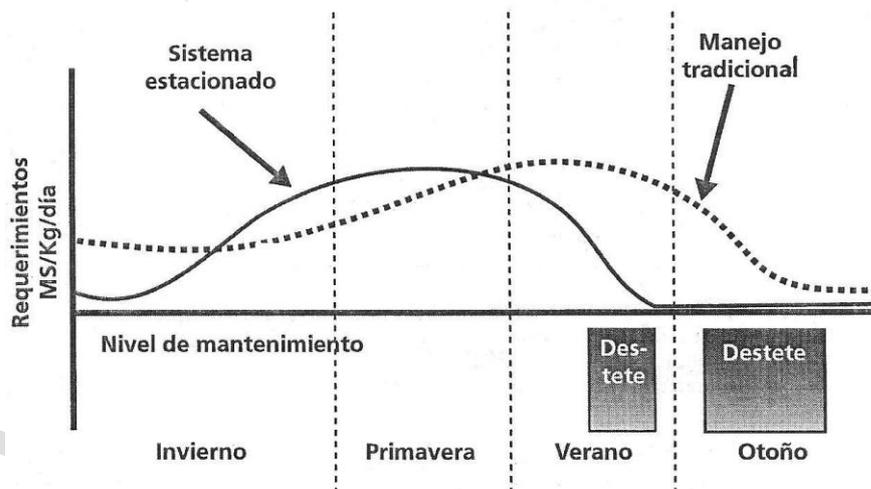
- **Los 365 se dividen en:**
  - 250gestación.
  - 45-60puerperio.
  - 30-45época de servicios.
- **Requerimientos máximos:**
  - En el último tercio de la gestación, se cubre principalmente con energía endógena.
  - Post-parto, lactancia, puerperio y servicios, coincide con la época de máxima oferta forrajera.



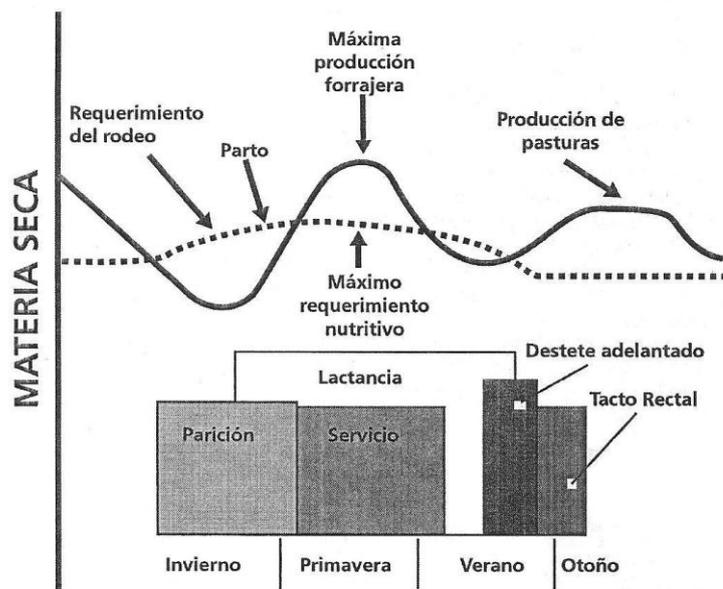
- **Manejo de servicios:**
  - **Periodo de servicios:**
    - **Servicio continuado:** servicio natural a campo en el que el toro está en contacto con todas las categorías de hembras durante todo el año. Las vacas van quedando preñadas según la disponibilidad de forrajes. No se puede llevar un control.
    - **Servicio estacionado:** aquel en el cual se hace coincidir la mayor demanda o requerimientos fisiológicos de nutrientes, con la mayor disponibilidad forrajera. Se debe tener en cuenta que en la época de pariciones no haya altas temperaturas, ni moscas ni parásitos.
      - **Ventajas:**
        - × Mejor aprovechamiento de forrajes.
        - × Nacimientos en una sola época (concentración de pariciones), lotes parejos, destetes a fecha fija → simplificación en el manejo.
        - × Control de la eficiencia reproductiva del rodeo.
        - × Planificación de la explotación.
  - **Pasaje de un servicio continuado a estacionado:**
    - Retiro los toros y planifico una sola época de servicios. Para zona con marcada estacionalidad forrajera.
    - En pampa húmeda se realizan dos servicios (para buena disponibilidad forrajera):
      - Otoño-invierno: no se reponen las vaquillonas. al cabo de 5 años desaparece gradualmente.
      - Primavera-verano: no se pierden tantas crías.

- **Época y duración de los servicios:** primavera verano y parte del otoño.
  - Diciembre- enero- febrero (según alimentación, clima y comercialización).
  - Cualquiera sea la época que elijamos para dar servicio, debemos tener prevista la alimentación posterior al parto de manera de lograr un buen ternero, un buen desarrollo de la vaquillona y una buena preñez en el segundo servicio. Si no lo hacemos, el resultado puede ser muy malo y lo que es peor, muy caro, afectando el resultado general del establecimiento.
  - Duración: 25-45 días (1 o 2 ciclos).
- **Tipos de servicio:**
  - **Natural:**
    - **A campo:** vacas junto a los toros en una época definida del año.
    - **A corral:** en cabaña. Se identifica el servicio: se detecta la vaca en celo y se lo lleva al toro (permite identificar paternidad).
  - **Artificial:** mediante las técnicas de IA, dura +/- 40 días el periodo de servicios. Al resto se lo hace en servicio natural. IA: +/- 84% de preñez (en 2 ciclos y con un 4% de CD) + repaso = 95% de preñez.

Comparación de necesidades alimenticias de rodeos de cría con entore tradicional y estacionado



Coincidencia de los períodos de máximos requerimientos del rodeo con los de mayor oferta forrajera



- **Programación de los servicios de las distintas categorías:**
  - **Vaquillonas:**
    - **Pubertad:**
      - Práctico: se observan las primeras manifestaciones al celo (receptividad al macho), hay un marcado crecimiento de los órganos reproductivos 5-15 meses.
      - Teórico: maduran los receptores hipotalámicos a E2, que alcanzan el centro cíclico y desencadenan por RAP, la DPG, el celo y la ovulación.
    - **Madurez de crianza:** madurez sexual, es decir plena capacidad reproductiva, siempre y cuando el animal alcance un cierto grado de desarrollo corporal. Peso adecuado 60-75% del peso adulto (280-330 kg). Edad 15-24/25 meses (problemas de entore a los 15 meses, largo anestro por problemas alimenticios), se debe garantizar el 4% del celo diario del rodeo.
    - **Época de servicio:** se adelanta un mes con respecto a las vacas adultas, si hay reservas adecuadas para la época del parto.
      - Servicio: N-D-E.
      - Parto: J-A-S-O.
      - Ventajas:
        - ✗ Mayor periodo de descanso (tienen que terminar de crecer y amamantar).
        - ✗ Tardan 20-25 días más que el resto en volver a ciclar.
        - ✗ Se les puede brindar atención especial.
      - Duración:
        - ✗ Conviene 1 o 2 ciclos con IA y el repaso con toros a campo.
        - ✗ 20% de reposición (5 años de vida útil).
  - **Vacas:**
    - Plantel %:
      - Vaquillona 1º parición: +/-18-19%.
      - Adultas: 56-59%.
      - Viejas: lo menor cantidad posible 4%.
    - Servicio: D-E-F (duración +/- 4 meses).
    - Parto: S-O-N.
  - **Toros:**
    - %: del 3-10% (dependiendo si es llanura o sierra).
    - % reposición: 25%.
    - Pubertad: 8-9 meses.
    - Madurez de crianza: 22-24 meses. Para IA 15-16 meses.

## Evaluación del proceso reproductivo en los rodeos de cría

### Las mayores pérdidas son producidas por:

- ◆ Etapa de servicios: (PRINCIPAL) relacionadas con el puerperio y los factores que afectan la fertilidad post parto:
  - Infertilidad general.
  - Involución uterina.
  - Ciclos estrales cortos.
  - Anestro post parto.
- ◆ Durante la gestación: generalmente por enfermedades como brucelosis, tricomoniasis, vibriosis, leptospirosis.
- ◆ Muertes perinatales: hasta las 72 horas post parto. (2º en importancia).
- ◆ Muertes de ternero al pie: entre el nacimiento y el destete.

### La eficiencia del proceso reproductivo en los rodeos de cría se puede evaluar mediante índices o parámetros:

#### I. % de celo diario:

- ❖ Cantidad de hembras que ciclan por día.
- ❖ Indica el estado reproductivo del rodeo.
- ❖ Se obtiene observando el celo y se toma antes de empezar los servicios (+/- 1 mes en vaquillonas, en vaquillonas se puede evaluar con mas anticipación), y o durante el periodo de servicio si es con IA.
- ❖ Valores óptimos del 5% de celo diario (CD).
- ❖ Valores normales.
  - a. Vaquillonas o vacas secas: 3,5-4%.
  - b. Vacas 1º parición: 2,5-3%.
  - c. Vacas adultas: 3-3,5%.
- ❖ Factores que lo afectan:
  1. Anestro post parto.
  2. Vacas con quistes:
    - a. Quiste luteal: CL persistente. El animal NO entra en celo (vaca machorra).
    - b. Quiste folicular: celo persistente. Vaca repetidora.
- ❖ El %CD sirve para:
  - a. Evaluar la ciclicidad del rodeo.
  - b. Cuando comenzar los servicios.
  - c. Que % de toros utilizo.
  - d. Si es necesario un golpe alimentario.

$$\%CD: \frac{\text{vacas en celo}}{\text{Total de vacas} * \text{Nº de días de detección}} * 100$$

**II. % retención de primera siembra: se evalúa principalmente cuando utilizo IA.**

- ❖ Valores normales: 65-70% (valor máximo alcanzado cuando el inseminador es muy bueno como así también la calidad del semen)
- ❖ Factores que influyen:
  - a. Trabajo del inseminador.
  - b. Calidad del semen.
  - c. Detección del celo.
  - d. Vaquillonas con problemas hormonales, actividad cíclica anormal, ciclos estrales cortos, problemas de reconocimiento del embrión.
  - e. Presencia de cuerpos extraños en el aparato reproductor femenino.

$$\%R1^{\text{a}} S: \frac{\text{vacas inseminadas} * \text{vacas que retornan}}{\text{Vacas inseminadas}} * 100$$

**III. % de preñez: se realiza por tacto rectal a los 60 días post servicio.**

- ❖ Valores normales:
  - a. Vaquillonas y vacas secas: 85-90% - 56% en el 1 ciclo.
  - b. Vacas 1ª parición: 75-80% - 35% en el 1 ciclo.
  - c. Vacas adultas: 85-90% - 49% en el 1 ciclo.
- ❖ Factores que producen variación: enfermedades en los primeros periodos de preñez.
- ❖ Permite seleccionar por fertilidad que es un carácter repetible y heredable.
- ❖ Varía del 75-90% dependiendo de la categoría.

$$\% \text{ de preñez: } \frac{\text{total de vacas preñadas}}{\text{Total de vacas puestas en servicio}} * 100$$

**IV. % de parición:**

- ❖ Se toma al momento de las pariciones.
- ❖ Valores normales del 4-5% menos que el % de preñez.
- ❖ Enfermedades como brucelosis, leptospirosis, aftosa influyen en él %, como así también un mal manejo.

$$\% \text{ parición: } \frac{\text{vacas paridas}}{\text{Vacas puestas en servicio}} * 100$$

**V. % de mortalidad al parto:**

- ❖ Hasta las 72 horas post parto.
- ❖ Valores normales < 4%, varía según las razas.
- ❖ Causas:
  - ❖ Distocia +/- 79%
  - ❖ Anormalidades del ternero +/- 21%.

$$\% \text{ de mal parto: } \frac{\text{terneros muertos}}{\text{Terneros nacidos}} * 100$$

**VI. % de destete:**

- ❖ Se evalúa al destete.
- ❖ Nos da la eficiencia reproductiva total.
- ❖ Valores normales:
  - a. 2-3% menos que el % de parición.
  - b. Actual: 60-70%.
- ❖ Influyen: enfermedades y mal manejo.
- ❖ 
$$\% \text{ destete: } \frac{\text{terneros destetados}}{\text{Vacas puestas en servicio}} * 100$$

**Programación de los servicios en los rodeos lecheros**

*\*sistema pastoril con suplementación de silo y grano (centro este de arg.)*

**Leche** → abasto: (consumo diario) todos los días del año es importante la época de servicios. Durante todo el año.  
 → Industria.

*\*El consumo aumenta en invierno más del doble, época que coincide con una disminución de la producción de leche de casi el 50% y un 20-30% menos de vacas en producción. Bache: se cubre con IA + sincronización y con recría.*

**\* Tipos de servicio:****▪ Natural:**

- A campo (no recomendado).
- A corral.

**▪ Artificial:**

- IA + sincronización de celo: cuando se quieren concentrar las pariciones, por ejemplo para cubrir el bache forrajero de invierno.
- IA + servicio natural a corral: 1 o 2 ciclos con IA y luego un repaso con toros.

**\* Elección de toros:****▪ Razas:**

- Holando argentino (holstein)
- Jersey.

**▪ Objetivos:**

- Producción (antecedentes).
- Tipo de animal.
- Performance o desempeño reproductivo.
- Tipo de parto.
- Sanidad.

× **IA:**

○ **Objetivos:**

- Mayor producción de leche (cantidad y calidad).
  - Facilidad del parto.
  - Sanidad.
  - Mejoramiento genético.
- Se hace todos los días del año, no se diferencia entre categorías (vacas y vaquillonas). A los 30 días de paridas se comienzan a observar. Se detectan los primeros celos. Al 2º o 3º celo se les da el servicio, se lleva un registro individual.

× **Recría de la hembra:**

○ **Objetivos:**

- Reposición de un 20-25%.
- Venta como futuras reproductoras (poco).
- Elemento regulador de la distribución de las pariciones (se alimenta con mucha intensidad, para que llegue la época de servicios y el parto se produzca en la época del bache)
- Vida útil promedio en tambos: 3,5-4 años.

× **Primer servicio:**

- **Peso:** 2/3 del peso adulto (550-600kg) → 350Kg.
- **Edad:** 15-16 meses → parto: 24 meses.
- **Ganancia diaria:** servicio y recría: 0.5kg/día, la edad de la vaquillona a la que alcanza el primer parto afecta:
  - Tasa de reposición.
  - Producción por día de vida.
  - Distribución de las pariciones.

× **Primer servicio-parto:** (3,5 condición corporal)

- Adecuado crecimiento del vientre. Peso al parto 90% del peso adulto: 475kg.
- Alta producción de leche.
- Segunda preñez: después del periodo post parto 80-82 días.

× **Ganancia diaria de la ternera en cría recría:** 0.5-0.75kg/día.

- **Exceso:** disminuye la producción de leche, al aumentar el tejido adiposo en mamas, que desplaza al tejido productor de leche.
- **Déficit:** no permite alcanzar el peso de servicio y la edad. No hay desarrollo adecuado del canal de parto.

× **Selección de vaquillonas:** en pre servicio y por tacto.

- Facilidad al parto.
- Docilidad.
- Facilidad de ordeño.
- Producción (selecciona con el pico de lactancia).

× **Balance energético:** energía (E) incorporada por la alimentación- E mantenimiento- E lactancia.

Ignacio Pascual

- **Con el calcio pasa lo inverso a otros alimentos nutritivos:** se debe disminuir su ingesta +/- dos meses antes del parto para que se active la actividad hormonal.



## Evaluación de la eficiencia reproductiva en rodeos lecheros.

### ◆ **Importancia: permite obtener información para:**

- Conocer la eficiencia reproductiva.
- Detectar y analizar las posibles causas de fallas.
- Hacer un diagnóstico.
- Adoptar decisiones.
- Prevenir futuros desordenes reproductivos.

### ◆ **Registros: en planillas:**

- Actividad productiva.
- Actividad reproductiva.

Se necesita:

- × Registros individuales.
- × Identificación segura.
- × Servicios identificados.
- × Atención veterinaria.

### ◆ **Parámetros para evaluar eficiencia reproductiva.**

#### ○ **Intervalo entre parto (IEP):**

- **Optimo:** 365 días.
- **Meta real:** 13-14 meses. 85,7% de pariciones en el año.
- **Tiene dos componentes:**
  - Periodo parto-concepción (IPC): se puede modificar. Optimo: 80-90 días.
  - Periodo de gestación: 9 meses. NO se puede modificar.
- **factores que determinan su duración:** (puerperio, involución uterina, ciclos estrales cortos, anestro):
  - **inicio del ciclo estral post parto:** (parto a 1º celo). En el puerperio hay involución uterina (20-25 días), y restauración del eje hipotálamo-hipofisario-gónadas: las funciones reproductivas se restauran a los 40-45 días. Es muy importante la alimentación en el PRE y POST parto, para la producción y fertilidad (ej.: dieta rica en proteínas alarga el puerperio).

#### ○ **intervalo parto-1º servicio:** (espera voluntaria). El 1º celo es silente (ovulación sin conducta de celo), o son ciclos estrales cortos. Recién al 2º o 3º celo (+/- día 70) hay mayor retención (el % de retención aumenta hasta el día 70)

##### ▪ **detección de celo:**

- intensidad: vacas que se detectan en celo de las que están en celo.
- Precisión: vacas vistas en celo y % de las que realmente lo están.

##### ▪ **Factores :**

- Actividad cíclica post parto.
- Espera voluntaria.
- Detección de celos

##### ▪ **Optimo:** de los 45-70 días.

#### ○ **Intervalo parto-1º celo:** 25-30 días. Primer celo silente o ciclo estral corto.

- **Intervalo parto-concepción:**
  - **Factores:**
    - Anestros post servicio.
    - Calidad del semen y técnica de inseminación.
    - Vacas repetidoras: fallas en la concepción y muerte embrionaria precoz.
    - Quistes ováricos.
  - **80-90 días**
- **% retención al 1º servicio:** (= a cría) 60-70%
- **Índice servicio –concepción:**
  - **Factores:**
    - Fertilidad de la hembra y del toro.
    - Calidad del semen.
    - Eficiencia del inseminador.
    - Anestros post servicios
    - Vacas repetidoras.
- **% de preñez:** es difícil de estimar (en un periodo de tiempo)
  - **Factores:**
    - Fertilidad de la vaca y el toro.
    - Eficiencia de la detección de celo y del inseminador.
    - Ambiente.

---

Ignacio Pascual

**s o x e n a**

Ignacio Pascho

## TEMA 1. FUNCIONES DE REPRODUCCIÓN. BASES FISIOLÓGICAS DE LA REPRODUCCIÓN EN EL MACHO

Bases fisiológicas de la reproducción en el macho. Fisiología testicular: funciones exocrina y endocrina. Termorregulación testicular. Conductos excretores. Epidídimo. Glándulas sexuales accesorias. Pene. Factores que afectan a la producción espermática.

### 1. OBJETIVOS

- Conocer las funciones del testículo.
- Entender la importancia de las glándulas accesorias.
- Conocer los factores que modifican la producción espermática.

### 2. CONTENIDOS

#### 2.1. Introducción

La reproducción en el macho es una función integrada, dependiente de la interacción de señales hormonales y nerviosas entre el SNC, hipotálamo, hipófisis y testículo. Los testículos, al igual que los ovarios, producen y liberan células germinales y sintetizan hormonas esteroideas y peptídicas.

El sistema reproductor masculino está formado por las gónadas (testículos), los conductos excretores (epidídimo, conducto deferente y conducto eyaculador), varias estructuras accesorias (próstata, vesículas seminales, glándulas bulbouretrales) y el pene.

#### 2.2. Fisiología testicular

Estructuralmente, los testículos están formados por un parénquima rodeado por la *túnica vaginal*, la cual penetra en el parénquima y lo divide en lóbulos (*Fig. 1-1*). En el interior de los lóbulos se encuentran los túbulos seminíferos.

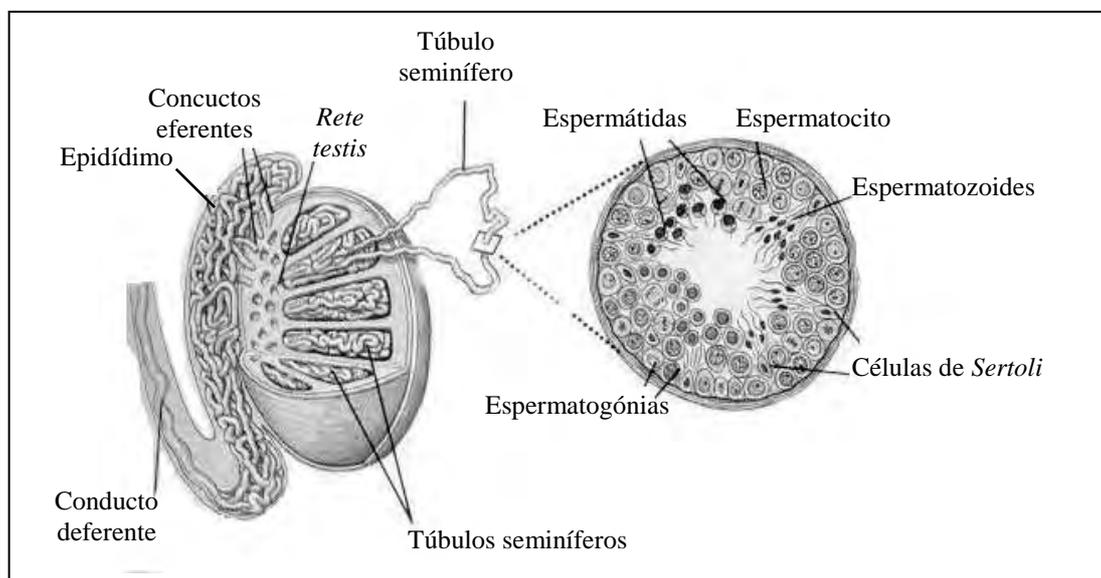


Figura 10-1. Esquema de la estructura del testículo (Moffet et al., 1993).

