



## **RESUMEN:**

### **TITULO: “TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA PROGRAMAS DE INSEMINACION ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO”**

Todos los conocimientos contemporáneos sobre la reproducción del ganado vacuno desde el punto de vista reproductivo, atendido a las condiciones específicas de la raza y medio ambiente. Relacionada a la hembra, se describen procesos fisiológicos reproductivos, ciclo sexual, hormonas que intervienen en su reproducción, los diferentes protocolos alternativos para la inseminación artificial a tiempo fijo y la intervención de la somatotropina en el proceso reproductivo que permite mejorar el índice de concepción y fertilidad, siendo una alternativa para contribuir a disminuir las deficiencias reproductivas.

Palabras claves: Inseminación Artificial a Tiempo Fijo, Protocolos de Sincronización de Celo, Somatotropina.

## **INDICE**



CONTENIDO	PAGINA
I Introducción.	5
II Objetivos.	6
III Marco Teórico	7
• Que es la inseminación artificial a tiempo fijo	7
• Historia de la I.A.	7
• Las ventajas de la I.A.	8
• Ventajas comparativas de la IATF sobre el servicio natural.	9
• Comparación económica de entre la IATF Y el servicio con toro.	10
• El aparato reproductor de la hembra.	11
• Ovarios.	12
• Oviductos	23
• Útero.	26
• Cérvix	32
• Vagina	35
• Vulva	36
• Estructuras de sostén, nervios y riego sanguíneo	37
• Procesos naturales de sincronización	41
• Hormonas reproductoras primarias de la glandula pituitaria	49
• Control de la glándula pituitaria por el hipotálamo.	52
• Hormonas gonadales	55
• Hembra	55
• Hormonas reproductoras primarias de la corteza suprarrenal.	59
• Función endocrina de la unidad uteroplacentaria.	61



• Papel de las prostaglandinas en la reproducción.	62
• La Glándula pineal.	64
• Regulación de los sitios receptores hormonales.	65
• Somatotropina como actúa y qué función cumple en la IATF	67
• El ciclo estral	70
• Pubertad	71
• Factores externos que influyen en el inicio de la pubertad.	78
• Duración del ciclo estral en el ganado vacuno.	80
• Periodos y manifestaciones clínicas del ciclo estral de los bovinos	80
• Proestro	82
• Estro	82
• Metaestro	84
• Diestro	85
• Anestro	86
• Sintomatología clínica externa del celo o estro.	87
• Control hormonal del ciclo estral.	88
• Regulación fisiológica del ciclo estral	94
• Comportamiento en el apareamiento.	99
• Hormonas sintéticas	103
• Protocolos de sincronización de celo.	104
IV Conclusión.	113
V Recomendaciones	115
VI Bibliografía	116



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA PROGRAMAS  
DE INSEMINACION ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO”**

Monografía de grado previo a la  
obtención del título de Médico  
Veterinario Zootecnista.

**Autor:**

**Torres Montenegro Freddy Bolívar**

**Tutor:**

**Dr. Manuel Soria Parra**

**CUENCA**

**ECUADOR.**

**2011**



## I. INTRODUCCION

El desarrollo del ganado vacuno, la mejora de sus características productoras y el aseguramiento de su salud, son algunas de las tareas más importantes de la ganadería, genética y medicina veterinaria. Estos problemas no son posibles resolverlos sin una reproducción dirigida, planificada, y controlada, o lo que es lo mismo, una fertilidad correspondiente que asegure y determine la producción adecuada.

Las alternativas para aprovechar el potencial reproductivo de cada individuo y de cada rebaño, tanto lechero como de carne se ha visto favorecido e incrementada gracias a la inseminación artificial a tiempo fijo.

El proceso continuo de mejoramiento de la ganadería en nuestro país se desarrolla en general gracias a modernos conocimientos de genética aplicada, trasladado hacia la población vacuna a través de inseminación artificial como el método más efectivo de mejoramiento genético y necesita entre otras cosas el perfecto conocimiento de los procesos fisiológicos reproductivos, tanto de la hembra como en el macho.



Solamente con el conocimiento de estos fundamentos fisiológicos es posible organizar, controlar, dirigir y aprovechar al máximo el potencial reproductor.

La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo se posiciona como una alternativa viable y sustentable en el tiempo.

## **OBJETIVOS.**

Para el siguiente trabajo monográfico hemos planteado los siguientes objetivos.

### **1.1 GENERAL.**

- Recopilar información actualizada sobre los nuevos programas de sincronización de celo e inseminación artificial a tiempo fijo.