Los túbulos seminíferos muestran un patrón irregular de circunvoluciones pero sus dos extremos forman un solo conducto, que termina en una serie de canales o *rete testis*. Estos túbulos están formados por un epitelio poliestratificado con una luz central. En el epitelio se encuentran dos tipos celulares, las células germinales en distinto estadio de maduración y las células de *Sertoli*.

Las células de *Sertoli* son de gran tamaño y están adosadas a la capa más interna de la membrana basal, desde donde se extienden radialmente hasta la luz del túbulo. Su citoplasma forma prolongaciones que rodean las células germinales. Entre las células de *Sertoli* existen unas uniones estrechas, formando la barrera hemato-testicular. Esta barrera divide el epitelio germinal en un compartimento basal y otro adluminal de forma que aísla a las células germinales y evita la difusión de autoantígenos del interior del túbulo a los vasos sanguíneos.

En el tejido intersticial se encuentran las células de *Leydig*, fibroblastos, macrófagos, vasos sanguíneos y linfáticos y pequeños nervios no mielinizados.

El testículo posee dos funciones:

- Exocrina (espermatogénesis).
- Endocrina.

### 2.2.1. Función exocrina testicular

La función exocrina comprende la formación, almacenamiento y posterior expulsión de los espermatozoides a partir de las espermatogonias. Para la *espermatogénesis* se necesitan dos grupos celulares: *espermatogonias* y *células de Sertoli*.

Dentro del testículo se puede observar las tres etapas de la espermatogénesis. La primera se realiza en el compartimento basal de los túbulos seminíferos, y la segunda y tercera en el compartimento adluminal.

- 1ª fase: *Proliferación mitótica*. En esta fase las células germinales se dividen por mitosis para obtener espermatoцитos primarios y para mantener el número de espermatogonias. Durante la espermatogénesis, las espermatogonias que inician su diferenciación dan lugar a distintos tipos de espermatogonias en diferentes estadios de maduración y morfológicamente definibles, llamadas A oscuras, A claras y B que finalmente se transforman en espermatoцитos primarios. El número de divisiones varía según la especie.
- 2ª fase: *División meiótica*. Se produce una transformación por meiosis de los espermatoцитos primarios (número diploide de cromosomas) en dos espermatoцитos secundarios (número haploide, uno con el cromosoma sexual X y otro con el Y). Los espermatoцитos secundarios se dividen rápidamente por mitosis y se transforman en espermátidas que se encuentran localizadas cerca de la luz del túbulo.
- 3ª fase: Diferenciación de la espermátida o *espermiogénesis*, que consiste en la maduración de la espermátida hasta convertirse en espermatozoide. Comprende la formación de la cola, desarrollo de mitocondrias y desarrollo del acrosoma.

La actividad de las células de *Sertoli* se encuentra regulada por la FSH y entre sus funciones están:

- Nutrir y proteger a las células germinativas.
- Fagocitar espermatogonias en largos periodos de abstinencia sexual.
- Transformar la testosterona en dihidrotestosterona.
- Secretar estrógenos, enzimas y metabolitos implicados en la maduración de los espermatozoides.
- Secretar líquido.
- Secretar la proteína ABP (“*androgen binding protein*”) para el transporte de la testosterona.
- Producir la hormona inhibina.

### 2.2.2. Función endocrina testicular

La función endocrina se realiza mediante las hormonas que sintetizan las células de *Leydig* y las células de *Sertoli* que se encuentran en el testículo (*Fig. 1-2*). Las células de *Leydig* sintetizan y secretan varias hormonas esteroideas, que se conocen globalmente como andrógenos. Sin embargo, en estas células también se sintetizan pequeñas cantidades de estrógenos.

Los andrógenos más importantes producidos por el testículo son la testosterona, dihidrotestosterona y androstenodiona. La testosterona es de gran importancia para el desarrollo y mantenimiento de la espermatogénesis y favorece el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios masculinos. A su vez la producción de testosterona está controlada por la LH (ICSH), la cual se une a receptores de membrana específicos de esta célula activando al AMPc.

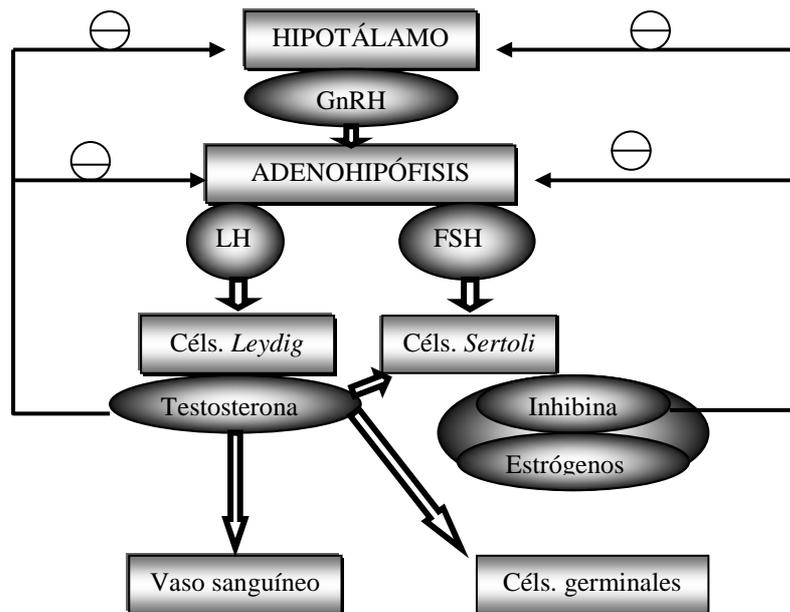


Figura 1-2. Esquema de la función endocrina testicular.

### 2.3. Termorregulación testicular

Para obtener un funcionamiento eficaz, los testículos de los mamíferos domésticos deben mantenerse a una temperatura menor que la del cuerpo. En la piel del escroto existen receptores de temperatura y gracias a ello se regula la temperatura a la que tiene que estar el testículo. La regulación de la temperatura se lleva a cabo mediante el siguiente proceso:

- La arteria testicular es una estructura contorneada en forma de cono cuya base descansa en el polo craneal de los testículos. Esos espirales arteriales se enredan en el llamado *plexo pampiniforme* de las venas testiculares. En este mecanismo de contracorriente, la sangre arterial que entra a los testículos se enfría por la sangre venosa que sale de ellos.

- La piel del escroto carece de grasa subcutánea y está dotada de grandes glándulas sudoríparas adrenérgicas y su componente muscular (*túnica dartos*) la capacita para alterar el grosor y área superficial del escroto, y hacer que varíe la cercanía del contacto de los testículos con la pared del cuerpo. En algunos animales como en el caballo, esta maniobra es apoyada por el músculo liso del cordón espermático y de la túnica albugínea.

### 2.4. Conductos excretores

Los conductos excretores gonadales se pueden clasificar en endotesticulares (túbulos seminíferos, red testicular y conductos eferentes) y exotesticulares (epidídimo, conductos deferentes, conductos eyaculadores y uretra).

#### 2.4.1. Epidídimo

Los espermatozoides testiculares se transportan desde el testículo a través de un conducto altamente contorneado llamado epidídimo. Éste conducto no sólo transporta los espermatozoides en dirección distal desde el testículo hasta el conducto deferente sino que durante este tránsito el espermatozoide sufre una serie de modificaciones que le confieren la capacidad para fecundar el ovocito. El epidídimo es una estructura alargada dispuesta a lo largo del borde medial del testículo que se divide en cabeza, cuerpo y cola. Entre sus funciones destaca la maduración, transporte y almacenamiento de los espermatozoides. A nivel de la cabeza se absorbe líquido proveniente del túbulo seminífero pero no ocurre la fagocitosis de los espermatozoides. En el epidídimo

se secreta una proteína de motilidad de avance y aquí los espermatozoides adquieren la capacidad de movimiento. El metabolismo se encuentra enlentecido ya que el sustrato oxidable es escaso, existe una alta concentración de potasio y de CO<sub>2</sub> y el pH es ácido.

## 2.5. Glándulas sexuales accesorias

Se localizan en torno a la uretra pélvica donde vierten sus secreciones en el momento de la eyaculación. Todas las glándulas accesorias son tubulares y están ramificadas con músculo liso abundante en el tejido intersticial. Encontramos, dependiendo de la especie: glándulas vesicales, próstata, glándulas bulbouretrales y las glándulas uretrales o parauretrales.

El desarrollo y función de estas glándulas se encuentra bajo el control de la testosterona. Su secreción aporta la mayor parte del volumen del eyaculado y asegura el sustrato idóneo para el metabolismo y la motilidad espermática. En fin, es un medio de suspensión espermática.

- Las *glándulas vesicales o vesiculares*, desembocan en el conducto eyaculador. No existen ni en el perro ni en el gato y están muy desarrolladas en los équidos. Su secreción actúa como sistema tampón para evitar los cambios del pH. El principal componente es la fructosa la cual sirve como fuente de energía a los espermatozoides.
- La *próstata* elabora la proteína antiglutinina que previene la aglutinación de los espermatozoides y en algunas especies produce prostaglandinas para favorecer las contracciones uterinas.
- Las *glándulas bulbouretrales o de Cowper* secretan mucina y aportan el componente gelatinoso al eyaculado siendo de especial relevancia en el verraco.
- Las *glándulas uretrales o parauretrales*, principalmente vierten su contenido al inicio de la eyaculación para limpiar la uretra. No obstante, muchos autores no las consideran.

## 2.6. Pene

Es el órgano encargado de depositar el semen en el aparato genital femenino. Para ello posee un tejido eréctil que garantiza la turgencia o erección necesaria para la cópula y eyaculación. El tejido eréctil está formado por los cuerpos esponjosos y cavernosos y según el predominio de uno u otro se clasifican en penes fibroelásticos (toro, carnero y verraco) y vasculares (caballo y perro).

## 2.7. Factores que afectan a la producción espermática

- *Fotoperiodo*. En algunas especies como las ovejas y cabras, los machos pasan por periodos de involución y activación testicular consecuencia de los cambios del fotoperiodo. A mayor fotoperiodo menor actividad testicular. En el caballo, sin embargo, a menores intervalos de luz, menor actividad testicular (aunque no se llega a suprimir).
- *Ubicación de los testículos*. La retención anormal de los testículos en la cavidad abdominal se denomina criptorquidia. Puede ser unilateral o bilateral, en este último caso el animal es estéril aunque los caracteres sexuales no se ven alterados pues la secreción de testosterona por parte de las células de *Leydig* prosigue.
- *Temperatura*. Elevada temperatura y humedad durante periodos de tiempo prolongados originan aumentos significativos en espermatozoides anormales.
- *Agentes nocivos*. Generalmente estos agentes afectan a las espermátidas salvo en el caso de la irradiación que afecta más a las células en división (espermatogonias).

## TEMA 2. BASES FISIOLÓGICAS DE LA REPRODUCCIÓN EN LA HEMBRA

Fisiología ovárica: ovogénesis y foliculogénesis. Ovulación. Luteinización y luteolisis. Oviducto. Útero y cérvix. Vagina. Vestíbulo. Vulva. Clítoris.

### 1. OBJETIVOS

- Conocer y describir los procesos de foliculogénesis, ovogénesis, ovulación, luteinización y luteolisis.
- Comprender el papel del oviducto en el proceso reproductivo y su importancia en el éxito de la fecundación.
- Conocer las funciones del útero, incluyendo aquellas relacionadas con el cérvix.
- Conocer las funciones de la vagina y de los genitales externos.

### 2. CONTENIDOS

#### 2.1. Introducción

El aparato reproductor de las hembras domésticas está formado por dos *ovarios* y un doble sistema de conductos que se fusionan en el embrión más o menos caudalmente según las especies (a nivel de la vagina en la coneja y a nivel de los cuernos uterinos en los primates). Entre el ovario y el *oviducto*, la primera porción del sistema tubular, no existe continuidad, aunque sí la proximidad suficiente para asegurar la funcionalidad de ambas estructuras.

El oviducto se une al *útero* por la unión útero tubárica. Los cuernos uterinos varían en forma y longitud en las diferentes especies domésticas dependiendo del número de crías que suelen parir en cada gestación. Así, en la cerda, perra y gata los cuernos son más largos y el cuerpo es muy pequeño, en las hembras rumiantes el cuerpo es más extenso y los cuernos están menos desarrollados y en la yegua los conductos originales presentan un alto grado de fusión de manera que el cuerpo uterino predomina sobre los cuernos.

El cuerpo uterino se continúa con el *cuello* o *cérvix*, de gran trascendencia fisiológica, y tras éste se sitúan la *vagina*, el *vestíbulo* y la *vulva* con el *clítoris*.

#### 2.2. Fisiología ovárica

##### 2.2.1. Ovogénesis y foliculogénesis

La hembra, desde que nace, posee miles de folículos primordiales en su ovario, muchos de los cuales están destinados a permanecer como tales durante toda la vida o a sufrir atresia. Algunos, la minoría, se desarrollarán hasta el estadio de folículo preovulatorio y liberarán el ovocito que contienen en el proceso de ovulación.

El *folículo primordial* está constituido por un ovocito primario procedente de las células germinales primitivas rodeado por una única capa de células planas originadas a partir de los cordones celulares corticales. Estas células inhiben la maduración del ovocito interrumpiendo la meiosis en la primera profase (estadio de diploteno difuso, caracterizado por la presencia de un núcleo prominente que recibe el nombre de *vesícula germinal* y además ejercen un efecto inhibitorio sobre el crecimiento del ovocito.

En el *folículo primario* o *preantral* las células que rodean al ovocito se hacen cúbicas y comienzan a dividirse, creando capas sucesivas en torno al mismo. Estas células están comunicadas entre sí por medio de uniones estrechas y constituyen el soporte nutritivo del ovocito. Sobre ellas aparece la lámina basal y entre el ovocito y las células foliculares se van depositando mucopolisacáridos a modo de un anillo completo, constituyendo la *zona pelúcida*. Por otra parte, las células fusiformes del estroma ovárico que se organizan alrededor de la membrana basal constituyen las células precursoras de la teca.

Paralelamente, el efecto inhibitorio que ejercían las células foliculares sobre el crecimiento del ovocito desaparece, aunque no ocurre lo mismo con la inhibición de la meiosis. De este modo, el ovocito entra en una fase de intensa actividad sintética y aumenta su volumen en ausencia de división celular, adquiriendo considerables reservas vitelinas.

El paso de los folículos preantrales a *folículos antrales* se inicia cuando el animal alcanza la pubertad. Las células de la granulosa, que han ido adquiriendo progresivamente receptores de membrana para FSH, comienzan a dividirse mitóticamente al ser estimuladas por esta gonadotropina (liberada por el efecto GnRH). A su vez, estas células producen estrógenos que incrementan la actividad mitótica de FSH; al aumentar el número y tamaño de las células foliculares, aumenta el número de receptores de membrana para FSH y el proceso se autoestimula. La FSH, por otra parte, promueve también la producción de líquido por las células foliculares lo que conlleva la aparición del antro.

Al mismo tiempo, las células precursoras de la teca se diferencian completamente formando dos capas concéntricas, la teca interna y la teca externa. La teca interna va adquiriendo progresivamente una mayor vascularización y mayor riqueza en células epitelioideas. La teca externa, formada por fibrocitos y células mioideas con microfilamentos de actina y miosina, parece tener importancia en la contractilidad del folículo.

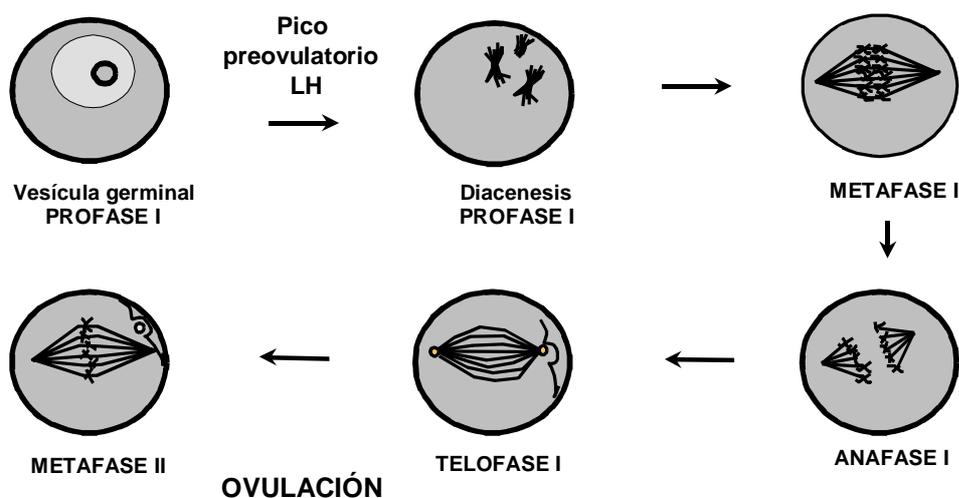
La liberación de GnRH provoca a su vez una liberación de LH por la adenohipófisis. En el folículo se establece un mecanismo conocido como "dos células, dos gonadotropinas" mediante el cual las células de la teca interna producen andrógenos que difunden a través de la membrana basal hasta las células de la granulosa donde son transformados en estrógenos (*ver Fig. 3-2. Capítulo Sistema Hormonal*).

Al ir incrementándose la producción de fluido folicular, el antro aumenta de tamaño y el ovocito en el interior del folículo va siendo desplazado hacia una posición excéntrica. En el *folículo preovulatorio* o *de Graaf* se distingue un grupo de células de la granulosa que permanecen rodeando por completo al ovocito en varias capas y mantienen el contacto con el mismo por medio de puentes citoplasmáticos, denominadas *cumulus oophorus*.

Durante las últimas etapas de la maduración folicular las células de la granulosa comienzan a expresar receptores para LH, que anteriormente solo se encontraban en las células de la teca. Este hecho permite al folículo responder al pico preovulatorio de LH que conducirá a la maduración del ovocito poco antes o poco después (yegua, perra) de la ovulación (*ver Fig. 3-3. Capítulo Sistema Hormonal*).

El pico preovulatorio de LH promueve tres cambios críticos en el folículo: la maduración del ovocito, la ovulación y la luteinización.

Con respecto a la maduración, el efecto del "inhibidor de la maduración del ovocito" (OMI) intrafolicular es superado por la acción de la LH y el complejo *cumulus*-ovocito inicia una serie de cambios nucleares (alcanza la etapa de Metafase II, *Fig. 2-1*) y citoplasmáticos. Además se produce un desacoplamiento progresivo entre las células del *cumulus* y entre éstas y el ovocito, provocando la expansión o mucificación del *cumulus*, propia de la maduración del ovocito.



*Figura 2-1. Maduración nuclear del ovocito.*

### 2.2.2. Ovulación

El proceso de ovulación es el resultado de un conjunto de mecanismos interrelacionados, algunos de los cuales siguen siendo hoy día meras hipótesis.

Al parecer intervienen factores relacionados con el aumento de la presión intrafolicular, la degradación de las proteínas de la pared folicular por efecto de enzimas proteolíticas (colagenasa y plasmina) y como resultado de una reacción inflamatoria local y, probablemente, sea también importante la participación de las células mioideas y la contracción del folículo.

Cuando se produce la rotura de la pared, el complejo *cumulus*-ovocito junto con el fluido folicular es expelido hacia la cavidad abdominal para ser captado por el oviducto.

En algunos animales como la gata y la coneja, es necesaria la estimulación coital para que se produzca el pico preovulatorio de LH y, en consecuencia, la ovulación. En estas especies, *de ovulación inducida*, el ciclo ovárico sólo tiene una fase en ausencia de cópula, la folicular, frente a las dos fases, folicular y luteínica, de que consta en las especies de *ovulación espontánea*.

### 2.2.3. Luteinización y luteolisis

Después de la ovulación, la rotura de la lámina basal y de los vasos sanguíneos de la teca produce una pequeña hemorragia en la cavidad y la estructura resultante se denomina *corpo hemorrágico*. Este cuerpo hemorrágico servirá de soporte para la formación del *corpo lúteo*.

Los pliegues de tejido de la pared del folículo se doblan hacia el interior de la cavidad introduciendo con ellos células de la granulosa y de la teca además del aporte vascular correspondiente. Ambas poblaciones celulares sufren un proceso denominado luteinización que se había iniciado ya con la secreción preovulatoria de LH y se acelera ahora. El proceso implica un cambio en la secreción de hormonas, una hipertrofia de las células, que almacenan material lipídico y un gran desarrollo de las mitocondrias. El cuerpo lúteo resultante es la estructura más vascularizada del organismo.

De este modo, el ovario pasa de ser un órgano productor de estrógenos, responsables entre otros cambios, de las manifestaciones típicas del comportamiento de estro en las diferentes especies, a ser un órgano secretor de progesterona, la hormona de la gestación.

La regresión del cuerpo lúteo, o luteolisis, tiene una gran importancia fisiológica porque permite que el animal inicie un nuevo ciclo estral. Mientras el cuerpo lúteo permanece activo, los niveles de progesterona en sangre son altos y los de estrógenos se mantienen al mínimo. Esta relación estrógenos/progesterona ejerce un efecto inhibitorio sobre el hipotálamo (retroalimentación negativa) impidiendo la liberación de GnRH y es necesaria la caída de los niveles de progesterona y el aumento sostenido de los niveles de estrógenos para que el efecto se revierta (retroalimentación positiva).