### **1.2 ESPECÍFICOS.**

- Conocer los nuevos protocolos para inseminación artificial a tiempo fijo.
- Describir los usos de la somatotropina en la inseminación artificial a tiempo fijo.



## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1 QUE ES LA INSEMINACION ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO**

Definimos a la inseminación artificial como la técnica que nos permite realizar el depósito del material seminal en el tracto genital de la hembra en el momento adecuado. (11)

Biogen “La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo es una técnica mediante la cual se puede inseminar artificialmente a vacas y vaquillonas sin la necesidad de detectar celos y con buenos porcentajes de preñez.”(13)

### **2.2 HISTORIA DE LA I.A.**

La historia de la Inseminación Artificial sabemos que existen documentaciones anteriores de experimentos científicos que datan de 1780 en Italia cuando Spallanzani inseminó a una perra con éxito. Existen reportes no documentados de los árabes utilizando la I.A. en caballos desde principios de 1900 y en ganado desde 1920. A finales de los 30, ellos estaban reproduciendo miles de cabezas de ganado vacuno y ovino mediante la I.A. En 1937, el Dr. Cole de Minnesota, practicaba la primera I.A. en forma comercial en los Estados



Unidos. La primera organización de I.A. en los Estados Unidos fue la New Jersey Holstein Breeders Cooperative. (12)

### **2.3 LAS VENTAJAS DE LA I.A.**

- Mejoramiento del rodeo.
- La utilización de los mejores toros disponibles permite a la I.A. demostrar su superioridad genética sobre la base de rígidas pruebas de progenie antes de ser utilizados ampliamente.
- Facilidad de parto: por medio de la evaluación de cientos de pariciones, se utilizan aquellos sementales que consistentemente transmiten una facilidad de parto.
- Prevención y control de enfermedades: se asegura a los compradores de semen que ninguna enfermedad será transmitida por medio del semen.
- Costos: pagar por el semen de un toro que se sabe genéticamente superior ha sido probado y resulta de un costo menor, comparado con los costos de utilizar un toro no probado en monta natural, además del riesgo genético.

### **OTRAS VENTAJAS**

- Toros de gran valor, lesionados y no aptos para la monta, pueden ser utilizados artificialmente estando en condiciones





para producir semen por muchos años, de esta manera se aprovecha su valor genético ampliamente.

- No existe ninguna herramienta de manejo que ofrezca al ganadero, al productor comercial y al criador de ganado puro, el potencial de mejoramiento genético que da el uso de la I.A.
- Uso de sementales superiores, con pruebas de progenie y seleccionar los mejores del mundo es la ventaja número uno que la I.A. ofrece al ganadero.
- Cruzamiento entre diferentes razas: la I.A. le permite maximizar los beneficios del vigor híbrido mediante cruzamientos al utilizar cualquier número de toros o razas en el mismo grupo de manejo.
- Utilización de la sincronización de celos: La sincronización de celos es una herramienta en la I.A. que permite reducir los periodos de servicios y de pariciones. Permite llevar un intervalo de partos de 12 meses con mayor facilidad y los resultados son terneros más grandes al destete, con una cosecha más uniforme en edad, tamaño, peso y calidad genética.

La I.A. es una herramienta confiable para el incremento en la producción de terneros de alta calidad al incorporar semen de



probado por las pruebas de progenie de los sementales. El uso generalizado de la I.A. está jugando un papel muy importante en el mejoramiento de la capacidad genética del ganado a escala mundial. (11)

## **2.4 VENTAJAS COMPARATIVAS DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO SOBRE EL SERVICIO NATURAL.**

Radica en:

- 1.- Producir un gran impacto genético en el rodeo por la posibilidad de incluir vacas con cría en programas de IA;
- 2.- reducir el número de toros en cada servicio;
- 3.- aumentar significativamente la cabeza de parición;
- 4.- optimizar recursos humanos y cadena forrajera y
- 5.- producir terneros mas pesados y lotes homogéneos.(11)

## **2.5 COMPARACIÓN ECONÓMICA DE ENTRE LA IATF Y EL SERVICIO CON TORO.**

La comparación del servicio natural y la IATF tiene sus ventajas y desventajas, partiendo que los beneficios de la IA son fáciles de entender y están basados en el mejoramiento genético, que permite aumentar los índices productivos. Con



respecto a los beneficios económicos se generan discusiones teniendo en cuenta que el monto de la inversión y el margen, son distintos para cada caso. Sabemos que la amortización del capital en toros, más la sanidad, más el pastoreo y dividiéndolo por las vacas que preña un toro tiene sus costo. A este costo por vaca preñada del servicio convencional hay que compararlo con el costo de la IATF, cuantificando los beneficios que se obtienen al preñar el 60 % del rodeo en el primer día con la consecuente e idéntica distribución de los partos.