La señal para que el cuerpo lúteo regrese procede del endometrio uterino. La sustancia secretada por el endometrio parece ser la prostaglandina  $F_{2\alpha}$  ( $PGF_{2\alpha}$ ) y esta hormona ejerce su efecto sobre el cuerpo lúteo mediante dos vías: por un mecanismo local contracorriente (transferencia de la prostaglandina desde la vena útero-ovárica, donde se encuentra en mayor concentración, hasta la arteria ovárica, donde la concentración es mucho menor) o por vía sistémica.

Entre los mecanismos de actuación de la  $PGF_{2\alpha}$  destaca el hecho de que provoca contracción de la musculatura lisa de los vasos y reducción del aporte sanguíneo local. La isquemia tiene como consecuencia la necrosis de las células lúteas y la interrupción de la secreción de progesterona. El cuerpo lúteo avascular no funcional recibe el nombre de *corpo albicans* y tras ser invadido por macrófagos y fibroblastos queda reducido a una cicatriz de tejido conectivo visible durante varios ciclos posteriores.

## 2.3. Oviducto

El oviducto tiene la importante misión fisiológica de ser el lugar donde ocurre la fecundación. En él se produce el encuentro entre los espermatozoides y los ovocitos para lo cual ambos gametos deben ser transportados hasta el lugar de contacto (*Fig. 2-2*) y además debe ser capaz de retener y nutrir al cigoto primero

y al embrión en sus primeras etapas después antes de que alcance el útero. Su estructura anatómica e histológica está adaptada para realizar todas estas funciones. Morfológicamente, se observa como una estructura tubular muy próxima al ovario, en algunas especies, en íntima aposición con éste mediante la *bolsa ovárica*, ensanchamiento o prolongación del *infundíbulo*, con forma de embudo y bordeado por las *fimbrias* a modo de digitaciones. El infundíbulo se continúa con la *ampolla*, la porción más larga del oviducto, y ésta con el *istmo*, de paredes más gruesas y musculares. El oviducto se une al útero por la unión *útero-tubárica*, que actúa a modo de válvula.

A nivel microscópico el epitelio del oviducto está formado por células ciliadas y células secretoras. Las primeras abundan más en la región del infundíbulo y la ampolla, mientras que las segundas son más numerosas en el istmo.

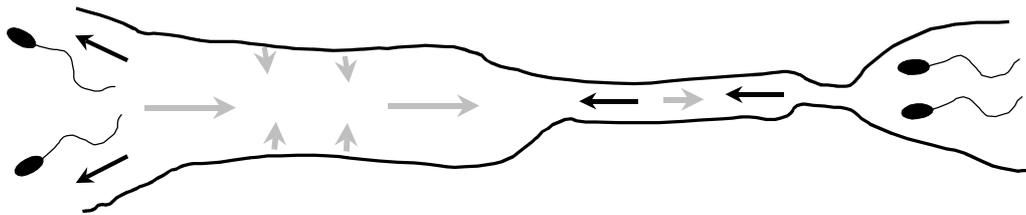


Figura 2-2. Dirección del fluido y transporte de los espermatozoides en el oviducto.

## 2.4. Útero

El útero es un órgano altamente especializado y con una gran capacidad de adaptación. Cuando el huevo fecundado alcanza la luz de los cuernos, el endometrio uterino se encuentra preparado para proporcionarle el soporte ambiental y nutritivo adecuado. Las glándulas endometriales, que cubren gran parte de la superficie excepto a nivel de las carúnculas de los rumiantes, son estructuras tubulares contorneadas que al empezar la síntesis de progesterona a cargo del cuerpo lúteo crecen, segregan y se vuelven más contorneadas y complejas. El producto de su secreción es vertido a la luz uterina junto con el trasudado del suero y da lugar a un fluido rico en proteínas de gran importancia para la nutrición y capacitación de los espermatozoides. Por otra parte, durante la fase luteínica y antes de que el embrión se implante, el endometrio asegura la nutrición de éste mediante la secreción de la denominada "*leche uterina*".

Los patrones de contractilidad uterina también son dependientes del control hormonal y nervioso. Al inicio del estro, el estradiol provoca una alta frecuencia de contracciones y movimientos que se originan cerca del cuerpo uterino y se dirigen al oviducto con el fin de favorecer el transporte de los espermatozoides. Al parecer, la caída de los valores de estrógenos es la responsable del cambio de dirección de las contracciones al final del estro. Cuando los valores de progesterona son elevados, la respuesta contráctil del útero se ve enormemente disminuida favoreciéndose la quietud uterina necesaria para la implantación del *embrión* (Fig. 2-3).

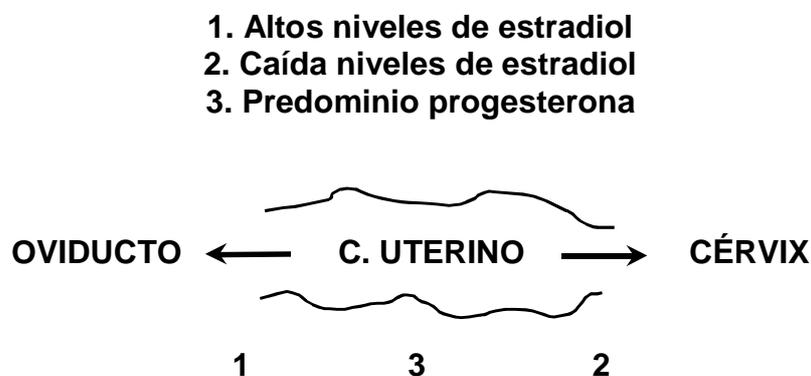


Figura 2-3. Control hormonal de la contractilidad uterina.

Después de la implantación, el endometrio experimenta un gran desarrollo y un aumento del aporte sanguíneo así como importantes cambios en su tamaño, estructura y posición, necesarios para soportar el desarrollo del feto hasta el momento del parto. Cuando éste llega, la capacidad de respuesta contráctil del miometrio juega un papel fundamental no solo para la expulsión del feto sino para la posterior involución que experimenta el útero hasta recuperar prácticamente su tamaño original. El proceso de involución, regulado por mecanismos neuroendocrinos, se ve acompañado por una destrucción del tejido endometrial, reducción del lecho vascular, fagocitosis aumentada y reducción del número y tamaño de las células del miometrio.

#### **2.4.1. Cérvix**

El cérvix o cuello uterino es la barrera fisiológica que separa las áreas más craneales del tracto genital de la hembra del medio externo. Cumple varias misiones importantes relacionadas, como ha ocurrido en el caso del útero o del oviducto, con su estructura anatómica e histológica. Es la vía de paso para los espermatozoides hacia el útero y del feto hacia el exterior en el parto y actúa de barrera protectora frente a la llegada de gérmenes procedentes de la vagina y de filtro selectivo para el paso de espermatozoides.

Existen cuatro características del cérvix que determinan su función: la composición del tejido conjuntivo del estroma cervical, la capa muscular, la estructura de la mucosa con numerosos pliegues o anillos y criptas y la secreción del moco cervical por parte del epitelio.

#### **2.5. Vagina**

La vagina es un segmento importante del canal del parto y constituye el órgano copulatorio de la hembra. Las secreciones mucosas que lubrican la vagina facilitan la cópula y en algunas especies como la vaca proporciona un olor específico y distintivo.

La disposición de la musculatura vaginal, de tipo rugoso, permite la distensión del órgano durante el apareamiento y el parto. Además, las paredes vaginales tienen capacidad para absorber el plasma seminal que no se expele después de la eyaculación.

La contractilidad de la vagina, útero y oviductos, estimulada por la secreción de fluido durante la fase de estimulación precoital, juega un papel importante en las reacciones psicosexuales y es posible que también en el transporte de espermatozoides hasta las micelas del moco cervical.

#### **2.6. Vestíbulo**

La unión entre la vagina y el vestíbulo viene marcada por el orificio uretral externo. La mucosa del vestíbulo está cubierta por epitelio escamoso estratificado pero, a diferencia de la vagina, sí contiene glándulas, las cuales producen una secreción mucosa cuya función consiste en lubricar el vestíbulo para facilitar el coito (en el estro) o la salida del feto (en el parto). Bajo la influencia de los estrógenos, el moco se secreta en grandes cantidades. Entre sus componentes se encuentran sustancias olorosas que al parecer tienen la función de atraer al macho.

En la pared del vestíbulo hay plexos venosos más o menos extensos que en la perra y en la yegua forman una zona de tejido eréctil, el bulbo vestibular, a cada lado. Este tejido eréctil está innervado por ramas parasimpáticas que al inicio de la estimulación sexual dilatan las arterias y constriñen las venas que lo componen permitiendo un rápido ingreso de sangre, estrechando el vestíbulo alrededor del pene. Los impulsos parasimpáticos también alcanzan las glándulas vestibulares mayores provocando la secreción de moco.

#### **2.7. Vulva**

Los labios de la vulva son homólogos al escroto en el macho. La piel de los labios tiene numerosas glándulas sebáceas y sudoríparas y folículos pilosos con pelos suaves y finos y está más o menos pigmentada según individuos (dentro de la misma especie). Los labios contienen depósitos de grasa, tejido elástico y una delgada capa de músculo liso.

Los labios vulvares responden a las variaciones cíclicas de estrógenos y progesterona y en muchas ocasiones representan el principal punto de observación para detectar el celo en la hembra.

## **2.8. Clítoris**

El clítoris representa el homólogo embrionario del pene del macho. Está compuesto de tejido eréctil cubierto de un epitelio escamoso estratificado y gran cantidad de terminaciones nerviosas que marcan su función relacionada con la recepción de estímulos sexuales durante el apareamiento.

### TEMA 3. CICLOS REPRODUCTORES DE LAS HEMBRAS DOMÉSTICAS

Clasificación del ciclo estral en las diferentes especies domésticas. Fases del ciclo estral. Regulación endocrina. Ciclo menstrual.

#### 1. OBJETIVOS

- Conocer las modificaciones orgánicas que se producen en las hembras domésticas en las diferentes etapas del ciclo estral.
- Analizar las diferencias en el ciclo estral de las hembras domésticas.
- Comprender los mecanismos endocrinos que regulan las distintas etapas del ciclo estral.
- Diferenciar el ciclo estral del ciclo menstrual.

#### 2. CONTENIDOS

##### 2.1. Introducción

El ciclo estral comprende las modificaciones estructurales y de conducta que sufren las hembras domésticas una vez que alcanzan la pubertad y que se repite de forma periódica y característica según la especie. Clásicamente el ciclo estral se ha dividido en cuatro fases: *proestro*, *estro*, *metaestro* y *diestro*, o en dos: *fase folicular* y *fase luteínica*. En cualquier caso la mitad del ciclo viene marcada por la ovulación (coincidiendo con el *estro* o con el final de la fase folicular).

##### 2.2. Clasificación del ciclo estral en las diferentes especies domésticas

		Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Monoéstrica estacional		*		*	
Poliéstrica estacional		**	* *		
Poliéstrica no estacional		*****	*****	*****	*****
Poliéstrica estacional		*****			
Poliéstrica estacional				*****	
Poliéstrica estacional				*****	*****

Figura 3-1. Ciclos estrales en las hembras domésticas (Ruckebusch et al., 1991, modificado).

El número de ciclos estrales que presentan las hembras domésticas varía según la especie (Fig. 3-1). Hay hembras, como la vaca y la cerda, que presentan varios ciclos a lo largo del año por lo que se les denomina

*poliéstricas continuas o no estacionales*. La yegua, la cabra, la gata y la oveja también presentan varios ciclos estrales pero dentro de una determinada estación reproductiva, denominándose *poliéstricas estacionales*. Por último, la perra solo presenta un ciclo durante la estación reproductiva, y se clasifica como *monoéstrica estacional*.

En la *tabla 3-1* se representa la duración del ciclo en días en las diferentes hembras domésticas. Hay que destacar que en la gata la duración del ciclo es de 2-4 días si ha sido cubierta o bien de 8-10 si no lo ha sido.

*Tabla 3-1. Duración del ciclo estral en hembras domésticas.*

Especie	Duración ciclo estral (días)
Yegua	18-22
Vaca	20-21
Oveja	16-17
Cabra	21-22
Cerda	21
Perra	180
Gata	2-4 ó 8-10

## 2.3. Fases del ciclo estral

### 2.3.1. Fase folicular

Durante esta fase el ovario presenta una marcada actividad con crecimiento rápido de los folículos y maduración de los mismos. El *proestro* marca el inicio de la fase folicular con la consiguiente liberación de las hormonas gonadotropas, sobre todo de FSH que dan lugar al crecimiento y desarrollo folicular y por tanto la producción de estrógenos. Esta etapa se continúa con el *estro*, momento en el que la hembra acepta al macho, y se produce el pico preovulatorio de LH responsable de la ovulación. Sin embargo, en el caso de la gata y la coneja es necesario el estímulo del macho para que se desencadene el pico de LH y la posterior ovulación. Si estas hembras no son cubiertas no ovulan, entonces los folículos degeneran y comienza de nuevo otra fase folicular.

### 2.3.2. Fase luteínica

En esta fase, los cuerpos lúteos inician su desarrollo y comienzan a sintetizar progesterona. Esta etapa se denomina *metaestro*. Cuando los cuerpos lúteos alcanzan su máxima actividad se dice que el animal está en *diestro*.

Después de la fase luteínica puede ocurrir que:

- Si la hembra ha sido cubierta y queda gestante, los niveles de progesterona continúen elevados y los cuerpos lúteos no regresen. Se dice que el animal presenta un *anestro gestacional*.
- Si nos encontramos en el último ciclo de la estación reproductiva de la hembra, la progesterona disminuye pero no hay una nueva fase folicular. La hembra queda inactiva. Se dice que el animal presenta un *anestro estacional*.
- Si la hembra ha sido cubierta y no queda gestante, el cuerpo lúteo regresa y se inicia otra fase folicular.

## 2.4. Modificaciones durante el ciclo estral en el aparato sexual

### 2.4.1. Modificaciones durante la fase folicular

- *Proestro*:
  - Ovario:
  - Oviducto:
  - Útero:
  - Cuello del útero:
  - Vagina y vulva:

- *Estro:*

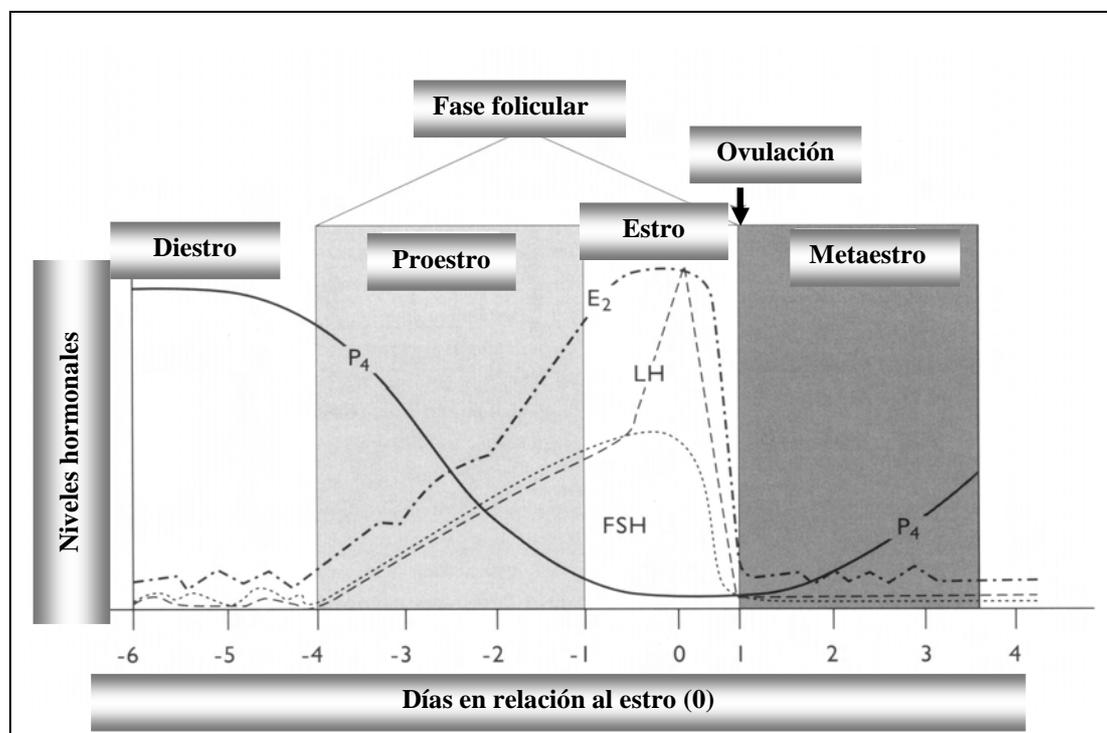
- Ovario:
- Oviducto:
- Útero:
- Cuello del útero:
- Vagina y vulva:

#### 2.4.2. Modificaciones durante la fase luteínica

- Ovario:
- Oviducto:
- Útero:
- Cuello del útero:
- Vagina y vulva:

### 2.5. Regulación endocrina del ciclo estral

En la *figura 3-2* queda representada la endocrinología en las diferentes etapas del ciclo estral.



*Figura 3-2. Endocrinología del ciclo estral (Senger, 1999, modificado).*

### 2.6. Ciclo estral y menstrual

El ciclo estral se basa en la actividad sexual cíclica de las hembras con periodos regulares de receptividad sexual (estro), mientras que el ciclo menstrual está basado en los cambios que experimenta el útero como respuesta a la actividad ovárica. Este último ciclo es el que presentan los primates.

Durante el ciclo menstrual existe una proliferación del endometrio y de un sistema de arterias en espiral que le abastece de sangre. Con la regresión del cuerpo lúteo y la caída de los niveles de progesterona, estas arterias se colapsan, lo que conlleva el desprendimiento de gran cantidad de endometrio incluyendo cierta hemorragia. En el ciclo estral la cantidad de endometrio que se pierde es menor y no se presenta hemorragia. No hay que confundir la menstruación con la metrorragia durante el proestro de algunas hembras (perra). Esta

metrorragia fisiológica es consecuencia de la extravasación de células sanguíneas debido a los elevados niveles de estrógenos.

El día cero en el ciclo menstrual comienza en el inicio de la menstruación y representa el final de la fase lútea. La ovulación ocurre a mitad del ciclo (día 14). La hembra siempre es receptiva al macho. En el ciclo estral, el día cero (0) se corresponde con la etapa folicular tardía y comienza la receptividad al macho.

## TEMA 4. PUBERTAD, APAREAMIENTO Y FECUNDACIÓN

Pubertad. Apareamiento. Conducta durante el apareamiento. Fisiología de la cópula: instinto sexual. Transporte de los gametos. Fecundación.

### 1. OBJETIVOS

- Entender los mecanismos que desencadenan el inicio de la pubertad y la actividad reproductora.
- Comprender la importancia de la conducta sobre la reproducción.
- Conocer las modificaciones previas a la fecundación de los gametos.
- Conocer los procesos que acontecen una vez que el espermatozoide ha penetrado en el ovocito.

### 2. CONTENIDOS

#### 2.1. Pubertad

La pubertad se define como el comienzo de la actividad reproductora, es decir, el momento en que el animal comienza a producir gametos maduros y manifiesta el comportamiento sexual. No debemos confundir con la *madurez sexual* que aparece cuando los órganos reproductores han alcanzado su máximo desarrollo y función.

Antes del inicio de la pubertad hay una potente inhibición del eje hipotálamo-hipofiso-gonadal que se caracteriza por una baja actividad del generador hipotalámico pulsátil de GnRH y bajos niveles circulantes de gonadotropinas y esteroides sexuales. Durante la pubertad se produce una activación de este eje debido a dos factores:

- Disminución de la inhibición que el SNC está ejerciendo sobre el generador hipotalámico pulsátil de GnRH y sobre la liberación de gonadotropinas.
- Una gran disminución de la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisario al efecto inhibitor de los esteroides sexuales gonadales.

La interacción de ambos mecanismos va a producir un incremento de la amplitud y frecuencia de los pulsos hipotalámicos de GnRH. Esta hormona es transportada a través del sistema portal-venoso a la hipófisis anterior, donde estimula la síntesis y liberación de las gonadotropinas FSH y LH. Por tanto, la pubertad resulta tanto del incremento de la actividad gonadotrópica como de la capacidad de las gónadas para iniciar de forma simultánea la gametogénesis y la esteroidogénesis.

#### 2.1.1. Factores que afectan a la pubertad

- *Estado de nutrición.* En la mayoría de los casos si hay sobrealimentación se adelanta, y en estados carenciales se verá retrasada.
- *Estación reproductora.* Para animales estacionales se puede retrasar (a la siguiente estación) o adelantar dependiendo de la época de nacimiento.

*Clima.* Los animales que viven en regiones de clima suave se suelen adelantar respecto a los de climas f

- *Estrés.* Animales criados en grupo, alcanzarán antes la pubertad que aquellos criados de manera individual.
- *Efecto macho.* La presencia del macho acelera la aparición de la pubertad.

#### 2.1.2. Modificaciones orgánicas durante la pubertad

##### 2.1.2.1. Hembra

- *Ovario.* El pico de LH desencadena la ovulación y posteriormente la luteinización folicular y por tanto la actividad cíclica.
- *Útero.* Aumentará la actividad motora del miometrio uterino.

- Vestíbulo. Hipertrofia de las glándulas de *Skene* y *Bartolino*.
- Mama. Desarrollo de los conductos galactóforos.