Se deben considerar aspectos que hacen al conocimiento de anatomía y fisiología de los aparatos reproductores del macho y de la hembra para alcanzar el éxito en el trabajo a realizar. (12)

## **2.6 EI APARATO REPRODUCTOR DE LA HEMBRA**

El aparato reproductor de la hembra, como se ilustra para la vaca en la (fig.1-) está constituido por dos ovarios y el sistema de conductos femeninos.



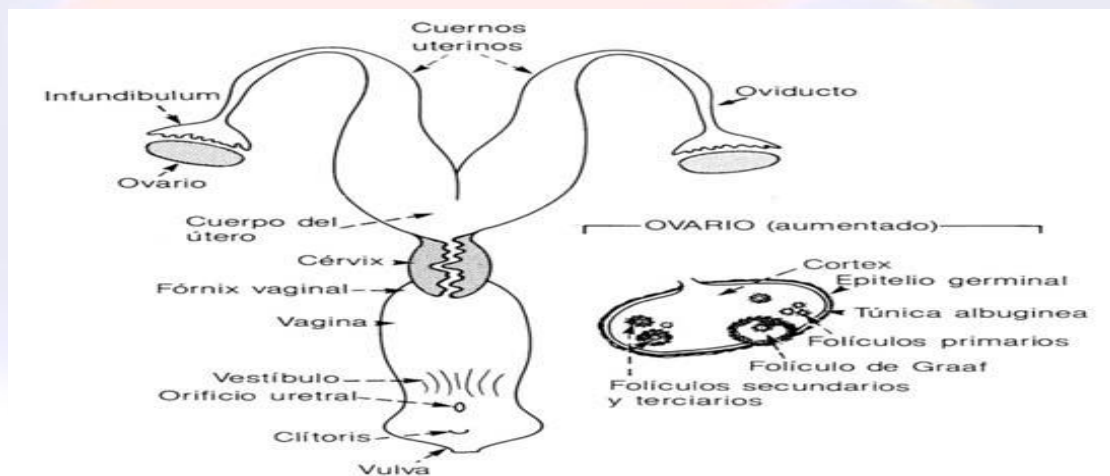
El sistema de conductos incluye los oviductos, útero, cérvix, vagina y vulva. El origen embrionario del ovario son los *cordones sexuales secundarios del borde genital*. Estos bordes genitales se ven por primera vez en el embrión como un ligero engrosamiento cerca de los riñones. El sistema de conductos se origina de los conductos de Muller, un par de conductos que aparecen durante el desarrollo embrionario temprano. En el cuadro 1- se desarrollo una vista general de los órganos de reproducción en la hembra y sus principales funciones.

### **2.6.1 OVARIOS**

Se considera a los ovarios como órganos reproductores primarios en la hembra. Son primarios porque producen los gametos femeninos (el óvulo) y las hormonas sexuales femeninas (estrógenos y progestágenos). La vaca, yegua y borrega son *monotocas*, y paren normalmente un producto en cada periodo de gestación. Por lo tanto, se produce un óvulo en cada ciclo estral. La cerda es *politoca*, produce de 10 a 15 óvulos en cada ciclo estral y da varios productos en cada periodo de gestación.

El ovario de la vaca tiene forma de almendra, pero se altera la forma por el crecimiento de los folículos o del cuerpo lúteo. El tamaño promedio es de 35 x 25 x 15 mm. El tamaño variara entre las diferentes vacas, y los ovarios activos son mas grandes que los inactivos. Por lo tanto, un ovario con frecuencia es más grande que el otro en la misma vaca. Los ovarios de la oveja también son en forma de almendra y de menos de la mitad de tamaño que los de la vaca. Los ovarios son de forma arriñonada y dos a tres veces más grande que los de la vaca

**Fig 1- Sistema reproductor y partes asociadas del sistema urinario de la vaca**



(Bearden y Fuquay)