### 2.2.1.2. Macho

- Testículo. Aumenta el tamaño testicular y se produce la diferenciación de estructuras y desarrollo de glándulas paragenitales.
- Aparece el reflejo sexual, la libido y la atracción por las hembras.
- Aumento del tamaño corporal, marcado de cuernos, desarrollo de crines, aumento de plumaje, aumento de la frecuencia y ventilación pulmonar y variaciones en la frecuencia cardíaca.

## 2.2. Apareamiento

### 2.2.1. Conducta durante el apareamiento

La conducta de los animales desempeña una función importante en la reproducción que se relaciona tanto con el apareamiento como con la supervivencia de la cría (Fig. 4-1).

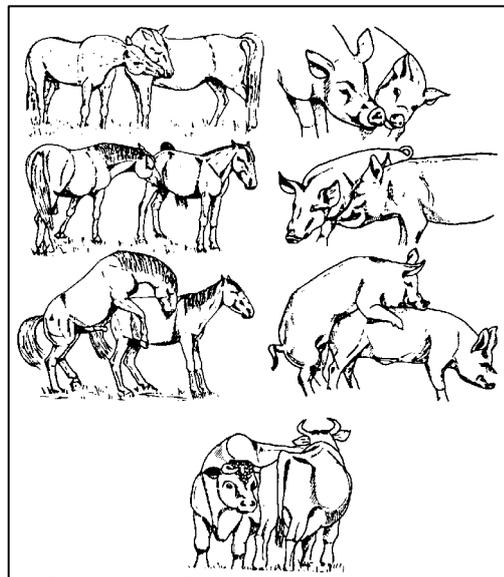


Figura 4-1. Representación esquemática de la conducta de apareamiento (Fraser, 1980).

En el *macho* se pueden diferenciar 6 etapas en la conducta de apareamiento:

- Excitación sexual.
- Cortejo o exhibición.
- Erección y monta.
- Penetración.
- Eyaculación.
- Desmonte.

En la *hembra*, el *estro* es la situación conductual en la que la hembra busca y acepta al macho. Los síntomas del *estro* son característicos de cada especie aunque en todas se puede observar una modificación de la conducta y una reducción de los comportamientos ingestivo y de reposo.

### 2.2.2. Fisiología de la cópula: instinto sexual

La *monta* es la consecuencia de la combinación de los impulsos de ambos sexos:

- Aparición del impulso estral.

- Activación de la libido en el macho.

• *Comportamiento coital*. Esta faceta se adquiere a través del aprendizaje. La desorientación, tanto en la aproximación a la monta como en ésta propiamente dicha, conducirá a un fallo reproductivo. Generalmente se da en machos con libido baja. Durante el cortejo es frecuente que se produzcan por parte del macho los “falsos intentos de monta”. Se hacen montas normales pero que se interrumpen rápidamente sin movimientos pélvicos, finalmente tras la monta, se produce la intromisión del pene.

• La *erección* es un acontecimiento psicosomático en el que se combinan acciones en las cuales intervienen los sistemas vascular, neurológico y endocrino. La contracción del músculo isquiocavernoso durante la erección cierra la salida de la sangre venosa. Al mismo tiempo, la relajación del cuerpo cavernoso y del cuerpo esponjoso, mediada por el parasimpático, provoca que los espacios cavernosos se ingurgiten con sangre para que el pene se vuelva turgente y aumente de tamaño.

• La *eyaculación* es la expulsión forzada de semen a través de la uretra. Se producen una serie de contracciones rítmicas de los músculos bulboesponjoso, isquiocavernoso y uretral. Después de la eyaculación se produce un aumento en el tono del músculo liso mediado por el simpático a nivel sacro, aumentando la salida de sangre de los espacios cavernosos además de producir una contracción del músculo retractor del pene que retira el pene hacia el interior del prepucio.

• La *emisión* es la liberación de los espermatozoides y de los líquidos de las glándulas accesorias hacia el interior de la uretra pélvica.

## 2.3. Fecundación

### 2.3.1. Transporte de los gametos hasta el lugar de fecundación

#### 2.3.1.1. Transporte espermático

Una vez producida la cubrición, los espermatozoides comienzan su viaje hacia el oviducto. Sin embargo, el ambiente del tracto genital femenino es generalmente inhóspito para la supervivencia de los espermatozoides que son reconocidos por los leucocitos como células extrañas. No obstante, existen reservorios que ayudan a sobrevivir a los gametos masculinos durante su transporte (cervix, unión útero-tubárica y el interior de la propia ampolla oviductal). Se reconocen tres estadios en el transporte de espermatozoides en el aparato reproductor femenino:

- *Transporte rápido*. Después de la inseminación los espermatozoides penetran en el moco cervical y avanzan gracias a su propio movimiento y por las contracciones del miometrio y mesosalpinx.
- *Colonización de los reservorios de esperma*. Un número abundante de espermatozoides queda atrapado en las criptas del cervix. Los espermatozoides abandonan el cervix por su propia motilidad, o de forma pasiva por medio de las contracciones cervicales y uterinas.
- *Transporte y liberación lenta*. Después de establecerse los reservorios en el genital de la hembra, los espermatozoides se liberan en secuencias por periodos prolongados.

Según el movimiento de los espermatozoides existe:

- *Transporte activo*, donde la progresión espermática es debida al propio movimiento del flagelo espermático. Se produce en el cuello uterino, en la unión utero-tubárica y para atravesar las envolturas del ovocito.
- *Transporte pasivo*, donde la progresión espermática se produce gracias a los movimientos contráctiles del genital femenino en los cuernos uterinos.

#### 2.3.1.2. Transporte de ovocitos

Se encuentra facilitado por el movimiento de los cilios de las células oviductales, las corrientes del fluido oviductal y el movimiento peristáltico del oviducto.

### 2.3.2. Fecundación propiamente dicha

Durante el transporte de los espermatozoides hacia el lugar de fecundación van sufriendo una serie de cambios en sus membranas. El primer acontecimiento se denomina *capacitación*, que consiste en la modificación de glicoproteínas de la superficie celular. Posteriormente, se produce la *reacción acrosómica* (Fig. 4-2), que consiste en la fusión de la membrana plasmática y la membrana acrosomal externa y se liberan los enzimas hidrolíticos que se encuentran en el acrosoma. Además, durante el proceso de capacitación y reacción acrosómica, el espermatozoide adquiere un movimiento característico llamado *hiperactivación espermática*.

Una vez que ovocitos y espermatozoides alcanzan la ampolla del oviducto, y tras el paso de los últimos a través de las células del *cumulus oophorus*, se produce la adhesión de los espermatozoides a receptores de la zona pelúcida. Posteriormente la penetran y alcanzan la membrana vitelina uniéndose a ella a través de la membrana plasmática del segmento ecuatorial de la cabeza espermática. Entonces el ovocito es activado y se reanuda la meiosis finalizando con la formación del 2º corpúsculo polar y del pronúcleo femenino. A la vez se produce la reacción de zona y el bloqueo vitelino evitando que penetren más espermatozoides, llamando a este proceso *bloqueo a la polispermia*, y se produce la extrusión de los gránulos corticales que se encuentran en el interior del citoplasma del ovocito.

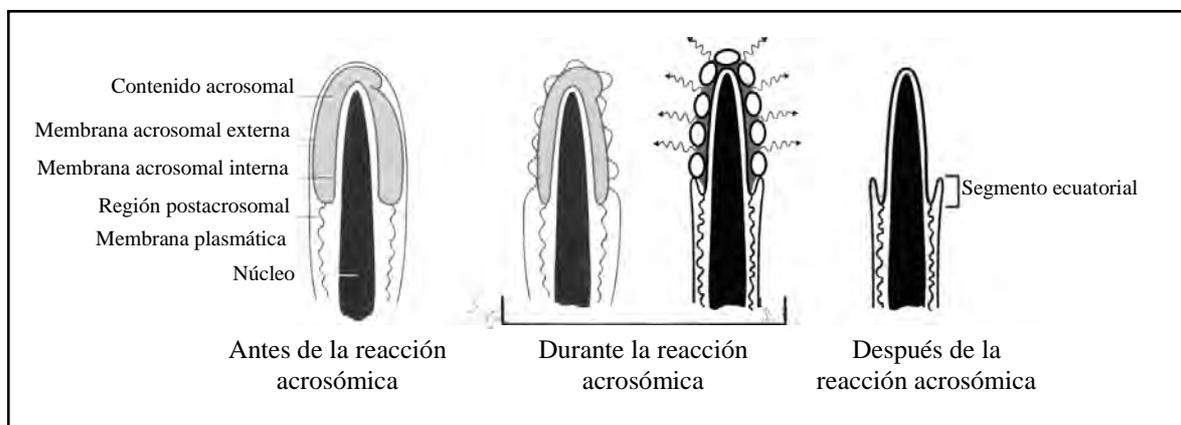


Figura 4-2. Esquema de la reacción acrosómica del espermatozoide (Senger, 1999, modificado).

Cuando el espermatozoide está en el interior del ovocito se produce la separación de la cabeza y la cola, pérdida de la membrana nuclear, descondensación de la cromatina y síntesis de ADN. Seguidamente se rodea de una membrana y se completa la formación del pronúcleo masculino. Una vez formados ambos pronúcleos comienzan a migrar hasta encontrarse y producirse la aposición de los mismos, proceso conocido como *conjugación o anfimixis*. Después se condensa la cromatina y se disuelven las membranas pronucleares. Finalmente la mitosis continúa produciéndose la mezcla de los cromosomas o *singamia*, momento que puede considerarse el final de la fecundación y el principio del desarrollo embrionario.

## TEMA 5. FISIOLÓGÍA DE LA GESTACIÓN

Fisiología prenatal: desarrollo embrionario. Implantación. Placentación. Crecimiento y desarrollo fetal. Fisiología materna: reconocimiento materno. Cambios fisiológicos durante la gestación.

### 1. OBJETIVOS

- Conocer dónde y cómo se produce el desarrollo embrionario.
- Diferenciar los tipos de nutrición del embrión a lo largo de su desarrollo.
- Conocer la importancia de la placenta.
- Comprender la endocrinología de la gestación.

### 2. CONTENIDOS

#### 2.1. Fisiología prenatal: desarrollo embrionario

Después de la fecundación, el cigoto se va dividiendo a la vez que recorre el oviducto en dirección al útero. Cuando alcanza 16 células se denomina *mórula*, ésta se nutre de las secreciones uterinas y de las reservas de vitelo. Las divisiones continúan y comienza la producción de líquido que dará lugar a una cavidad, *blastocoele*, ahora el embrión se llama *blastocisto* (Fig. 5-1). Este embrión tiene dos poblaciones celulares:

- *nódulo embrionario*, que dará origen al embrión propiamente dicho.
- *trofoblasto*, que formará el corión.

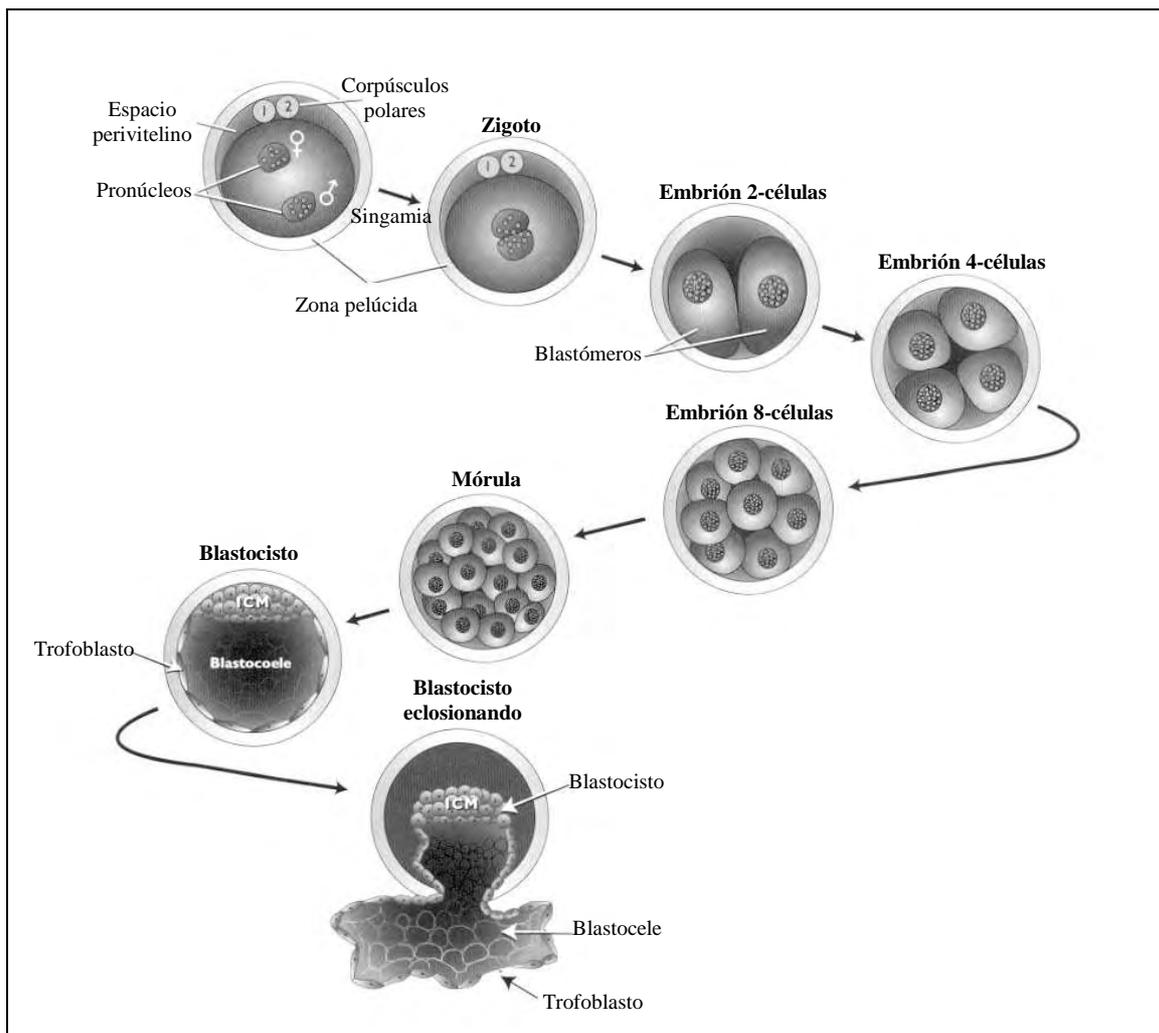


Figura 5-1. Esquema del desarrollo embrionario dentro de la zona pelúcida (Senger, 1999, modificado).

Por término medio, 4-8 días postfecundación se produce la rotura de la zona pelúcida y la salida del embrión. Ahora el *blastocisto eclosionado* comienza una fase de alargamiento y crecimiento y acontece la migración uterina. Paralelamente se ha producido la diferenciación de las hojas blastodérmicas a partir del nódulo embrionario.

## 2.2. Implantación

La implantación se produce cuando el embrión adquiere una posición fija y establece contacto físico con el organismo materno (Fig. 5-2).

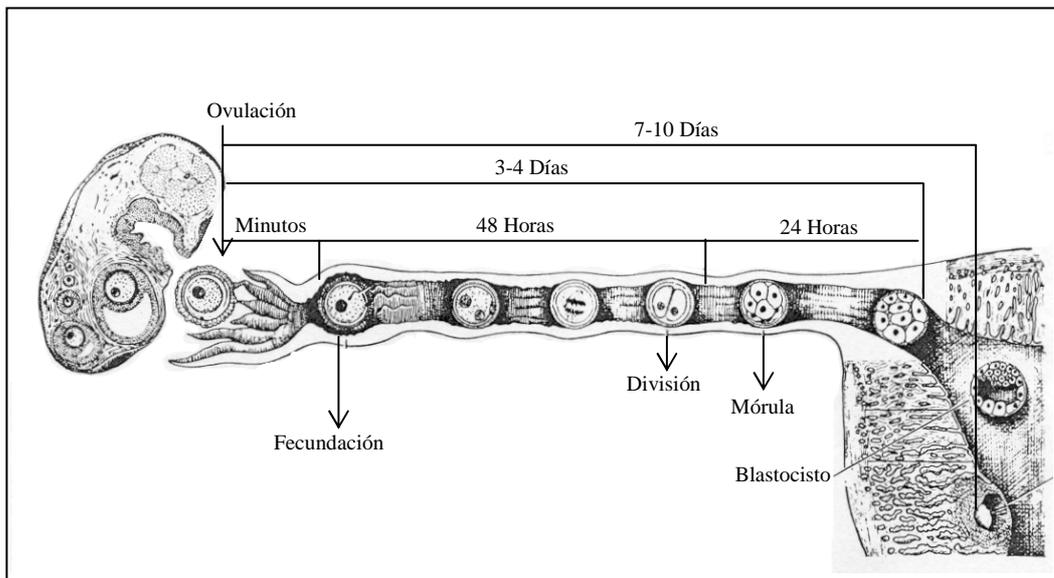


Figura 5-2. Esquema de la temporalización desde la ovulación hasta la implantación (Hafez y Hafez, 2007, modificado).

En especies *monotocas* el embrión se implanta en el cuerno uterino del mismo lado de dónde se ha producido la ovulación, mientras que en *politocas* los embriones se pueden mezclar en el cuerpo del útero y distribuirse posteriormente entre los dos cuernos.

Según la posición que ocupa el embrión en la luz del útero y su relación con la mucosa uterina, la nidación puede ser dividida en: central (la mayoría de animales domésticos), excéntrica (rata y ratón) e intersticial (primates).

Hasta la *implantación o nidación* (Fig. 5-1), la nutrición del embrión era de tipo *histiotrofo*, posteriormente se desarrollan una serie de membranas que permitirán el intercambio de nutrientes entre la sangre materna y la del embrión constituyendo la *placenta*. A partir de este momento la nutrición se denomina *hemotrofa*.

## 2.3. Placentación

La placenta es el resultado de la unión más o menos íntima entre el corión y la mucosa uterina. Está constituida por un grupo de membranas que rodean al feto, la *porción fetal de la placenta*, y el endometrio uterino que forma la *placenta materna*.

### 2.3.1. Funciones de la placenta

- **Función circulatoria.** La sangre materna y fetal nunca se encuentran en contacto directo, pero están lo suficientemente próximas para permitir el intercambio de  $O_2$  y nutrientes y el paso de productos de desecho del feto a la madre.
- **Función respiratoria.** Las arterias umbilicales llevan la sangre no oxigenada del feto a la placenta y es aquí donde se produce el intercambio gaseoso, de forma que retorna la sangre oxigenada hacia el feto a

través de las venas umbilicales. Este intercambio se ve facilitado porque la  $PO_2$  en la sangre fetal es 20 mm Hg menor que en la materna, la hemoglobina fetal posee mayor capacidad de fijación de  $O_2$  y porque existe mayor cantidad de hemoglobina en el feto que en la madre. La  $PCO_2$  en la sangre fetal es 2-3 mm Hg más elevada que en la sangre materna y el  $CO_2$  se difunde a través de la membrana fácilmente, ya que su extrema solubilidad en los tejidos le permite difundir unas 20 veces más rápidamente que el  $O_2$ .

- *Función metabólica.* La placenta no solo permite el transporte de numerosos nutrientes hacia el feto, sino que también sirve de órgano de almacenamiento.
- *Función excretora.* En el feto se forman productos de excreción (NNP, urea, ácido úrico, creatinina, etc.) que pasan a la sangre materna a través de la placenta y son eliminados vía urinaria.
- *Función endocrina.* En la placenta se sintetizan los estrógenos, progesterona, lactógeno placentario y relaxina.
- *Función defensiva.* Protege al feto de algunas sustancias tóxicas y de algunas bacterias y virus.

## 2.4. Crecimiento y desarrollo fetal

El desarrollo prenatal lo podemos dividir en tres etapas:

- Periodo de huevo o cigoto (desde la fecundación hasta la etapa de blastocisto).
- Periodo embrionario (desde blastocisto hasta que se forma la placenta).
- Periodo fetal (desde que se ha formado la placenta hasta que se produce el nacimiento).

## 2.5. Fisiología maternal: reconocimiento maternal de la gestación

Una vez que el ovocito ha sido fecundado y comienza el desarrollo embrionario, el útero debe prepararse para el mantenimiento de la gestación. Hasta este momento el cuerpo lúteo está produciendo progesterona pero necesita de una señal que impida su regresión e impida también la acción luteolítica de la  $PGF_{2\alpha}$ . Esta señal/es (Tabla 14-1) es enviada por el embrión mediante la producción de sustancias denominadas genéricamente *factores de reconocimiento temprano de la gestación* (EPF).

Tabla 5-1. Relación de Factores de reconocimiento temprano de la gestación según especies.

Especie	Día de reconocimiento	Factor de reconocimiento temprano de la gestación
Cerda	11-13	Estrona
Vaca	16-19	Proteínas, esteroides y $PGE_2$
Oveja	12-21	Proteína trofoblástica ovina
Yegua	10-20	Estrógenos y proteínas

## 2.6. Cambios fisiológicos durante la gestación

• *Aparato reproductor.* Por efecto de la progesterona se produce el crecimiento de las glándulas endometriales, aumenta la vascularización y se produce una infiltración leucocitaria. Se incrementa la secreción glandular, el moco vaginal se espesa y se forma el tapón mucoso. El útero aumenta de tamaño y se desplaza progresivamente hacia la cavidad abdominal.

• *Glándula mamaria.* Se produce el desarrollo de los conductos y alvéolos mamarios por acción de los estrógenos y de la progesterona.

• *Equilibrio hídrico y electrolítico.* Los estrógenos y progesterona aumentan la concentración de aldosterona y favorecen la retención del sodio; esto junto con la retención de otros minerales hace que aumente el agua corporal.