## Cuadro 1- Órganos reproductores de la hembra y sus principales funciones.

ORGANO	FUNCIONES
<b>Ovario</b>	Producción de ovocitos Producción de estrógenos (folículo de Graaf) Producción de progestágenos (cuerpo lúteo)
<b>Oviducto</b>	Transporte de gametos(espermatozoides y ovocitos) Sitio de fertilización
<b>Útero</b>	Retiene y alimenta al embrión y al feto



<b>Cérvix</b>	Previene la contaminación microbiana del útero. Reservorio para el semen y transporte de espermatozoides Sitio de depósito de semen durante el apareamiento natural en yeguas y cerdas
<b>Vagina</b>	Órgano de copulación Sitio de depósito de semen durante el apareamiento natural en vacas y borregas Conducto del parto
<b>Vulva</b>	Abertura externa del aparato reproductor

El ovario está compuesto de *médula*, su pared externa, y *corteza*. La médula está compuesta primariamente de vasos sanguíneos, nervios y tejido conjuntivo. La corteza contiene las células y capas tisulares asociadas con el óvulo y la producción de hormonas. La capa más externa



de la corteza del ovario es el *epitelio superficial*. Este consiste de una capa simple de células cuboides, y originalmente fue llamado epitelio germinal porque se creía era el origen de las células germinales femeninas (ovogonias).

Ahora se sabe que las células germinales no se originan de esta capa epitelial, sino que se originan a partir del tejido intestinal embrionario y emigran a la corteza de las gónadas embrionarias. Justo bajo el epitelio superficial se encuentra una capa densa y fina de tejido conjuntivo, la *túnica albuginea del ovario*, y bajo ésta se encuentra el *parénquima*, conocido como capa funcional por que contiene los folículos ováricos y las células que producen hormonas ováricas.

Se acepta que todos los folículos primarios se forman durante el periodo prenatal de la hembra. El mayor número se encuentra en el feto de la cerda 50 a 90 días después de la concepción; y en los bovinos, de 110 a 130 días después de la concepción, un *folículo primario* es una célula germinal rodeada de una capa simple de células foliculares. Se localizan en el parénquima y con frecuencia se les observa en grupos llamados nidos de huevos.



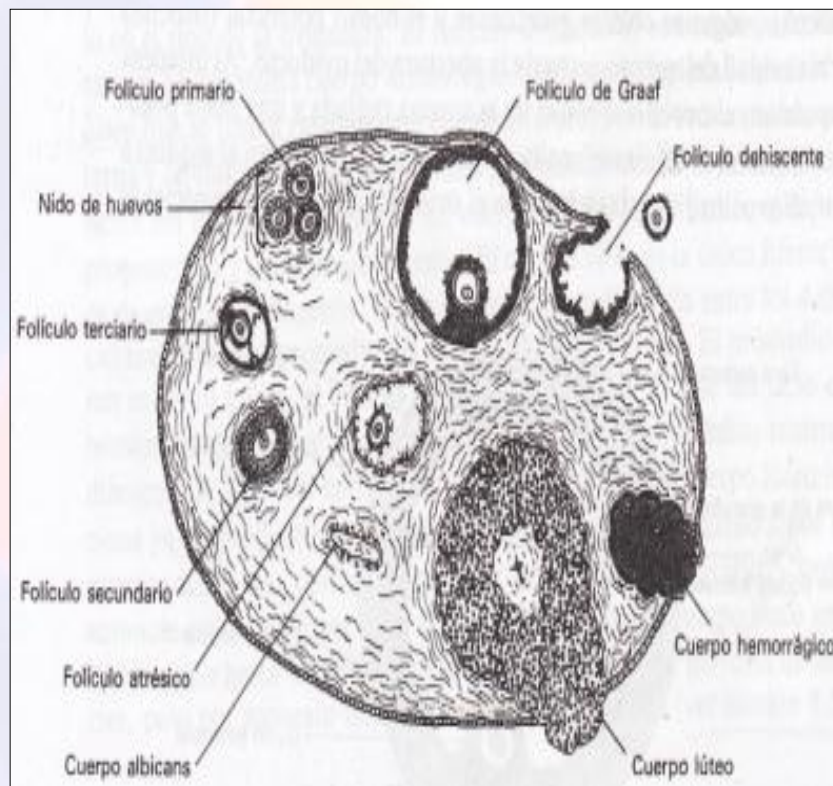


Se estima que aproximadamente 75, 000 folículos primarios se encuentran en los ovarios de una becerro. Con el continuo crecimiento folicular y la maduración a través de su vida reproductora, una vaca adulta puede tener sólo 2, 500 huevos potenciales. Algunos huevos potenciales alcanzan la madurez y son liberados del sistema de conductos para su posible fertilización y desarrollo del producto.