- *Sistema circulatorio.* Aumenta la eritropoyesis pero después de que se haya producido el aumento del volumen plasmático por tanto aparece una anemia fisiológica o hemodilución de la gestación. También se presenta una taquicardia consecuencia del aumento de la volemia y una reducción de la presión arterial sistólica.

- *Aparato respiratorio.* Se produce una hiperventilación ya que la capacidad funcional de los pulmones va disminuyendo al ir avanzando la gestación por una elevación del diafragma.

- *Sistema gastrointestinal.* Los niveles elevados de progesterona producen una relajación generalizada del músculo liso. Se hace más lento el vaciamiento gástrico y el tiempo de tránsito intestinal aumenta.

- *Metabolismo.* Se determina un aumento de la ingesta de alimentos debido a una respuesta del SNC a los esteroides gonadales. Al inicio de la gestación hay hiperinsulinismo e hiperlipidemia.

- *Aparato excretor.* El flujo plasmático renal y la fracción de filtración se mantienen durante toda la gestación por encima de los valores de las hembras no gestantes.

- *Sistema hormonal.* La hormona predominante de la gestación es la progesterona. La fuente de progesterona es el cuerpo lúteo durante toda la gestación en la cerda y en la cabra, y hasta el día 200 en la vaca. En la oveja, yegua, perra y gata la progesterona es producida en el cuerpo lúteo y en la placenta. Los niveles de esta hormona ascienden después de la ovulación, alcanzan un máximo y descienden bruscamente antes del parto (la yegua es una excepción). Los estrógenos, en todas las hembras domésticas excepto en la yegua, aumentan durante la gestación y se elevan bruscamente justo antes del parto. La relaxina es una hormona que también aumenta durante la gestación y parece actuar cooperando con la progesterona en el mantenimiento de la misma y previniendo las contracciones espontáneas del útero. La relaxina,  $\text{PGF}_{2\alpha}$  y prolactina aumentan en el momento del parto.

## TEMA 7. LACTACIÓN

Desarrollo de la glándula mamaria. Lactogénesis. Galactopoyesis. Expulsión de la leche. Funciones del calostro. Anestro lactacional.

### 1. OBJETIVOS

- Conocer las distintas etapas del desarrollo de la glándula mamaria y las hormonas implicadas en el mismo.
- Conocer y describir los procesos de lactogénesis, galactopoyesis y expulsión de la leche, y los mecanismos endocrinos y nerviosos relacionados con éstos.
- Conocer las funciones del calostro.
- Comprender el concepto de anestro lactacional.

### 2. CONTENIDOS

#### 2.1. Desarrollo de la glándula mamaria

Durante el *desarrollo embrionario*, las hormonas no juegan un papel muy importante sobre los primordios mamarios en el feto femenino, pero sí lo hacen en el macho los andrógenos de los testículos en desarrollo, provocando el desprendimiento de los brotes mamarios. Cuando la hembra nace, las mamas están ya formadas, con un sistema de conductos rudimentario alrededor de la cisterna glandular.

Desde el *nacimiento* a la pubertad, el esfínter del pezón y el músculo liso que rodea la cisterna de la glándula, elementos que en la etapa anterior no se habían desarrollado, se definen perfectamente. El crecimiento de la mama en esta etapa es proporcional al del resto del organismo. Cuando el animal llega a la *pubertad*, comienzan los estímulos hormonales. La FSH provoca el desarrollo de los folículos y estos sintetizan estrógenos, mientras que la LH produce la luteinización y, como consecuencia, la síntesis de progesterona. Los estrógenos son responsables durante esta etapa del desarrollo de los conductos, que se van ramificando, y la progesterona estimula el desarrollo lóbulo-alveolar (*Fig. 7-1*). Cuando el animal queda *gestante*, la glándula mamaria alcanza su máximo desarrollo influida por un gran número de hormonas. La progesterona y los estrógenos desempeñan el mismo papel mencionado durante la pubertad, con la diferencia de que los altos niveles de progesterona durante la gestación van a favorecer la formación de numerosos lobulillos conteniendo alvéolos secretores. Los niveles basales de prolactina en esta etapa son también fundamentales para el desarrollo del epitelio lóbulo-alveolar, la GH estimula el crecimiento de los conductos y la ACTH favorece el crecimiento de la mama en general mediante la acción de los glucocorticoides. A final de la gestación, la mama está preparada para iniciar el proceso de secreción de la leche o lactogénesis.

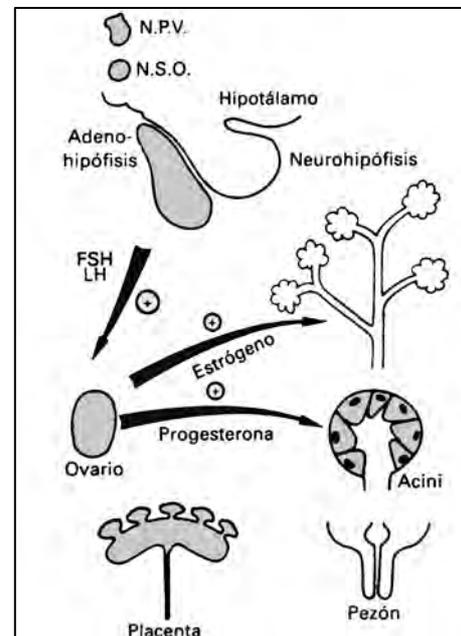


Figura 7-1. Desarrollo de la glándula mamaria tras la pubertad (Derivaux y Ectors, 1984).

#### 2.2. Lactogénesis

La lactogénesis consiste en una serie de cambios mediante los cuales las células alveolares sufren un proceso de diferenciación que las capacita para secretar leche. Entre estos cambios, destaca el aumento en la actividad de enzimas responsables de la síntesis de componentes de la leche como la lactosa, caseína, triglicéridos, etc. Las hormonas necesarias para que estos cambios ocurran son la prolactina, el lactógeno placentario, la insulina, los glucocorticoides, la hormona del crecimiento y la progesterona. Aunque todas estas hormonas ya han sido estudiadas, se sintetizan a continuación las funciones específicas de algunas de ellas relacionadas con la lactogénesis.

Los niveles basales de *prolactina* durante la gestación se elevan marcadamente unas dos semanas antes del parto y alcanzan un pico justo antes del nacimiento. Una de las principales funciones intracelulares de la prolactina es la fijación del ARNm de la caseína al retículo endoplasmático rugoso, estabilizándolo y permitiendo su acumulación; además, acelera la transcripción del gen de la caseína y estimula la traducción del ARNm de la caseína mediante la captación incrementada de aminoácidos precursores. En menor proporción, la prolactina induce la producción de  $\alpha$ -lactoalbúmina para la síntesis de lactosa e interviene en el transporte de iones y aminoácidos y en la síntesis de lípidos.

El papel de la *insulina* en la lactogénesis se dirige al aumento de la permeabilidad de la célula mamaria, la captación de glucosa y la incorporación de acetato para su transformación en ácidos grasos, además de intervenir en la estimulación de la síntesis proteica y en la producción de ARNm, y de favorecer las mitosis.

Al inicio de la lactación se observa un aumento en la disponibilidad y captación de *glucocorticoides* por las células de la glándula mamaria. El cortisol induce la diferenciación del retículo endoplasmático rugoso y del aparato de *Golgi* en las células secretoras, lo que es fundamental para permitir la acción posterior de la prolactina induciendo la síntesis de caseína y  $\alpha$ -lactoalbúmina. En consecuencia, se considera que existe un efecto sinérgico entre la prolactina y el cortisol para el proceso de la lactogénesis.

El papel de la *GH* en la primera fase de la lactogénesis parece estar exclusivamente relacionado con el aumento de las propiedades lactógenas de la prolactina y el cortisol.

La *progesterona*, al contrario que las hormonas referidas hasta ahora, inhibe la lactogénesis, y lo hace por dos mecanismos. En primer lugar, inhibe la capacidad de la prolactina para incrementar su número de receptores y, en segundo lugar, inhibe la producción de lactosa, caseína y  $\alpha$ -lactoalbúmina, así como la secreción total de la glándula mamaria.

### 2.3. Galactopoyesis

El término galactopoyesis hace referencia a la capacidad de la glándula mamaria para secretar cantidades elevadas de leche y en la mayoría de los animales esta capacidad se adquiere en el periodo perinatal. Los factores que desencadenan la galactopoyesis son fundamentalmente endocrinos. La disminución de los niveles de estrógenos y progesterona en el parto aumenta la sensibilidad de la mama a la acción de la prolactina y glucocorticoides. Además, una vez que las células mamarias han completado su diferenciación, la progesterona pierde su capacidad de inhibir la lactación. Otro factor importante es el aumento de los niveles de glucocorticoides que circulan libres en sangre y, por último, los estímulos procedentes de las contracciones uterinas durante el parto aumentan, por vía hipotalámica, la producción de prolactina y glucocorticoides.

#### 2.3.1. Mecanismos celulares de la lactación

Los distintos componentes de la leche (*Tabla 7-1*) son secretados por las células de la glándula mamaria por diferentes mecanismos:

- Las proteínas, lactosa, calcio, fosfato y citrato son almacenados en vesículas secretoras del aparato de Golgi y vertidas a la luz del alvéolo mamario por un mecanismo de *exocitosis*.
- Los lípidos de la leche, que son sintetizados en el citoplasma, se agregan en gotas formando *glóbulos grasos* que se descargan en la luz alveolar.
- El agua se mueve arrastrada por el *gradiente osmótico* creado por la lactosa y los iones siguen al agua generando *gradientes electroquímicos*.
- Las inmunoglobulinas entran en las células mamarias desde la sangre por el proceso conocido como *endocitosis mediada por receptor*. Posteriormente se almacenan en las vesículas del *Golgi* o se secretan a la luz alveolar.
- Algunas proteínas plasmáticas y leucocitos atraviesan las uniones estrechas existentes entre las células secretoras, que durante esta etapa se vuelven lábiles, y alcanzan la luz del alvéolo por esta vía *transcelular*.

<b>Grasas (2-10%)</b>
Triglicéridos
Ácidos grasos libres
Fosfolípidos
Esteroides
<b>Carbohidratos</b>
Lactosa
<b>Proteínas</b>
Caseína
$\alpha$ -lactoalbúmina
$\beta$ - lactoglobulina
Albumina sérica
Inmunoglobulinas
<b>Vitaminas</b>
<b>Minerales (Ca, Mg, K...)</b>

*Tabla 7-1. Principales componentes de la leche.*

### 2.3.2. Requisitos para el mantenimiento de la actividad secretora

Para el mantenimiento de la actividad secretora tras el parto son necesarios dos tipos de estímulos, la succión y la secreción de diversas hormonas:

- La *succión* por amamantamiento u ordeño evita la inhibición de la secreción que provocaría el aumento de la presión intramamaria por el efecto de llenado, y estimula poderosamente la secreción de prolactina y glucocorticoides.
- Las principales *hormonas* que intervienen en la regulación de la galactopoyesis son la prolactina, la GH, la ACTH, los glucocorticoides, la tiroxina, los estrógenos y la progesterona.

La *prolactina* tiene un papel discutido en el mantenimiento de la producción láctea porque se han realizado estudios en algunas especies (rumiantes) que indican que su ausencia no afecta a esta etapa de la lactación, mientras que en otras (coneja, cerda, perra y gata) su ausencia inhibe la secreción láctea.

La *GH* es, sin embargo la hormona galactopoyética en los rumiantes, incrementando los rendimientos de producción láctea mediante cambios en el metabolismo de las proteínas, grasas y carbohidratos de la madre para dirigir los nutrientes hacia la síntesis de leche.

La unión de los *glucocorticoides*, liberados por acción de la *ACTH*, a sus receptores en la glándula mamaria, estimula la captación de glucosa por la célula secretora.

Las *hormonas tiroideas* se encuentran en proporciones menores a las habituales durante los primeros estadios de la lactación, pero no posteriormente y esto permite reducir el metabolismo periférico y utilizar los sustratos energéticos en el tejido mamario.

Los *estrógenos* inhiben la síntesis de leche porque provocan la desaparición de las miofibrillas de las células mioepiteliales, impidiendo, por lo tanto el reflejo de expulsión.

La *progesterona*, a diferencia de lo que ocurría en la primera etapa de la lactogénesis, no tiene efecto en la galactopoyesis ya establecida debido a que se une a receptores en la grasa de la leche dentro de la célula y se anula su actividad biológica.

## 2.4. Expulsión de la leche

El *reflejo neuroendocrino de succión* (Fig. 7-2) es uno de los ejemplos mejor estudiados de interacción entre el sistema nervioso vegetativo y el hormonal. Ya ha sido explicado en parte en el capítulo correspondiente a las hormonas hipotalámicas al hacer mención a las funciones de la *oxitocina*. Durante la lactación, las neuronas que secretan oxitocina sufren una serie de cambios, observándose un mayor número de contactos soma-soma o soma-dendrita y dobles sinapsis. Esto parece estar relacionado con la descarga de potenciales de acción de forma sincronizada por parte de dichas células. El patrón de secreción de oxitocina es de tipo pulsátil y está relacionado con la succión, además de con otros estímulos visuales o auditivos que también desencadenan el reflejo de expulsión.

Los receptores para la oxitocina en las células mioepiteliales aparecen antes del comienzo del parto, su número es máximo durante la lactación y desaparecen durante el destete. Además de provocar la contracción de las células mioepiteliales, la oxitocina produce relajación de los conductos mayores y de la cisterna de la glándula y del pezón, provocando el agrandamiento de estas estructuras para alojar el volumen de leche expulsado.

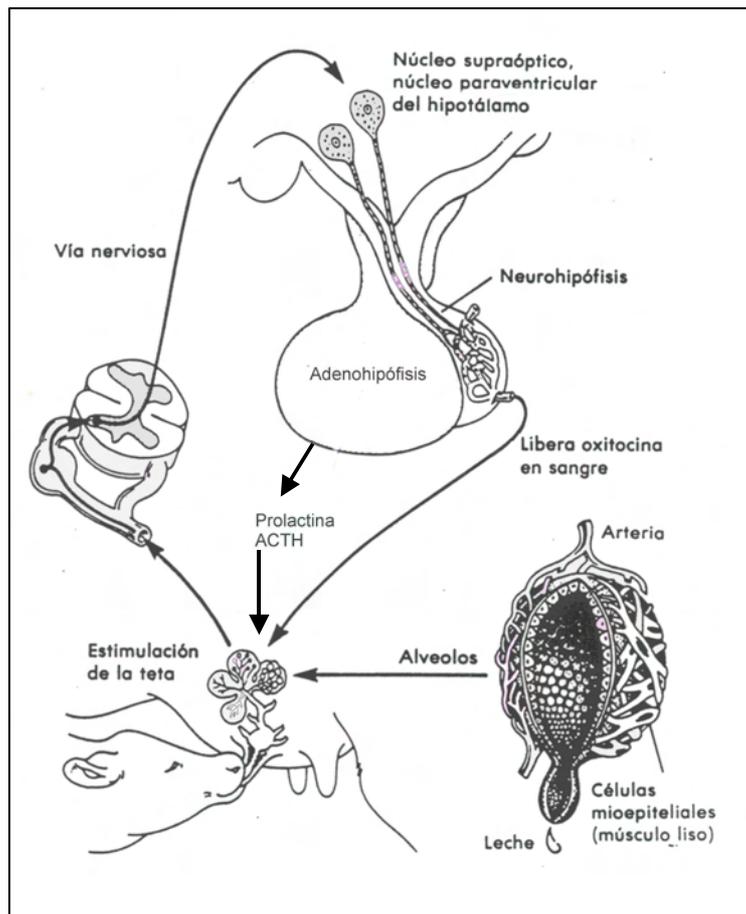


Figura 7-2. Reflejo neuroendocrino de succión (Hafez y Hafez, 2007).

## 2.5. Funciones del calostro

El *calostro* es la primera secreción que elabora la glándula mamaria en las horas cercanas al parto y representa el primer alimento que ingiere el recién nacido. Su composición no es aún la definitiva de la leche ya que tiene un alto contenido en *inmunoglobulinas*, que representan en ocasiones hasta el 50% del total de las proteínas del calostro, un bajo contenido en lactosa, y una gran riqueza en ClNa y vitaminas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C. El calostro tiene una gran importancia para la inmunización pasiva del recién nacido en las primeras 24-48 horas de vida, ya que las inmunoglobulinas no atraviesan la placenta en los ungulados y es éste el mecanismo por el que adquieren la resistencia a determinadas enfermedades. Además, el calostro es indudablemente una *fuentes nutritiva* para el neonato y tiene un ligero efecto *laxante* que favorece la expulsión del *meconio*.

## 2.6. Anestro lactacional

Durante la lactación, el estímulo de succión inhibe la liberación de LH, impidiendo que maduren nuevos folículos y se produzca la ovulación. Este hecho se denomina *anestro lactacional*, y es más o menos manifiesto en función de la especie de la que hablemos. Así, la cerda permanece en anestro las 4-6 primeras semanas de lactación, reapareciendo el estro y la ovulación después del destete. En ovejas que amamantan a sus crías en la estación reproductora, el estro se retrasa unas tres semanas y en vacas, según sean ordeñadas o se les permite el amamantamiento del ternero, la reanudación del ciclo estral se producirá a los 25 ó 60 días, respectivamente.



## CONTRASTACIÓN DE SEMEN BOVINO

Dr. Yahya Dahmani  
Departamento I+D+i Magapor

### Introducción

La inseminación artificial (IA) ha demostrado ser la herramienta más eficaz para la mejora genética de los animales de importancia zootécnica, especialmente en la industria bovina. La contrastación y el manejo de semen se consideran un paso clave y primordial para la valoración de fertilidad y el éxito de la utilización del material seminal.

El conocimiento de la fertilidad de los toros, representa un objetivo de gran importancia para la producción de semen bovino que se logra mediante un buen análisis de semen entre otras valoraciones. En este sentido, diseñar un análisis seminal ideal para bovino, es una meta de muchos especialistas en el área de reproducción para poder valorar adecuadamente y predecir la fertilidad de un eyaculado.

El análisis de semen ideal sería aquél que de forma sencilla y eficaz permitiera predecir la capacidad fecundante de un eyaculado concreto. Un eyaculado

fecundante debe cumplir unos estándares de calidad de parámetros seminales como: motilidad progresiva, morfología normal, metabolismo energético activo, integridad estructural y funcionalidad de la membrana, capacidad de penetración y transferencia óptima del material genético.

Todos los trabajos actuales sobre el análisis seminal, buscan identificar algún parámetro cinético, morfológico o bioquímico que indique el estado de la célula espermática en un momento dado y que, al mismo tiempo, pueda ser correlacionado con la fertilidad y calidad del eyaculado. En la rutina de producción, la contrastación debe ser precisa, sencilla, rápida y económica.

### Recogida de semen bovino

El área de extracción de semen debe estar lo más cerca posible del laboratorio de análisis seminal (no más de 30 metros). La colecta de semen se realiza con varios métodos, el más frecuente es el uso de la vagina artificial. Después del salto de toro, se recupera el tubo de semen de la vagina artificial y se conserva a continuación en baño María a una temperatura de 32 a 35°C para su análisis evitando los cambios de temperatura que pueden afectar a la calidad de semen.





Tras la recogida se procede al análisis y evaluación del semen que se dividen en dos partes:

1. Examen macroscópico
2. Examen microscópico

## Análisis de semen

### 1- Examen macroscópico

El examen macroscópico consiste en observar y examinar directamente el tubo del eyaculado para descartar cualquier defecto de volumen, color, olor o suciedad.

**Volumen:** es un parámetro que depende de la función de la vesícula seminal y las glándulas sexuales accesorias, así como de otros factores como la edad, la raza, el entrenamiento...etc., y varía de 1 a 8 ml. La mayoría de los toros proporcionan 6 ml de eyaculado.

**Color:** depende de la cantidad de espermatozoides; cuando el semen es de buena calidad, presenta una coloración blanco lechosa o cremosa y cuando es de baja calidad su color es similar a leche aguada. El eyaculado puede presentar un color amarillo en caso

de contaminación con orina y rosado si hay presencia de sangre.

**Olor:** el semen en buenas condiciones presenta un olor similar a la leche fresca. El olor a orina nos indica que el semen está contaminado con ésta. Cuando el olor es muy desagradable, se sospecha alguna enfermedad en los testículos o en otra parte del aparato reproductivo.

**Aspecto:** depende de la concentración de espermatozoides y se mide por el mayor o menor grado de opacidad que presenta la muestra de semen.

**pH:** se determina mediante el empleo de una cinta colorimétrica, su valor varía entre 6,4 a 6,9. Los valores por encima de 6,9 son indicativos de semen de baja calidad.

### 2- Examen microscópico

El examen microscópico se realiza bajo observación en microscopio de campo claro con el objetivo de analizar la motilidad masal e individual de los espermatozoides, la morfología y la concentración.



**Motilidad masal:** se determina colocando una gota de semen en un porta y luego se observa al microscopio de campo claro con pequeño aumento. En toda la gota de semen se evalúa la presencia de ondas y remolinos y atendiendo a sus características se realiza la clasificación siguiente (de 0 a +++):

- Semen muy bueno: presenta ondas oscuras y marcadas en rápido movimiento (+++).
- Semen bueno: se observan ondas menos oscuras que el anterior, marcadas con movimiento moderado (++)
- Semen regular: presenta ondas claras con movimiento muy ligero (+).
- Semen malo: no hay ondas, se observan los espermatozoides inmóviles (0).

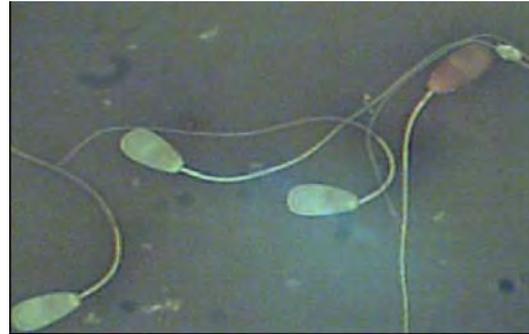
**Motilidad individual:** este parámetro se puede analizar de manera mas objetiva con sistemas automáticos como el sistema CASA; pero también, se determina

por examen al microscopio de campo claro. En este caso, se evalúa colocando sobre el portaobjetos una gota de semen diluido con suero fisiológico o citrato de sodio (0.9%). Luego se coloca un cubreobjetos y se observa al microscopio de campo claro con mayor aumento. Según el tipo de movimiento individual de los espermatozoides, el semen se clasifica de la siguiente manera:

- Semen muy bueno: igual o mayor de 70% de motilidad individual progresiva.
- Semen bueno: 50-69% de motilidad individual.
- Semen regular: 30-49% de motilidad individual.
- Semen malo: menor de 29% de motilidad individual.

**Viabilidad espermática, normalidad acosómica y morfológica:** se determinan mediante la observación al microscopio de un frotis de semen tras someterlo a tinciones especiales; generalmente, se utiliza la Eosina-Nigrosina. El método consiste en colocar una gota de aproximadamente 10 microlitros de semen puro sobre un portaobjetos limpio y desengrasado atemperado a 36-37°C sobre la platina térmica. Se mezcla suavemente con la punta de la pipeta con otra gota de Eosina-Nigrosina que debe estar a la misma temperatura que la del semen. Con otro portaobjetos

también atemperado, apoyándolo sobre el borde de la gota para que se distribuya por capilaridad sobre el portaobjetos, se realiza el extendido en forma firme y suave. La evaluación de la viabilidad espermática, normalidad acrosómica y morfológica se realiza bajo microscopio de campo claro a 1000 aumentos. Se cuenta un total de 200 espermatozoides y se calcula el porcentaje de células no viables (coloradas), acrosomas normales y malformaciones de los espermatozoides. Otra manera de evaluar la normalidad acrosómica es la fijación con glutaraldehído al 0.2% y observación bajo microscopio con contraste de fase. Respecto a la morfología se puede utilizar también Rosa de Bengala observándose a los espermatozoides de un color rosa intenso. Los espermatozoides teñidos son no-viables, y en el caso de tener presente su acrosoma se puede apreciar de un violáceo más intenso; de estar ausente el mismo se observa la cabeza del espermatozoide de un color homogéneo o con el tercio superior más claro.



Espermatozoides de bovino con tinción de Eosina-nigrosina. Derecha: espermatozoide muerto (colorado). Izquierda: espermatozoide vivo

El valor mínimo es de 70% de acrosomas normales. Las anomalías observadas se clasifican en primarias y secundarias. Es la clasificación más usada en la bibliografía, pero no por ello la más exacta. Las malformaciones primarias por definición, son aquellas que se originan dentro del testículo durante la espermatogénesis y las malformaciones secundarias son aquellas que se originan dentro del epidídimo.

En la actualidad, quizás lo más adecuado sea identificar cada una de las anomalías por su ubicación dentro de la estructura del espermatozoide y la relación de cada una de ellas con la fertilidad, para lo cual aún se requieren muchos estudios. En general el número máximo de anomalías de cabeza permitidas para aceptar el eyaculado se encuentra entre un 15 y un 20%. Con respecto a las anomalías de acrosoma y cola

se puede aceptar hasta un 25%. En ningún caso se debe aceptar menos de un 70% de espermatozoides normales en el eyaculado para admitir a un toro como apto reproductivo en cuanto a su semen.

**Concentración:** es el número de espermatozoides por ml, y se calcula contando los espermatozoides que hay, respecto a una dilución y a un volumen, con de la cámara de conteo (Burcker u otra similar) bajo microscopio de campo claro. Otra forma de determinar este parámetro seminal es el examen con los sistemas automáticos como el CASA o también el uso del espectrofotómetro. Los valores característicos del semen bovino indicadores de una fertilidad normal son:

- Motilidad progresiva: >50%
- Concentración: >500million/ml
- Vitalidad espermática: >50%
- Cabezas anormales: <20% (lo normal es 8-12%)
- Gotas citoplasmáticas proximales: <4%
- Gotas citoplasmáticas distales <4%
- Pieza media anormal: <15%,
- Colas dobladas <4%
- Colas enrolladas <3%.

### 3- Procesamiento del semen

El propósito del procesamiento de semen es proteger los espermatozoides para mantenerlos fértiles el mayor tiempo posible. El procesamiento del semen comprende las siguientes fases: dilución, estabilización a 5°C, llenado de pajuelas y congelación.

**Dilución:** Una vez determinada la concentración espermática se procede a determinar la cantidad de diluyente que se puede agregar al semen y el número de pajuelas que se puede elaborar, en base a las siguientes fórmulas:

$$\text{Vol. Dil} = \text{NP} \times 0,25 - V$$

$$\text{NP} = V \times \text{MI} \times C \text{ (ml)} / \text{N}^\circ \text{ de espermatozoides por pajuela}$$

Donde:

Vol. Dil: Volume de diluyente

NP: número de pajuelas

0,25: volumen de pajuela en ml

V = volumen de semen en mL

MI = motilidad individual en porcentaje

C = concentración espermática expresada en ml

El número de espermatozoides por pajuela (dosis) suele ser 30 millones.

**Conservación a 5°C:** después de calcular la dilución y el número de pajuelas, se procede a enfriar el semen diluido de 25°C a 5°C (descenso de 0,2-0,3 °C por minuto), y estabilizarlo a 5°C

durante al menos 2h antes de llenar las pajuelas.

**Llenado de pajuelas:** las pajuelas se llenan a 4°C de manera manual o automática (con máquinas llenadoras). El llenado se puede realizar también a temperatura del laboratorio 24°C antes de enfriar y estabilizar a 4°C. Una vez llenadas, las pajuelas se sellan con polivinilo y se congelan.

**Congelación:** después del llenado y sellado de las pajuelas y una vez que se ha alcanzado el período de estabilización se procede a la congelación. Este proceso se puede realizar mediante vapor de nitrógeno líquido o a partir de un biocongelador. La temperatura de congelación a la que se llega suele ser de -120°C, y la rampa típica de congelación es la siguiente:

- De 5 a -6°C, 4°C/min
- De -6°C a -25°C, 50°C/min
- De -25°C a -10°C, 50°C/min
- De -10°C a -120°C, 80°C/min

A continuación, las pajuelas se introducen inmediatamente en el nitrógeno líquido para alcanzar una temperatura definitiva de -196°C.

#### 4- Evaluación de semen congelado

La evaluación post-descongelado tiene como finalidad conocer si ese semen fue capaz de superar el proceso de congelación-

descongelación. Los factores que pueden afectar los valores de evaluación corresponden a factores intrínsecos del semen, o factores de manejo del mismo (falta de N2 líquido en el termo de almacenamiento, manejo de pajuelas...etc.). La descongelación de las pajuelas se realiza en agua a 37°C durante 30-50sec. Después de esto, se corta uno de los extremos de la pajuela y se introduce en un tubo a igual temperatura dentro del Baño María, y se corta el otro extremo para vaciar el contenido. A continuación, la evaluación de la dosis seminal consta de los siguientes pasos:

**a) Examen de motilidad:** se determina el porcentaje de motilidad progresiva y el vigor inmediatamente después descongelar el semen y tras 2 horas de incubación. Diversos métodos pueden ser utilizados para determinar motilidad como ya mencionado anteriormente. El método más objetivo es el uso de sistemas automáticos como el CASA. Cuando se cuenta con experiencia, en caso de examen al microscopio de campo claro, generalmente se realizan estimaciones visuales rápidas sin contar células. Se coloca una gota de semen delgada y uniforme entre porta y cubreobjeto tibios procediendo a evaluar a 1000 aumentos el porcentaje de

espermatozoides con motilidad progresiva y luego, la tasa de progresión (vigor) según la siguiente escala:

0 = sin movimiento.

1 = ligera ondulación o vibración de cola, sin progresión.

2 = progresión lenta, incluyendo detención y comienzo de movimiento.

3 = movimiento progresivo continuo y moderada velocidad.

4 = movimiento progresivo, rápido.

5 = movimiento progresivo muy rápido, en el cual las células son difíciles de seguir visualmente.

El semen de buena calidad, que ha sido recientemente descongelado, normalmente tiene 40-50% de espermatozoides con motilidad progresiva y un vigor de 3-4. Después de 2 horas de incubación, estos valores generalmente disminuyen un 10-15% y 1 punto, respectivamente. Las normas mínimas para motilidad exigidas son las definidas por el Departamento de Medicina Bovina y Teriogenología de la Universidad de Saskatchewan de Canadá y que se corresponden con las de las normas ISO 9002, y son:

0 hs= 25% de espermatozoides con motilidad progresiva. Vigor 3.

2 hs= 15% de espermatozoides con motilidad progresiva. Vigor 2.

**b) Porcentaje de acrosomas intactos:** la determinación del porcentaje de acrosomas intactos es

un método morfológico de medición de la viabilidad post-descongelación, el cual tiene correlación con la fertilidad. Es un valioso complemento de la motilidad, para determinar la viabilidad y fertilidad potencial del semen congelado. Para examinar el acrosoma, el movimiento de los espermatozoides debe ser detenido. Esto se logra mezclando el semen con glutaraldehído tamponado al 0,2%, que fija las membranas y previene su deterioro posterior. La preparación puede ser hecha sobre el portaobjeto, colocando una pequeña dosis de semen próxima a una gotita de glutaraldehído mezclándolas bien y colocándoles un cubreobjeto. Doscientas células deben ser examinadas a 1000 aumentos, inmediatamente tras descongelar el semen y después de 2 horas de incubación. Los valores mínimos para una clasificación satisfactoria son:

0 hs= 50% de acrosomas intactos.

2 hs= 35% de acrosomas intactos.

**c) Viabilidad y morfología:** la determinación de estos parámetros se realiza con la misma metodología utilizada para el semen fresco con un mínimo de espermatozoides viables y normales del 40 y 70% respectivamente.

**d) Concentración:** el número total de espermatozoides por pajuela (de 0,25ml o 0,5ml) varía de 20 a 30

millones, de los cuales al descongelado deben existir un mínimo de 10 millones de células móviles. Para la valoración de la concentración, se realiza una dilución de 1:200 de la pajuela en solución salina formolada y se hace el recuento en cámara de conteo. Después, se calcula el número total de espermatozoides móviles por dosis.

***e) Test de endosmosis celular (HOST, hiposmotic swelling test):***

es un test que permite evaluar la funcionalidad de la membrana espermática. El test se basa en la capacidad de responder a cambios osmóticos que tienen los espermatozoides. Dicha capacidad está relacionada con la capacidad funcional de la membrana (funcionamiento de los canales iónicos, intercambiador  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ ,...). Así pues, estas células sometidas a un medio hipoosmótico incorporarán agua del medio mientras que si el medio es hiperosmótico liberarán agua al exterior. Este comportamiento se dará siempre y cuando la membrana del espermatozoide no presente daños. Si la célula presenta intactas sus membranas se producirá una entrada de agua desde el medio que quedará incorporada en la cola, permaneciendo ésta hinchada y enroscada. El semen es incubado, 10-15 minutos a 37°C en una solución hipoosmótica de fructosa y

citrato de sodio (75 mOsm/Kg). Se realizan observaciones seriadas (0, 1 y 2 horas) entre porta y cubreobjeto, determinándose el porcentaje de espermatozoides vivos. La evaluación se realiza bajo microscopio de campo claro a 1000 aumentos. Se cuenta un total de 200 espermatozoides y se calcula el porcentaje de células que reaccionan al choque osmótico enrollando la cola. Debe haber como mínimo un 40% de espermatozoides reaccionados.

***f) Control de calidad post-descongelación***

La calidad de las dosis de semen descongelado debe responder a las características siguientes:

- Temperatura de descongelación: 37°C
- Motilidad Individual Progresiva: > 40 % y Vigor: 3-4 (escala 0-5)
- Morfología espermática normal: >70 %
- Integridad acrosómica: > 60 %
- Test HOST: >40% de espermatozoides reaccionantes.
- Número mínimo de espermatozoides viables: (40%)

## Manejo del rodeo de cría

Un manejo adecuado implica tener en producción el mayor número de vacas posible sin afectar la estabilidad productiva de una determinada explotación ganadera, lo que redundará en una mayor producción de carne por hectárea y año.

Un factor importante es la alimentación del rodeo de cría que puede ser incorrecta muchas veces por faltantes y en algunas épocas por exceso.

Es importante conocer aspectos forrajeros como cuánto pasto producen los potreros, en qué época, cómo se pueden mejorar, cómo puedo aprovechar excedentes para épocas de escasez y en qué categoría de animales usar los distintos forrajes disponibles en un campo.

Es útil tener en claro la composición del rodeo vacuno, número de cabezas, porcentajes de toros, clasificación de vientres, estadísticas reproductivas (porcentaje de preñez, de parición y de destete) y productivas (peso al destete y kilogramos de carne por Ha. año), necesidades nutricionales de cada categoría.

## Requerimientos nutricionales de la vaca de cría

Hasta el séptimo mes de preñez, las necesidades nutritivas de una vaca de cría, sin ternero al pie, son similares a las necesidades de mantenimiento.

Sobre el final de la gestación los requerimientos aumentan hasta el momento del parto.

Desde la parición y debido a la lactancia, hay un importante crecimiento de las necesidades nutritivas, que se hace máxima en el tercer mes de lactancia, la vaca debe tener el estado corporal suficiente (condición corporal de 3,5 al parto) para superponer la lactancia con la presentación de celo a intervalos regulares y que quede preñada.

Es el momento en que hay que contar con abundante forraje en cantidad y calidad para asegurar la próxima producción de terneros.

Desde el cuarto y quinto mes de lactancia los requerimientos de la vaca empiezan a bajar, porque el ternero consume mayor cantidad de pasto.

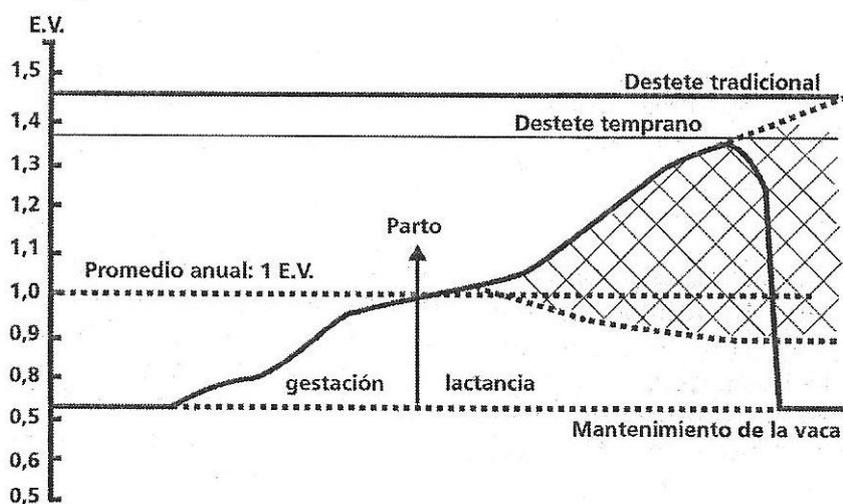
En el destete, las necesidades de la vaca bajan bruscamente, es un momento donde podemos ahorrar pasto para ser usado en forma diferida.

## Equivalencias

Son una forma de medir los requerimientos de los vacunos la carga animal. 1 equivalente representa el anual de los de una vaca de peso, que gesta un ternero hasta

6 meses de edad con 160 Kg. de peso, incluido el forraje que consume el ternero.

La vaca no tiene los mismos requerimientos a lo largo del año. La misma vaca que tiene 1 E.V. en promedio, puede requerir 0,73 E.V en gestación, como 1,36 E.V al momento del destete. Solo en el momento del parto coincide con la unidad equivalente vaca.



## ganaderas

de medir los requerimientos en pastoreo y de los campos. vaca (E.V.): promedio requerimientos 400 Kg. de y cría un el destete a los

## **Necesidades nutricionales del rodeo de cría**

Conociendo los requerimientos nutricionales de la vaca, podemos deducir lo que puede acontecer en un rodeo de cría donde las vacas pueden parir en un periodo más concentrado (servicio estacionado), o en un manejo tradicional, con una mayor duración del servicio (6 o más meses). En el primer caso será posible hacer coincidir la época de mayor producción de forraje con el servicio.

El caso extremo sería una explotación con un único potrero donde necesariamente los toros estarían todo el año con las vacas (servicio continuo). En esta situación, la productividad dependerá de las variaciones en las condiciones climáticas y del forraje disponible y resultaría muy difícil para el productor controlar adecuadamente la productividad de su rodeo.

## **Época de servicio**

En el caso de campo con servicio continuo, el momento de mayor cantidad de nacimientos de terneros coincide con los meses de invierno, siendo algo más tarde (agosto) el comienzo de parición cuando el rodeo dispone sólo de campos naturales para su alimentación, donde la mayor producción de forraje se da entre los meses de noviembre y febrero. En el caso de uso de pasturas es posible obtener pariciones más tempranas (desde junio-julio).

Evidentemente, la producción de celos fértiles en los rodeos coincide con la época de mayor producción forrajera de los campos, es decir primavera.

En un servicio continuo tendremos un porcentaje variable de terneros nacidos fuera de época que nos dificultará un manejo ajustado de los requerimientos del rodeo y la disponibilidad del pasto.

Para que cada vientre críe un ternero por año, el servicio deberá realizarse cuando el campo produce la máxima oferta de pasto y en lo posible en un período no mayor de ochenta a noventa días para que los requerimientos nutricionales de las vacas integrantes del rodeo sean homogéneos, la totalidad de vacas estarán en lactancia, estado de máximo requerimiento nutricional del rodeo. Ello posibilitará la necesaria actividad sexual cíclica al comienzo del servicio y hará que las vacas entren en celo.

En general en la zona de la cuenca del salado los servicios comienzan el 1 de octubre hasta el 31 de diciembre. Algunos productores están innovando, arrancando el servicio el 1 de noviembre hasta el 31 de enero, esto es debido a que últimamente las lluvias comienzan más tarde, por lo tanto la primavera.

## **Estado corporal**

Del estado corporal que presenten los vientres dependerá que un alto porcentaje queden preñados, con la consiguiente ventaja económica.

La condición corporal puede ser una herramienta de manejo. De las necesidades nutricionales de la vaca, las necesidades para que la vaca se alce están en último término, y es por eso que las vacas flacas son en general las que tienen mayor dificultad para preñarse (óvulos débiles o abortos).

En la medida que se incrementa el estado corporal se achica el intervalo entre parto y primer celo, esto es especialmente importante en vacas falta de estado y no tiene importancia en vacas con adecuado estado corporal.

Si se han evitado pérdidas exageradas de peso durante el invierno, en una primavera normal es esperable que una alta proporción de vacas tenga actividad sexual al principio del servicio. El resto, de parición más tardía, entrará en celo después de iniciado el servicio y podrá lograrse un buen porcentaje de preñeces tempranas.

Si las vacas deben recuperarse durante la primavera porque entraron al servicio con poco peso, es esperable un atraso de las preñeces, o incluso una disminución del porcentaje de preñez, debido a que han permanecido en anestro (falta de celo).

*La primavera climática, que no siempre coincide con la primavera del calendario, resulta la época más adecuada por la disponibilidad y calidad del pasto disponible, para que las vacas ganen peso y no tengamos grandes dificultades para el servicio.*

### **Servicio de Invierno**

Se utiliza mucho en vaquillonas para que lleguen más aliviadas al servicio de primavera. Los terneros nacen en otoño y son destetados a fin de año para su venta como gordos, en un momento de baja oferta de esa mercadería, por lo tanto, es cuando más vale el ternero.

Si bien la vaca pare en una época benigna (otoño), y recupera, por la época del destete (primavera-verano) con cierta facilidad su estado, enfrenta a los dos o tres meses del parto, con máximos requerimientos nutritivos del conjunto vaca-ternero y el nuevo entore, la baja disponibilidad forrajera del invierno, lo que puede provocar el alargamiento del anestro post parto.

Sería necesaria una alta disponibilidad de reservas forrajeras o la posibilidad de un menor número de vientres en explotación, pero necesariamente debemos tratar de no agotar las reservas corporales de la vaca para evitar que se alargue el ciclo de producción.