Y se vuelven *atrésicos* (o sea, se degeneran). Por lo tanto, el potencial reproductor de los huevos que pueden producir crías es mucho mayor del que se supone.

El folículo está en constante estado de crecimiento y maduración. Un corte histológico de la corteza de una hembra reproductora activa revelará estos estados de maduración (fig. 1 -1). El folículo primario ya se ha descrito. Este estado va seguido por proliferación de las células foliculares que rodean al huevo potencial. Un huevo potencial rodeado por una o más capas de células foliculares es el *folículo secundario*. Posteriormente en el desarrollo, se formara un antro (cavidad) por acumulación de líquido entre células foliculares logrando una separación. (1)

**Fig. 1 - 1. Diagrama de las estructuras que pueden identificarse en el corte transversal del ovario de una hembra reproductora activa. Se puede observar diferentes estados de maduración.**



(Bearden y Fuquay)



Cuando se ha formado el antro, el folículo se clasifica como *folículo terciario*. El folículo terciario maduro, que aparece como una vejiga llena de líquido sobre la superficie del ovario, también se llama *folículo de Graaf*. El líquido en el antro del folículo terciario es rico en estrógenos y se llama *líquido folicular*.

Se ha identificado varias capas celulares en el folículo de Graaf y tiene importancia funcional (fig. 1 – 2) la externa, más fibrosa, es la *teca externa*. Dentro de esta capa de encuentra la *teca interna*. Estas dos capas celulares tienen riego sanguíneo de una red capilar que puede ser diferenciada microscópicamente con técnicas histológicas de tinción especiales.

Una membrana basal separa la teca interna de la mas interior de las capas celulares, la *granulosa*, y proviene la entrada del sistema vascular dentro de esta células (fig. 1 – 3). Las células de la granulosa rodean al antro. Además, el *cumulus oophorus*, un montecillo de células granulosa, se localizan en un lado del antro. El huevo potencial descansa sobre el cumulus ooforus con otras células granulosa que se extienden alrededor del óvulo potencial. Las células

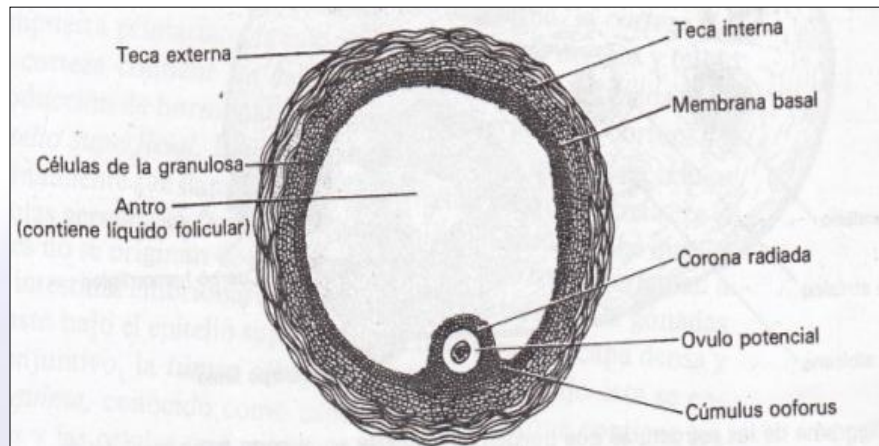


granulosas circundantes y en contacto inmediato con el huevo potencial se denominan *corona radiada*.

Tanto la teca interna como las células granulosas pueden estar comprendidas en la producción de estrógenos. Una teoría aceptada establece que las células de la teca interna producen testosteronas, que se difunden a través de la membrana basal para la conversión de estrógenos por las células de la granulosa. Estas células son las más productoras de progesterona en el cuerpo lúteo.