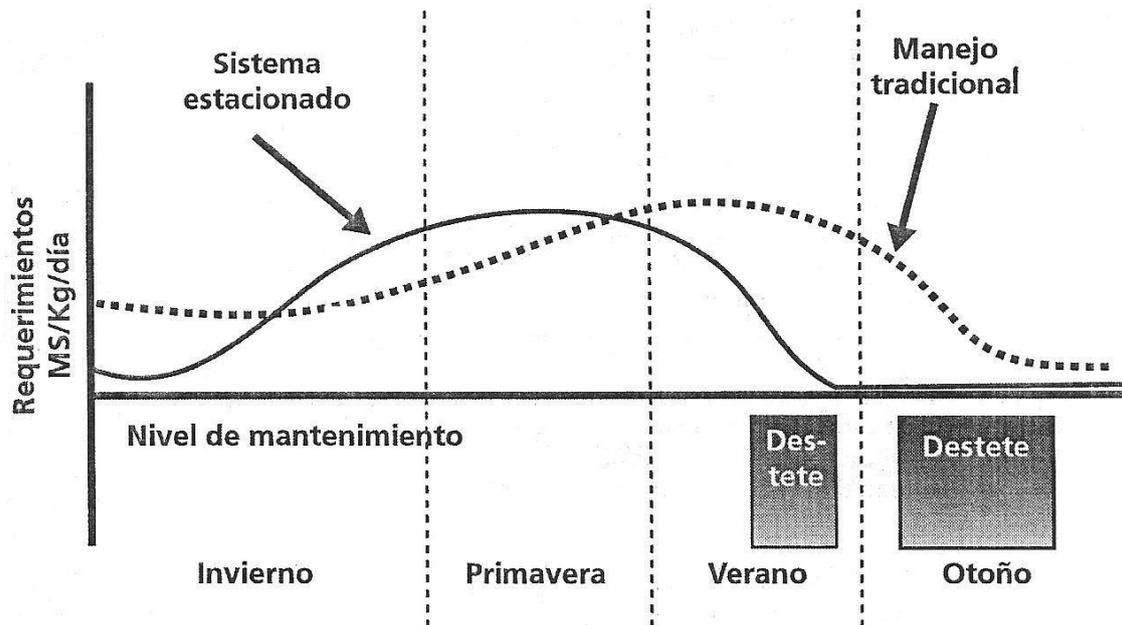
El servicio de invierno es posible pero requiere un manejo especial, más complejo y depende mucho del balance económico que debe hacer el productor entre la ventaja de diversificar ingresos y aumentar costos de alimentación. El pasto de primavera es siempre el de menor costo.

### **Ventajas del servicio corto y primaveral**

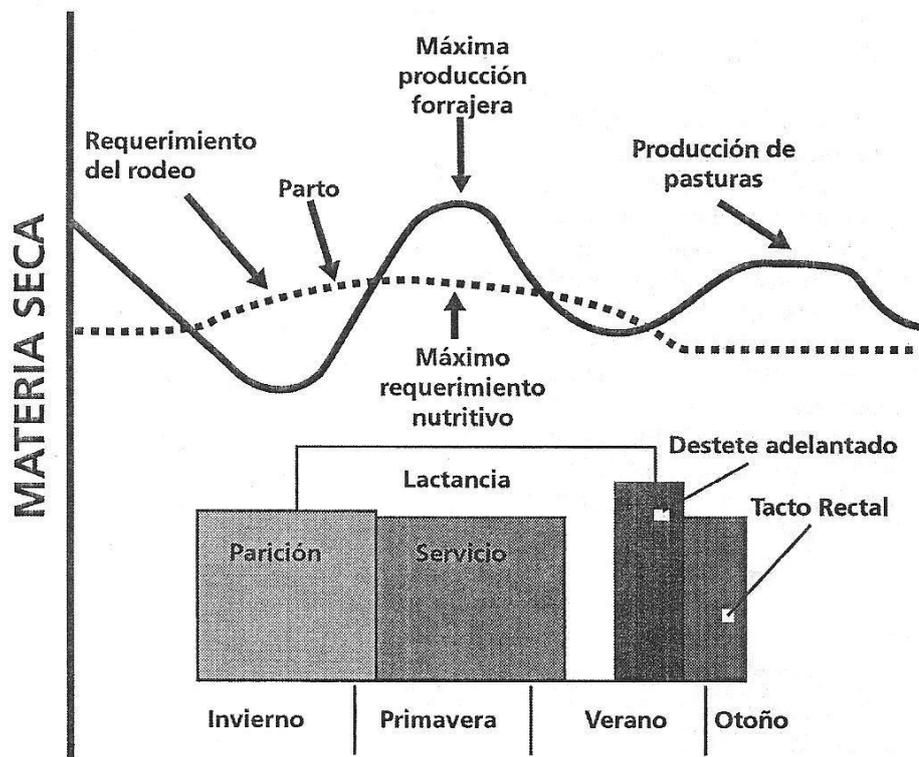
- Aprovechamiento económico de los recursos forrajeros con coincidencias de altos requerimientos por la época de mayor disponibilidad forrajera.
- Concentración de nacimientos y posibilidad de una época de destete.
- Control de la eficiencia reproductiva del rodeo para que el intervalo entre partos no supere el año.
- Destete otoñal de terneros, que permite restringir las vacas destetadas en potreros menos empastados, dado que sus requerimientos son de mantenimiento, lo que posibilita reservar pasto de otoño para la parición y lactancia.

*En el caso de los campos naturales, el rebrote primaveral es más tardío, por lo que el momento del inicio del servicio debería ser atrasado.*

Comparación de necesidades alimenticias de rodeos de cría con entore tradicional y estacionado



Coincidencia de los períodos de máximos requerimientos del rodeo con los de mayor oferta forrajera



### Duración del servicio

La vaca gesta en un lapso de 280-285 días y a los 40-80 días del parto reinicia su ciclo sexual, repitiendo sus celos, término medio: cada 21 días. La eficiencia del servicio natural es del 60-80% de fertilidad por celos presentes. Las vacas cabeza de parición, antes de entrar al servicio pudieron haber tenido uno o dos celos, lo que las hace más fáciles de preñar dado que la fertilidad de los primeros celos es más baja.

*En la medida que el rodeo se encuentre con la alimentación y sanidad adecuadas el servicio no debe exceder los 80-90 días de duración.*

*En vaquillonas es aconsejable un servicio corto, entre 60-80 días así, le damos más tiempo para que se recupere para el próximo servicio.*

### **Aspectos a considerar en el estacionamiento del servicio:**

La presencia de enfermedades reproductivas, en especial las de transmisión venérea (Tricomonas y campylobacter), puede determinar efectos negativos en la producción de terneros cuando:

- El acortamiento del servicio puede implementarse en forma gradual o brusca, pero debe tratar de conocerse la distribución de las pariciones (tacto rectal) para tener en claro el periodo de mayor cantidad de servicios en el año anterior.

- Hay que tener en cuenta que si no se han eliminado las vacas vacías del año anterior, estas presentaran preñez temprana y pueden distorsionar el análisis de las pariciones, pues pueden tener nuevamente dificultades para preñarse

- Es imprescindible la realización de tacto rectal a los 60 días de haber sacado los toros o la ecografía en caso de realizarse un diagnostico mas temprano de gestación 28 días pos-servicio, esto nos va a permitir localizar dificultades fisiológicas y vacas de preñez chica o fuera de servicio, las que será posible apartar para su seguimiento. Asimismo a las vacas vacías se las seleccionara, no es lo mismo aquella que no ha criado (gorda) que la que, siendo sana, presenta bajo estado corporal y seguramente sus problemas pasan por la alimentación.

*En el mismo momento se saca sangre para el diagnostico de Brucelosis, se mira el estado corporal (puntuación de 1-5 en base a la grasa subcutánea), se clasifica las preñeces (cabeza, cuerpo y cola), se mira los dientes y por ultimo una vez realizado el trabajo se vuelca toda la información a un programa de informática, que nos permite sacar estadísticas y realizar una proyección a futuro*

- Una alternativa es el brusco estacionamiento del servicio que puede determinar un menor número de terneros al año siguiente.

- Otras alternativas son un servicio complementario de invierno transitorio o el acortamiento gradual del servicio, 15 días por año por ejemplo, pero que derivara en un mayor tiempo para organizar el servicio.

### **Ordenamiento del rodeo de vacas previo al servicio**

Para realizar un adecuado trabajo de selección de vientres a entorar es necesario controlar el rodeo durante la parición, que permita identificar vacas que han sufrido diversos inconvenientes: abortadas, vacas que parieron terneros muertos, con dificultades de parto, con ternero muerto la primer semana de vida, las que perdieron preñez, enfermas y vacas viejas, que se conocerán por boqueo.

### **Manejo del rodeo después del servicio**

Una vez retirados los toros, el rodeo de vacas con cría al pie y vaquillonas de primer servicio deberán tener prioridad en la alimentación, pues es distinto su requerimiento al de las vacas sin cría, vacas de descarte y toros.

## **Manejo de la reposición**

En un rodeo estabilizado debemos tener en cuenta la cantidad de vientres que damos de baja año a año para poder mantener el número en producción y no descapitalizarnos, aparecen vacas enfermas, muertas, viejas, vacías o que abortan y de acuerdo a nuestro patrón de selección nos determina el número de vacas que sacaremos de servicio y por lo tanto debemos reponerlas.

No hay una receta fija para esto y cada sistema debe tener previsto este rubro.

Un patrón muy bueno de selección sería por fertilidad, eliminar toda vaca vacía al tacto.

*Las vacas que no presentan terneros al final de la parición, pueden tener problemas de enfermedades reproductivas. Es recomendable eliminarlas.*

Otro rubro que debe ser tenido en cuenta para dar de baja, son las vacas que no presentan terneros al final de la parición. Éstas pueden tener problemas de enfermedades reproductivas y por lo tanto es recomendable eliminarlas.

Todo esto nos determina un porcentaje de vacas que no tendremos que reponer para mantener nuestro stock de vientres.

La reposición puede efectuarse con vaquillonas de nuestra propia producción, o bien compra de vientres. En este caso nos ocuparemos de la reposición propia y el manejo de las vaquillonas, así como también las diferentes edades de entore.

## **Selección de terneras**

Lo más conveniente es realizar la selección sobre la cabeza del rodeo debido a que son terneras provenientes de las vacas que se preñan más temprano y por lo tanto son más fértiles. Esta es una característica que se hereda y por lo tanto estamos realizando una primera selección por fertilidad. Si nos vemos obligados a vender esta ternera, es conveniente elegir la reposición del cuerpo de parición y no de la cola, para evitar seleccionar en contra de la fertilidad. Por supuesto que debemos tener en cuenta el tipo y tamaño de la ternera seleccionada.

## **Época de servicio**

La época de servicio y la edad, son dos factores que en el sistema funcionan juntos, pero en este caso lo analizaremos por separado.

- Servicio de invierno: El servicio de invierno (junio, julio y agosto), determina la parición de otoño (marzo, abril y mayo), una época en que la mayoría de los campos tienen una buena disponibilidad forrajera. Esto significa que la primera fase de la lactancia estará cubierta por esta disponibilidad. Pero el problema se presentará en la segunda parte donde los requerimientos aumentan, coincidiendo con la baja disponibilidad de invierno y el comienzo del segundo servicio. Si la disponibilidad en esta fecha no es buena las vaquillonas alargan el anestro (ausencia de celos) y el servicio se resiente, lo que determina un bajo porcentaje de preñez.

Una alternativa muy utilizada es atrasar el segundo servicio y realizarlo en primavera, de esta manera se le da a la vaquillona un período más largo de recuperación, pero esto no ocurrirá si no hay pasto suficiente en cantidad y calidad. En esto es muy importante el efecto que produce el adelantamiento del destete en la recuperación de la vaquillona y lograr alcanzar el peso adulto lo antes posible.

Por lo tanto debemos tener en cuenta, antes de encarar el servicio de invierno, la disponibilidad de forraje en cantidad y calidad, de manera de asegurar una buena lactancia, un correcto desarrollo y un buen resultado en el segundo servicio.

- Servicio de primavera: Este es el servicio más seguro en la mayoría de los campos de nuestra zona, debido a que la parición se produce a la salida del invierno y por lo tanto la segunda fase de la lactancia y el segundo servicio coinciden con la primavera lo que asegura la disponibilidad en cantidad y calidad del forraje necesario.

Un punto a tener en cuenta es que el período previo al parto y primera fase de la lactancia puede sufrir cierto deterioro en el estado por ocurrir en invierno y con baja disponibilidad. Si bien la vaquillona luego se recupera rápidamente, no debemos permitir que el estado se deteriore al extremo de que aparezcan problemas en la parición o debilidad que alargue los partos.

Si esto ocurre, será muy difícil que la vaquillona se recupere a tiempo para el segundo servicio y podemos tener problemas de preñez futura, aumentar la cola de parición y comprometer la llegada al peso adulto. Una pérdida de estado leve no afecta el segundo servicio porque la mejora de la alimentación en primavera asegura la aparición de celos fértiles.

- Consideraciones generales: *Cualquiera sea la época que elijamos para dar servicio, debemos tener prevista la alimentación posterior al parto de manera de lograr un buen ternero, un buen desarrollo de la vaquillona y una buena preñez en el segundo servicio. Si no lo hacemos, el resultado puede ser muy malo y lo que es peor, muy caro, afectando el resultado general del establecimiento.*

### **Edad al primer servicio**

Definir la edad al primer servicio es un tema que está muy ligado a la época de entore y generalmente uno afecta al otro. Por otro lado esto también define la época de nacimientos y por lo tanto debemos ser muy cuidadosos en la elección y conocer bien nuestro sistema de producción y nuestro campo para no cometer errores que comprometan al sistema.

*En nuestra zona es muy común entorar la vaquillona entre los 20 y 27 meses, siendo esta última la más común por ser la más simple y segura.*

Desde hace algunos años varios establecimientos llevan a cabo un servicio anticipado con entore a los 15 a 18 meses logrando buenos resultados y eliminando una categoría improductiva del campo. Por eso en esta etapa nos referiremos a los servicios de 22, 27 y 15 meses refiriéndonos a los cuidados que hay que tener en cada caso y comparar ventajas y desventajas de cada uno.

- Entore de 27 meses: Este es el entore más común en nuestra zona. Esto no responde a un capricho si no a la adaptación de los sistemas de producción de la zona, a los campos de la zona.

Esperar el desarrollo de la vaquillona a los dos años y entorarla a la misma época que la vaca asegura una buena preñez, un buen desarrollo posterior y un buen resultado al segundo servicio, sin necesidad de alimentación diferenciada ni cuidados especiales. Por otro lado obtendremos un ternero similar al del rodeo general y en la misma época, facilitando el manejo y utilizando menos potreros.

Este sistema es el menos eficiente en cuanto a términos económicos debido a que se tienen una menor cantidad de terneros por cantidad de cabezas en el campo.

- Entore de 22 meses: Este es un entore que se realiza en invierno con vaquillonas que van a cumplir dos años. Se entora una partida de mayo o junio.

Éste es un servicio bastante común en nuestra zona, por que adelanta un poco la entrada en producción de esta categoría y permite tener un ternero más temprano que se puede vender antes.

Hay que tomar algunos recaudos con este servicio, como todo servicio de invierno, debemos prever la alimentación durante la lactancia y el segundo servicio, ya que si no, los resultados de preñez pueden resentirse mucho y no justificar este adelantamiento.

La parición de otoño hace coincidir los mayores requerimientos de esta categoría con la menor producción de forraje. Si no prevemos esto se resentirá la producción de leche y por lo tanto el desarrollo del ternero.

- Entore de 15 meses: Para realizar este entore con éxito se deben tener en cuenta algunos factores que en los otros sistemas no tienen tanta importancia. Es fundamental seleccionar terneras que tengan un muy buen desarrollo, en general terneras cabezas, de esta manera nos aseguramos llegar sin complicaciones al estado adulto.

Para esto debemos poner un piso de comienzo de entore de no menos de 280-290 kilos, teniendo en cuenta el tamaño de nuestro rodeo.

Otro tema que adquiere suma importancia es la alimentación, nos debe asegurar una buena ganancia de peso y lograr terminar el servicio con 320 kilos y llegar al parto con 380 a 400 kilos. Algo que adquiere vital importancia en la cantidad de terneros logrados es el tamaño de los toros seleccionados. Se debe tener especial cuidado en el peso del ternero al nacimiento.

*En esta categoría es muy importante la alimentación posterior al parto para lograr un buen resultado al segundo servicio, asegurar el correcto desarrollo de la vaquillona para lograr sin problemas el peso adulto y lograr un ternero normal.*

### **Manejo durante el destete:**

Es la principal herramienta de manejo que dispone el criador, para regular su sistema de producción.

Adquiere una importancia fundamental en nuestra zona, donde la disponibilidad de forraje posterior al destete es muy baja.

El destete artificial tiene como fin otorgarle a la vaca un descanso previo al nuevo parto, para recuperar estado. Esto en general coincide con el fin del otoño climático y los 8 a 10 meses de edad del ternero.

De esta manera se logra aliviar a la vaca, disminuyendo los requerimientos de la misma al anular la lactancia, permitiéndole prepararse mucho mejor para afrontar la entrada del invierno y la menor disponibilidad de alimentos.

Cuanto más temprano se realice el destete, le damos más tiempo a la vaca para que se recupere para la próxima lactancia.

Med. vet. Mario Eloy Labarere

# MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS EN BOVINOS

M.V. Facundo Becaluba. 2006. Especialista en Reproducción, Bs. As.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Inseminación artificial](#)

## INTRODUCCIÓN

El desenvolvimiento de métodos de sincronización de celos en bovinos con la manipulación del ciclo estral que permitan la utilización de forma eficiente a la Inseminación Artificial, a constituido un desafío para la Medicina Veterinaria.

Para que los métodos de sincronización de celos en bovinos sean utilizados se debe tener en cuenta el costo de las hormonas utilizadas y el porcentaje de preñez, en definitiva tener en cuenta la relación costo/beneficio de los animales tratados.

La primera propuesta referente a un método capaz de manipular al ciclo estral de la vaca partió de Christian y Casida en 1948 que surgieron con la utilización de la progesterona con el fin de bloquear la función reproductiva. A partir de la suspensión de la medicación buena parte de los animales presentaron síntomas de celo. Más tarde en 1968 Wiltbank y Kasson verificaron que la adición de un estrógeno (Valerato de estradiol) al inicio del tratamiento a través de su efecto luteolítico, aumentaba la incidencia de celos en los animales tratados y permitía la reducción del periodo de bloqueo con progesterona.

En 1972 Rowson et al. propusieron un protocolo para sincronización de celo en bovinos utilizando Prostaglandina F<sub>2α</sub> como agente luteolítico.

Los estudios de las sincronizaciones de celo en bovinos fueron conducidas en dos direcciones principales, ambas fueron interfiriendo en la duración del ciclo estral. Los métodos que comprenden la utilización de agentes luteolíticos que lleva a una anticipación a la regresión del cuerpo lúteo y el consecuente acortamiento del ciclo, y el proceso de alargamiento del ciclo con una simulación de diestro a través de la administración de progestágenos.

Independientemente de la vía de administración Boyd et al (1973) verificaron que tratamientos con progestágenos por periodos largos (16 días) resultaban en mejor sincronización de celos pero con índices de concepción peores a la inseminación. Cuando el período de tratamiento es de aprox. (9 días) se obtiene peor sincronía pero con mejores índices de concepción.

Pursley et al. (1997) demostró que el momento de ovulación en ciclos inducidos con prostaglandinas presenta grandes variaciones. Por este motivo la detección de celo se hace imprescindible cuando se pretende adoptar la inducción de ciclos con ovulación y inseminación artificial.

Para programas de inseminación artificial en momentos pre- determinados debe darse la preferencia a la hormonoterapia que promueven ovulaciones con mejor uniformidad de tiempo.

## MECANISMOS REGULADORES DE LA FUNCIÓN REPRODUCTIVA

En los mamíferos el hipotálamo tiene un comando central de regulación de la función reproductiva. Estímulos endógenos, principalmente a través de las variaciones en las concentraciones sanguíneas de determinadas hormonas sexuales, así como efectos endógenos, como por ejemplo, nivel nutricional, luz, temperatura ambiental, bioestimulación, ejercen un efecto positivo o negativo sobre la producción y liberación de GnRH, por parte del hipotálamo. La GnRH llega a la hipófisis a través del sistema porta hipofisiario alcanzando su lóbulo anterior donde regula la producción de las gonadotropinas FSH (folículo estimulante) y LH (luteinizante).

Luego de la pubertad las vaquillonas comienzan a desencadenar eventos cíclicos regulados por la liberación de la GnRH. Los estímulos de liberación de la FSH promueven el crecimiento folicular en forma de ondas, generalmente son 2 o 3 durante un ciclo estral, lo que lleva al aumento en la concentración de estrógeno debido al crecimiento de los folículos. El crecimiento folicular induce a una mayor concentración de estrógeno que termina regulando la liberación de LH. La liberación de LH ocurre en forma de pico, aproximadamente 6 hs antes de ocurrida la ovulación.

Inmediatamente después de la ovulación, por la influencia de la LH, comienza el proceso de luteinización de las células de la teca interna del folículo. Se inicia entonces el crecimiento del tejido lúteo con la formación del llamado cuerpo amarillo responsable de la secreción de progesterona que ejerce un efecto negativo principalmente sobre la liberación de LH. Este cuerpo amarillo va a desaparecer por efecto de la hormona prostaglandina F<sub>2α</sub>, la cuál va a ser secretada por el endometrio, la cual tiene un efecto luteolítico y va a ser que el mismo regresione. Una vez que desaparece el bloqueo ejercido por la progesterona, se restablece nuevamente el ciclo.

## MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS

Según Patterson et al (2000) la evolución de los métodos para el control del ciclo estral en la vaca, puede ser ordenado en 5 fases distintas. La primera comprende todas investigaciones con el sentido de prolongar la fase lútea a través de la administración de progesterona exógena. Con el tiempo estos métodos pasaron a contar con una asociación de estrógenos y gonadotropinas. La tercer fase esta caracterizada por la utilización de prostaglandinas con el fin de acortar la fase lútea, la cuarta fase seria aquella en la que fueron desarrollados los métodos con la asociación de progestágenos y prostaglandinas. La denominada quinta fase surgió por estudios mas recientes de las ondas foliculares que mostraron que el control del ciclo estral en la vaca requiere la manipulación no solo de la fase lútea sino también del crecimiento folicular.