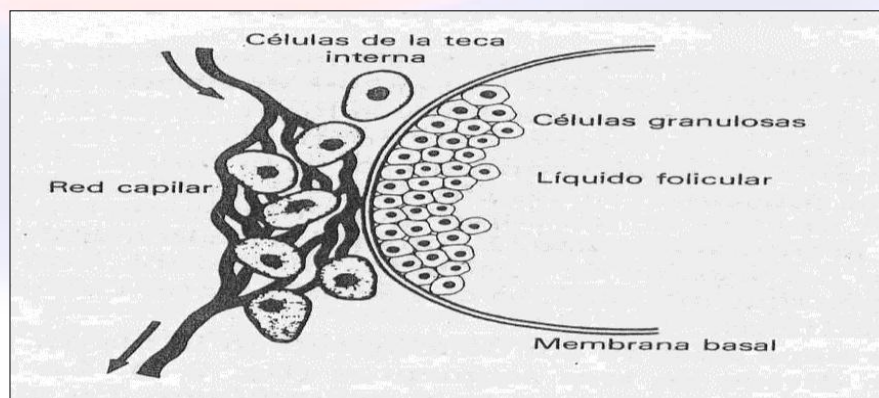
Cuando ocurre la ovulación, el folículo hace dehiscencia expeliendo el líquido folicular, algunas células granulosas y el huevo potencial (ovocito) dentro de la cavidad del cuerpo cerca de la abertura del oviducto. Al momento de la expulsión, el ovocito se rodea de la corona radiada y una masa pegajosa que contiene otras células granulosas (cumulus) que auxilian al oviducto para captar al ovocito y desplazarlo hacia el oviducto. (1)

**Fig. 1 -2. Aspectos funcionalmente importantes de un folículo de Graaf.**



(Bearden y Fuquay)

**Fig. 1 – 3. Estructura de la pared del folículo de Graaf que muestra cómo las células granulosas carecen de riego sanguíneo de la membrana basal.**



(Bearden y Fuquay)



En algunas especies la corona radiada está presente al momento de la fertilización y en otra especies, estas células son liberadas rápidamente y no están presentes en el momento de la fertilización.

Con la dehiscencia del folículo, ocurre hemorragia y se forma un coágulo en el sitio de la ovulación. El folículo dehiscente, con su cavidad llena de sangre, se denomina  *cuerpo hemorrágico*. Este es reemplazado por el  *cuerpo lúteo* que se forma rápidamente por proliferación de la teca externa, teca interna y células granulosas. Las células granulosas forman el principal componente del cuerpo lúteo; este es un cuerpo sólido, amarillento que produce progesterona.

El cuerpo lúteo es la única fuente ovárica de estos progestágenos. En una reproductora Holsteín entre los 4 días del ciclo, el diámetro promedio del cuerpo lúteo es de 8 mm. El promedio máximo es de 20.5 mm, el cual es alcanzado a los 15 ó 16 días del ciclo en una hembra no preñada y vuelve después a su tamaño promedio, teniendo un diámetro de 12.5 mm. Cuando el cuerpo lúteo involuciona ya no produce progestágenos, pierde su color



amarillento y por último aparece como una costra blanca sobre la superficie del ovario, llamándose entonces *corpus albican*. Si el animal está gestante, el cuerpo lúteo no involuciona sino hasta los últimos días de la gestación en la mayoría de las especies, pero por supuesto hay diferencias en las especies. (1)

## 2.6.2 OVIDUCTOS

Los oviductos (llamados también *trompas de Falopio*) son un par de tubos enrollados que se extiende desde cerca de los ovarios hasta las puntas de los cuernos uterinos, con los que se continúan. Sus funciones incluyen, el transporte de huevos y espermatozoides que deben ser enviados en direcciones opuestas. Además, son el sitio de fertilización y el lugar de las divisiones celulares primarios del embrión. Histológicamente contiene tres capas celulares; la más externa, básicamente de tejido conjuntivo, es la *túnica serosa*. La media, compuesta de fibras musculares lisas circulares y longitudinales, es la *túnica muscular*. La más interna de las capas que contiene células epiteliales secretoras y ciliadas es la *túnica mucosa*. El mismo arreglo



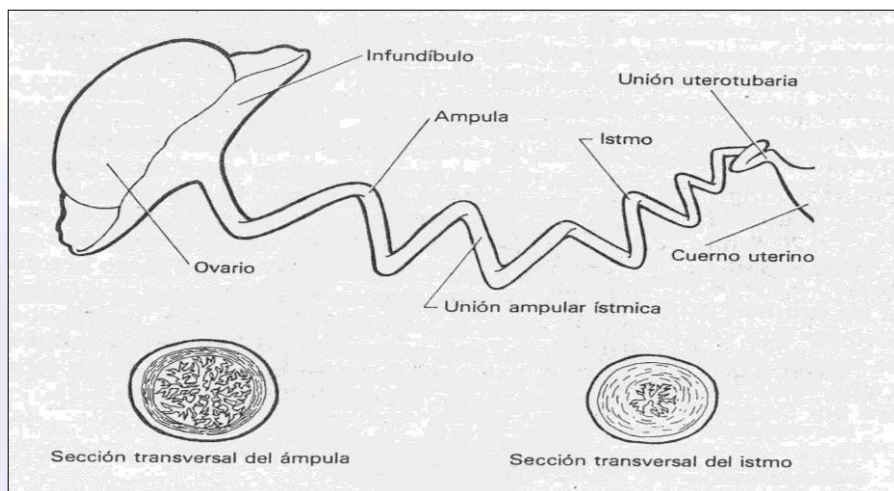
histológico básico se encuentra en el resto del sistema de conductos femeninos, con algunas diferencias en las dos capas más internas, lo que se hará notar cuando se describan estos órganos específicos.

Un oviducto, que tiene 20 a 30 cm de longitud en la mayor parte de la especie de granja, se divide en tres segmentos (fig. 1 -4). La abertura en forma de embudo cerca de los ovarios es el *infundíbulo*. En algunas especies (gato, conejo, y otros) el infundíbulo forma de una bolsa alrededor de ovario. En la vaca, borrega, cerda y yegua, el infundíbulo está separado del ovario. Hay numerosos pliegues en la mucosa y la mayor parte de las células mucosas son ciliadas. El *ámpula* es el segmento medio, tiene de 3 a 5 mm de diámetro y forma casi la mitad de la longitud total del oviducto. El revestimiento mucoso del ámpula tiene de 20 a 40 pliegues longitudinales, lo cual aumenta considerablemente el área de la luz.

**Fig. 1 -4. Anatomía del oviducto: Arriba, vista longitudinal que ilustra los aspectos macroscópicos del oviducto; Abajo, sección transversal del ámpula del istmo, en**



**comparación con el grosor de la musculatura de la pared y la complejidad de los pliegues mucosos.**



(Bearden y Fuquay)

La mayor parte de las células en la mucosa de la ampulla son ciliadas, aunque también se encuentran presentes algunas células secretorias. El ampulla se une al *istmo*, el tercer segmento, a nivel de la *unión ampular ístmica*. Esta unión es difícil de situar anatómicamente, y se ha descrito como una estructura fisiológica que retrasa el óvulo varias horas durante el transporte. A fertilización ocurre en esta unión. El istmo es más pequeño que el ampulla, con un diámetro de 0.5 a 1 mm. Posteriormente se le distingue



debido a que posee una capa de músculo liso más gruesa que la del ámpula, así como 4 a 8 pliegues mucosos. Es característica del istmo una mayor proporción de células secretorias en relación con las ciliadas. El istmo se une con la punta del cuerno uterino a nivel de la *unión uterotubaria*. En general, la actividad del oviducto es estimulada por los estrógenos e inhibida por los progestágenos. (1)

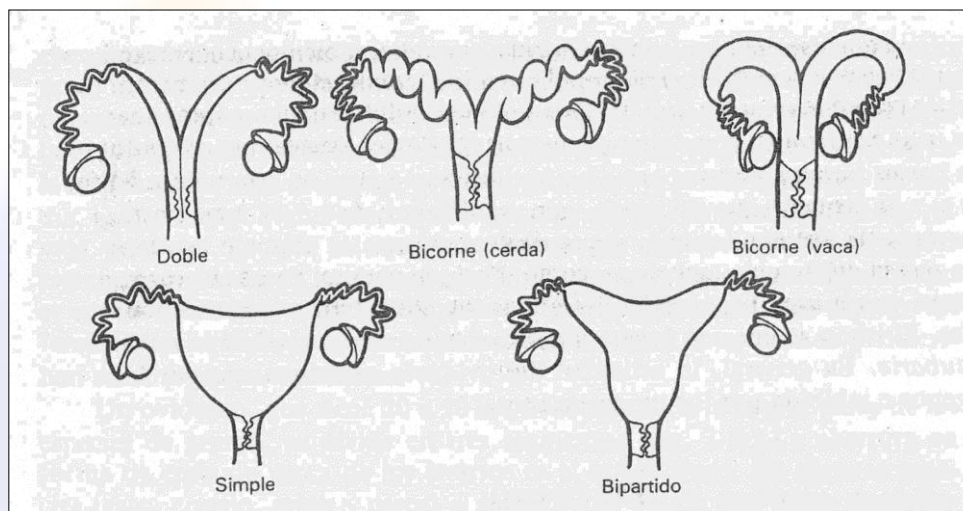
### 2.6.3 UTERO

El útero se extiende desde la unión uterotubaria de la cérvix. En la vaca, cerda y yegua la longitud total varía de 35 a 50 cm. En la cerda la vaca los cuernos uterinos representan aproximadamente 80 – 90% de la longitud total. El útero de la oveja representa menos de la mitad del tamaño que en las otras especies. La principal función del útero es retener y nutrir al embrión o feto. Antes que el embrión se adhiera al útero, la alimentación proviene del *vitelo* que contiene el embrión o de la *leche uterina* secretada por las glándulas de la capa mucosa del útero, los nutrientes y productos de deshecho son conducidos por la sangre materna y la embrionaria, o fetal, a través de la placenta.