Dentro de las ventajas de la sincronización de estros en bovinos podemos citar las siguientes:

- ◆ Concentración de animales en estro en un corto periodo
- ◆ Racionalización de la IA principalmente en vacas de carne.
- ◆ Concentración y reducción del periodo de parición.
- ◆ Manejo de los alimentos disponibles de acuerdo con la época del año y las categorías de animales.
- ◆ Facilitar la formación de test de evaluación zootécnica para posibilitar la compra de individuos con intervalos reducidos entre los nacimientos.
- ◆ Registro de los terneros, facilitando las prácticas de manejo y comercialización.

Los principales factores limitantes a una mejor expansión en la utilización de los protocolos de sincronización de los protocolos de sincronización de celos y ovulación en vacas, esta asociado relativamente a los altos costos de las hormonas; desconocimiento por parte de los técnicos sobre los mecanismos fisiológicos que rigen la función reproductiva de la vaca, situaciones frecuentes en nuestro sistema de producción con periodos de restricción alimentaría, así como una pequeña reducción de la fertilidad de los animales después de los celos inducidos.

Cuando se va a implementar un programa de sincronización tenemos que caracterizar al grupo de animales que serán tratados. Esta clasificación se da básicamente considerando si se trata de vaquillonas o vacas con cría al pie y el estado del ovario. Determinados protocolos que pueden ser utilizados en vacas o vaquillonas cíclicas, son inadecuados en hembras acíclicas.

Actualmente existen 2 grupos de preparaciones hormonales disponibles en el mercado que pueden ser utilizadas para sincronizar celos en los bovinos:

- 1-Progestágenos que tienen como efecto principal un bloqueo hipotálamo-hipofisiario simulando una fase lútea.
- 2-Prostaglandinas y sus análogos que actúan como agente luteolítico sobre el cuerpo lúteo

## PROTOCOLOS CON PROGESTÁGENOS

### Bloqueo a través de la administración de MGA (Acetato de Melengestrol)

Existen variaciones en cuanto a los protocolos que utiliza el MGA. En 1994 Anderson y Day propusieron una administración diaria de MGA durante 14 días. Luego se verifico que reduciendo el periodo de tratamiento se obtenía mayor fertilidad.

Actualmente los protocolos mas recomendados, preveen la administración de 0,5mg de MGA por cabeza por día durante 7 días mesturado con una ración. En el séptimo día luego de la suspensión del MGA se administra prostaglandina (dosis recomendada por el fabricante) provocando la lisis del cuerpo luteo de animales que ya estaban ciclando al comienzo del tratamiento. Cuatro días después de la aplicación de prostaglandina, con el objetivo de inducir la ovulación o luteinización folicular, se administra GnRH. La inseminación artificial es realizada luego de la detección de celo, 48 a 96 hs posteriores a la aplicación de prostaglandina.

Este protocolo esta indicado principalmente para vaquillonas próximas al inicio de la pubertad o ya púberes y en vacas acíclicas posparto.

### Bloqueo a través del implante subcutáneo de Norgestomet

El Norgetomet es un potente progestágeno sintético que es utilizado de forma de implante subcutáneo el cual contiene impregnado 3 mg (Crestar) del principio activo.

El primer implante que surgió en el mercado fue el Syncromate B, el cual contiene 6 mg de Norgestomet.

Estos implantes se aplican en la cara dorsal de la oreja del animal, permaneciendo por 9 días. Cuando se coloca el implante se administran 5mg de Valerato de Estradiol y 3 mg de Norgestomet, el primero para promover la luteolisis de un eventual cuerpo luteo y sincronizar la onda de crecimiento folicular, y el segundo con el intento de promover altas concentraciones de Norgestomet en el inicio del tratamiento, promoviendo con esto de inmediato el bloqueo hipotalámico-hipofisiario. En caso de posibles animales cíclicos del grupo tratado, se recomienda cuando se retira el implante la aplicación de una dosis de prostaglandina.

Para vacas, las cuales se sabe que están acíclicas, se indica en este momento la administración de 400 a 700 UI de eCG.

La inseminación artificial se realiza en un tiempo predeterminado, aproximadamente 50 hs posteriores al retiro del implante.

### **Bloqueo a través de la utilización de dispositivos intravaginales**

Actualmente en el mercado se encuentran disponibles diferentes tipos de dispositivos intravaginales los cuales contienen concentraciones variadas de progesterona, como por ejemplo tenemos: CIDR-B (1,9 g de progesterona), PRID (1,55 g de progesterona), DIB (1 g de progesterona), DISPOCEL (1 g de progesterona), etc.

Uno de los más utilizados es el CIDR-B. Este dispositivo consta con un implante en forma de T de silicona con un molde de nylon impregnado con 1,9 g de progesterona. La mucosa vaginal absorbe aproximadamente 0,5 a 0,6 mg de progesterona al día, determinándose esta forma el bloqueo hipotalámico-hipofisiario.

El dispositivo es introducido en la cavidad vaginal a través de un aplicador semejante a un espejo que mantiene las extremidades de la T aproximadas a manera de facilitar su introducción. La extremidad distal del CIDR contiene un filamento de nylon que al final del periodo de utilización sirve para la remoción del dispositivo por tracción.

El protocolo tradicional de utilización del CIDR preconiza la permanencia del dispositivo en la cavidad vaginal por un periodo de 9 días. En el día de aplicación del dispositivo se recomienda la aplicación intramuscular de 2 mg de Benzoato de Estradiol, principalmente con el objetivo de sincronizar el crecimiento folicular. En este mismo momento se administran 50 mg de progesterona vía intramuscular para auxiliar el inicio del bloqueo. Para grupo de animales cíclicos que serán tratados, se hace necesaria la aplicación de prostaglandina al momento de la retirada de los dispositivos. Como auxiliar del desencadenamiento de la ovulación, es de utilidad la administración de 1 mg de Benzoato de Estradiol intramuscular en el décimo día del protocolo, realizando la inseminación artificial a tiempo fijo cercano a las 50 hs posteriores a la retirada del dispositivo.

Existen protocolos que prevén la sustitución de Benzoato de Estradiol por dos aplicaciones de 100 mcg de GnRH, siendo la segunda realizada en el momento de la inseminación artificial.

En vacas que están amamantando terneros con gran probabilidad de que se encuentren en estado de aciclia, al momento de retirar el CIDR, en vez de prostaglandina, se recomienda la aplicación de 400 a 700 UI de eCG, realizando un destete temporario de los terneros por 48 hs. En el décimo día del protocolo se inyecta por vía intramuscular 1 mg de Benzoato de Estradiol, realizando la inseminación artificial a tiempo fijo 24 hs después.

## **PROTOSCOLOS CON PROSTAGLANDINAS**

### **Doble aplicación de prostaglandinas en la totalidad de los animales**

El método tradicional de utilización de las prostaglandinas con el objetivo de sincronización de celos, prevén la utilización de dos dosis de hormona aplicada con un intervalo de 12 a 14 días. La primera aplicación en rodeos cíclicos normalmente el efecto luteolítico se da aproximadamente en el 60% de las vacas. Con la segunda aplicación de prostaglandina se introduce en estro a la totalidad de los animales. A partir de las 48 hs de la segunda aplicación se comienza a detectar celo e inseminar por 2 a 3 días.

### **Doble aplicación de Prostaglandina con inseminación después de la primera y segunda dosis**

Este método consiste en una variante del procedimiento descrito anteriormente utilizado para inseminar vacas que entran en celo después de la primera aplicación de prostaglandina. Los animales son observados después de la primera aplicación por doce días. Los que no se detectaron en celo, reciben una segunda dosis de prostaglandina y son inseminados cuando demuestran el celo, que se da la mayoría de las veces entre las 48 y 96 hs. A pesar de la economía de la hormona, tiene como desventaja en relación al método original la observación de un periodo más largo de celos.

### **Aplicación única de prostaglandina después de un periodo de observación de celos**

Este protocolo se basa en la observación de celos de las vacas en un periodo de 7 días e inseminación de las verificadas en celo, siendo aplicada al séptimo día una dosis de prostaglandina en todas las vacas que no ciclaron. El periodo de observación de siete días debe dar tiempo para que todas las vacas en el momento del segundo tratamiento se encuentren en diestro.

Todos los protocolos con prostaglandinas solamente son indicados para animales cíclicos, resultando en completo fracaso cuando lo aplicamos en animales con condiciones nutricionales deficitarias y en estado de aciclia.

[Volver a: Inseminación artificial](#)

## **Método y aplicación de la inseminación artificial en bovinos**

**Noris Roa, MV, MSc**

*Reproducción Animal. Producción Animal. Ceniap. INIA.  
Maracay, Venezuela. nroa@inia.gov.ve*

La técnica de la inseminación artificial (IA) es una herramienta que permite el uso de semen de machos que presenten características zootécnicas superiores, con la consecuente producción de mayores cantidades de hijos de los mejores toros; por ello, la IA como práctica zootécnica, acelera el mejoramiento de la ganadería.

Para el establecimiento de un programa de IA en las fincas, es necesario que el ganadero tome conciencia de su importancia y de las alternativas que existen actualmente para establecer con éxito un buen programa de IA. Para garantizar buenos resultados en el desarrollo de los programas de IA, debemos formar prácticos inseminadores, capaces de realizar con responsabilidad sus funciones dentro de la finca.

### **FORMACIÓN DE PRÁCTICOS INSEMINADORES**

Los prácticos inseminadores deben poseer los conocimientos teórico-prácticos indispensables para que puedan ejecutar con éxito la técnica de IA. Asimismo, debe conocer aspectos básicos referentes a la historia y desarrollo de la IA en Venezuela y en el mundo, ventajas y desventajas de la técnica para el mejoramiento de la ganadería, conocimientos básicos de la anatomía y funcionamiento del tracto genital de la vaca, la detección del celo y el momento óptimo de la inseminación. Igualmente debe comprender el manejo de requisitos previos para el desarrollo de la IA como lo es un sistema de registros, instalaciones, materiales y equipos adecuados, entre otros, siempre bajo la estricta supervisión del Médico Veterinario.

Los prácticos inseminadores deben desarrollar la destreza necesaria en el manejo y deposición del semen de pajuelas en el tracto genital de la vaca, así como en el manejo e interpretación de registros reproductivos. También, debe saber aplicar sus conocimientos y conocer su campo de trabajo. No debe sobre estimar sus habilidades,

ya que es peligroso creerse un experto en el amplio campo de la reproducción animal y de todos los problemas que afectan a la vaca, por lo que debe abstenerse de experimentar por cuenta propia.

El práctico inseminador debe ser capaz de:

- Conocer la importancia, justificación y beneficios de la IA con semen congelado en pajuelas.
- Conocer las ventajas de la IA en relación con la monta natural.
- Manejar conceptos básicos de la anatomía del tracto genital de la vaca, las características y detección del celo, momento óptimo de la inseminación artificial del ganado bovino.
- Manejar con cuidado y en forma adecuada los equipos y materiales utilizados en la IA del ganado bovino.
- Realizar las anotaciones de campo de las detecciones de celo e inseminaciones realizadas del ganado bovino.
- Ejecutar la IA en ganado bovino bajo la dirección y supervisión de un Médico Veterinario.

## **DEFINICIÓN DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL**

La inseminación artificial (IA) en el ganado bovino se define como una técnica para la reproducción que consiste en colocar semen procesado, procedente de un toro sano, en los genitales de una vaca sana, en celo, utilizando instrumental destinado para tal fin.

Durante la monta natural, un toro eyacula en la vagina de la vaca; así se puede obtener una preñez y posiblemente un becerro. Si ese eyaculado es recolectado, procesado y congelado adecuadamente, se pueden obtener entre 140 y 210 dosis de inseminación, con las que pueden preñarse unas 100 vacas y obtener unos 90 becerros, con ese solo eyaculado.

Usando mejores toros, obtendremos muchos hijos de superior calidad genética, lo que se expresa en más kilos de carne, más litros de leche, mejor conformación fenotípica, mejor conversión de alimentos, y en general, mejores características productivas, siempre y cuando se garanticen adecuadas condiciones sanitarias y alimenticias para que se pueda expresar el potencial genético del animal.

## **VENTAJAS DE LA IA**

**Mejoramiento Genético (ventajas genéticas).** Al emplearse semen de toros “probados” cuya calidad genética ha sido comprobada por medio de pruebas de progeñe o descendencia, se espera un mejoramiento del tipo y una mayor producción de leche y carne.

Los toros utilizados en monta natural dejan unas 300 crías durante su vida reproductiva, pero si se usan en IA, su descendencia puede llegar a ser cientos de veces

512 / *Noris Roa*

mayor. Además, si el toro muere se cuenta con el semen que se tiene congelado y almacenado (200.000 crías de 1 toro probado), es decir, permite la prueba de toros.

**Prevención de enfermedades genitales (ventajas sanitarias).** Al evitar el contacto directo entre la hembra y el macho se previene el contagio e introducción de enfermedades tales como la tricomoniasis genital, campilobacteriosis, leptospirosis y otras.

**Innecesaria Importación de toros (ventajas económicas).** Al traer reproductores se corren algunos riesgos, entre ellos el peligro de aclimatación e introducción de enfermedades y los costos del mantenimiento de estos toros en la finca; en cambio la importación ó compra de semen nacional es más barato y fácil de realizar.

**Mayor Control Reproductivo (ventaja económica).** La utilización de IA conlleva el examen genital periódico de los animales y el tratamiento o eliminación de aquellos que presentan infecciones uterinas. También se hacen correcciones de deficiencias nutricionales especialmente en el campo del fósforo y otros minerales. Los toros se controlan, mediante el análisis continuo del semen.

**Mayor Número de Sementales Disponibles (ventaja económica).** En monta natural, generalmente se tiene 1 toro para 25 ó 30 vacas. Por IA se puede mantener en el termo de nitrógeno líquido una cantidad considerable de semen de varios toros, de acuerdo con el tipo de vacas y con el propósito que se fije.

**Mayor Rendimiento Económico (ventaja económica).** Al emplear semen de toros probados, estos transmiten su elevada capacidad de producción lechera, cárnica o de doble propósito y buenas características fenotípicas, lo cual redundará en un mayor beneficio económico. Además los costos de capital, el sostenimiento y riesgos que implica el cuidado de los toros, desaparecen con la IA.

La Inseminación Artificial estimula al ganadero a mejorar la alimentación del rebaño, su manejo y su supervisión.

## DESVENTAJAS DE LA IA

La IA como técnica para el manejo y reproducción del ganado no tiene ninguna desventaja, siempre que sea desarrollada en forma correcta; las ventajas no aprovechadas pueden así convertirse en desventajas. Su única limitación es la necesidad de requerir un personal debidamente capacitado y responsable para aplicar la técnica de manera cabal.

## PROCEDIMIENTO DE INSEMINACIÓN

Asegurar la vaca (brete, manga o collera) y confirmar la identificación del animal. Revisar la información disponible de la vaca y el estado de celo. Revisar el material y equipos a utilizar. Ubicar el semen a utilizar. Preparar el termo de descongelación con agua potable a 35°C. Extraer la pajuela de semen congelado del tanque, sumergirla de inmediato en el agua del termo de descongelación y mantenerla durante 40 segundos. Secar con sumo cuidado la pajuela con una toalla de papel desechable. Verificar su integridad.

Preparar la pistoleta de inseminación y frotarla con una toalla de papel. Retirar el émbolo hacia atrás (15 a 20 centímetros). Si es una pistoleta con anillo plástico para retener la funda protectora, usar el tipo de funda abierta (corte en el extremo ancho). Si usa una pistoleta con el extremo superior enrroscado para retener la funda protectora, usar el tipo de funda cerrada (sin corte en el extremo ancho). Cuando se use fundas protectoras para pajuelas medianas con adaptador plástico interno, colocar primero la pajuela en el adaptador, lo que evita el reflujo de semen, y luego introducir la punta de la pajuela (con el tapón) dentro de la pistoleta. Proteger la pistoleta cargada, del sol y el ambiente, envolviendo el extremo en una toalla de papel desechable. Introducir un guante de plástico desechable sobre el brazo de palpar (comúnmente el izquierdo). Lubricar ligeramente el guante plástico con lubricante obstétrico, agua ó bosta de la misma vaca. Introducir la mano enguantada a través del ano, hacia el recto, con los dedos en forma de cuña. Eliminar el exceso de bosta para limpiar el recto sin sacar la mano del recto, ya que de lo contrario se embalona con aire. Si esto ocurre trate de formar un pliegue del recto (mucosa) y hálelo hacia el ano.

Localizar el cérvix. Limpiar la vulva con una o más toallas de papel desechable (secas). Solo en caso necesario lave el exterior con agua, ya que el agua daña el semen. Separar los labios de la vulva, presionando hacia abajo y atrás con el antebrazo desde el recto. Introducir la punta de la pistoleta de inseminación a través de la vulva en ángulo de 45° dirigiéndola hacia el techo de la vagina, evitando penetrar por error, el divertículo sub-uretral o la uretra ubicada en el piso del vestíbulo vulvo-vaginal. Deslizar la pistoleta horizontalmente hacia delante siguiendo la dirección de la vagina. Con la mano que fija el cérvix empujar éste hacia delante para estirar y eliminar los pliegues de la mucosa vaginal hasta llegar al cérvix. Localizar su orificio de entrada y cierre sus dedos (pulgar, índice y medio) en forma de círculo por detrás del cérvix, ubicando el orificio hacia el centro y evitando los fondos de saco ciegos alrededor del orificio cervical. Si el método descrito falla, asegure el cérvix con sus dedos índice, medio y anular abajo sobre el piso de la cavidad pélvica (sobre el pubis) ó hacia el lado derecho (ilion). Usar el dedo pulgar para ubicar el orificio, sienta con el dedo pulgar la punta de la pistoleta, retire el dedo e introduzca la pistoleta en el cérvix. *Si estos dos métodos no funcionan mantenga la calma y con paciencia comience de nuevo.*

Al penetrar el cérvix puede retraer el brazo con el cérvix hacia atrás para poder manipularlo y facilitar la suave entrada de la pistoleta. No debe moverse la pistoleta. Manteniendo la pistoleta fija con ligera presión aplique movimientos suaves de rotación al cérvix para atravesar los anillos internos (3-5 anillos), los cuales pueden sentirse al paso de la pistoleta. *La técnica de inseminación no requiere de la aplicación de fuerza alguna. Sólo destreza y habilidad del inseminador, acompañada de calma y cuidado, para alcanzar el blanco del inseminado y depositar el semen, sin causar daño alguno al animal.*

El blanco del inseminador. Puede ser fácilmente localizado colocando la yema del dedo índice por delante del cérvix, pasando la dura estructura cervical, donde podrá sentirse la punta de la pistoleta a través de la pared uterina. Se deposita el semen en el blanco del inseminador, a la entrada del útero, una vez pasados los distintos pliegues del cérvix. Se presiona lentamente el émbolo de la pistoleta, teniendo cuidado de no halarla. Cuente mentalmente hasta 5 (5 segundos) mientras se deposita el semen.

514 / *Noris Roa*

Si el animal se mueve, espere hasta que se tranquilice y asegúrese que la pistolaleta se encuentra en el blanco del inseminador antes de seguir depositando el semen. *Recuerde que el semen debe depositarse en el blanco del inseminador en los 15 minutos siguientes a la descongelación.*

Retire la pistolaleta, mantenga el cérvix con su mano y retire la pistolaleta suavemente. Inspeccione la pistolaleta y asegúrese que la pajuela esté completamente vacía, sin trazas de sangre, pus o suciedad. La identificación de la pajuela corresponde al toro asignado para el servicio de la vaca. Voltee el guante plástico sobre la funda, anúdelo y bótelo en el lugar adecuado (pote de basura).

Anote el servicio, asegurándose que la fecha, la identificación de la vaca, del semen utilizado y cualquier otra observación quedan correctamente anotadas.

## **APLICACIONES DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL**

Uso de líneas selectas de reproductores. Suministro a fincas con dificultades de abastecimiento de semen congelado de alta calidad genética. Prevención de enfermedades infecto-contagiosas. Uso comercial de dosis para exportación hacia países con esquemas de selección. Establecimiento de bancos de recursos genéticos o germoplasma de determinadas líneas y razas con fines de conservación, o de individuos útiles que deben ser sacrificados. Investigación.

## **LECTURAS RECOMENDADAS**

A.L.T., N.L.B.C. Artificial insemination manual for cattle. Association of Livestock Technology. National Livestock Breeding Center. Fukushima, Japan. p. 4-459. 1992.

Correa A. Manual práctico de inseminación artificial en el bovino. Federación de Estudiantes Agropecuarios de Venezuela FEAV. Comisión de estaciones experimentales FCV-UCV. Maracay, Venezuela. 26 pp. 1999.

Indulac-Inlacencia y Ministerio de Agricultura y Cría. Curso para prácticos inseminadores. Industrias lácteas Indulac y el Ministerio de Agricultura y Cría. Valle de la Pascua, Venezuela. 20 pp. 1986.

Montoya J. La Inseminación artificial en Colombia. Colanta. Antioquia, Colombia. 187 pp. 1981.

Piñate P, Soto B E, Uribe R, Vasquez LA. Manual del curso básico de Inseminación artificial en ganado lechero. Ministerio de Agricultura y Cría. Apisemen. Caracas, Venezuela. 53 pp. 1990.

Roa N, Fuenmayor C. Curso Básico de Inseminación Artificial en Bovinos. Publicaciones INIA. Serie D. N° 1. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maracay. Venezuela. 51 pp. 2001.

Viateca CA. Manual para prácticos inseminadores. Venezolana de inseminación artificial Viateca. Villa del Rosario, Venezuela. 32 pp. 1989.