En los animales se encuentra cuatro tipos básicos de útero (fig. 1 -5). Sólo se encuentran dos de esos tipos en los animales de granja. El *útero bicorne* se encuentran en la cerda, vaca y borrega. Se caracteriza por un pequeño cuerpo uterino justo antes del conducto cervical y por dos grandes cuernos uterinos. La fusión de los cuernos uterinos de la vaca y borrega cerca del cuerpo uterino semeja un cuerpo uterino más grande de lo que realmente es, lo cual tiene como consecuencia que algunas veces se le clasifique como bipartido. La cerda posee cuernos uterinos más largos que la vaca, y estos están ligeramente contorsionados. La yegua posee un *útero bipartido*. Tiene un cuerpo uterino prominente anterior a conducto cervical y dos cuernos uterinos, que no son tan largos ni diferentes como en el tipo bicorne. El *útero doble* consta de dos cuernos uterinos, cada uno con un conducto cervical separado que abre hacia la vagina; este tipo se encuentra en la rata, coneja, cobayo, y otros animales pequeños. El *útero simple* posee un cuerpo en forma de pera sin cuernos uterinos, y es característico del ser humano y de otros primates.

## Fig.1-5 Tipos básicos de útero encontrados en los mamíferos.



(Bearden y Fuquay)

Como en el oviducto, la *túnica serosa* es una capa externa de útero. El *miometrio*, la capa intermedia, está compuesto de dos capas longitudinales delgadas de músculo liso, con una capa circular más gruesa comprimida entre ellas. Los estrógenos aumentan el tono de miometrio, proporcionando al útero una consistencia “erecta”. Los progestágenos disminuyen el tono del miometrio causando que el útero sea más flácido. El *endometrio*, la mucosa que recubre al útero, es más complejo que el resto del sistema de conductos y

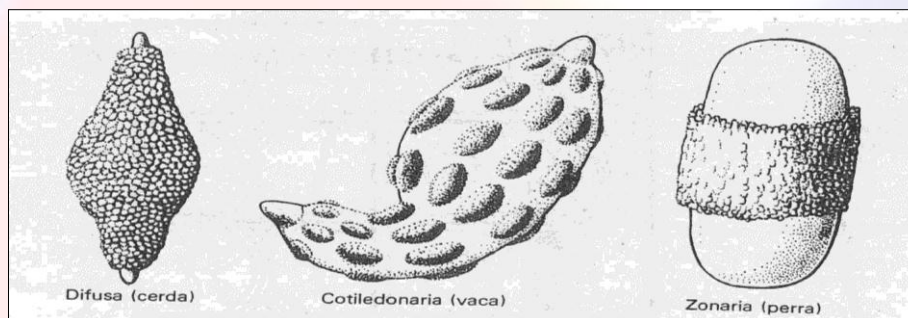


posee glándulas simples. Los estrógenos aumentan la irrigación causando engrosamiento del endometrio. Además, los estrógenos estimulan el crecimiento de las glándulas endometriales. Los progestágenos causan que las glándulas endometriales se enrosquen, se ramifiquen y secreten la leche uterina. Las acciones sinérgicas de los estrógenos y progestágenos en el endometrio preparan al útero para la preñez. El endometrio proporciona un mecanismo para la adhesión de las membranas extraembrionarias. Esta unión forma la placenta, y al proceso se le denomina *placentación*. Con la formación de la placenta, los nutrientes de la sangre materna pueden ser transferidos a la sangre embrionaria o fetal y los productos de deshecho de la sangre embrionaria se pueden eliminar a través de los sistemas maternos. La naturaleza de la adhesión placentaria difiere entre las especies (figs. 1-6, 1 – 7).

Tanto las vacas como las borregas poseen adhesiones placentarias *cotiledonarias*. Las vellosidades coriónicas de las membranas extraembrionarias penetran en las carúnculas, las cuales son proyecciones en forma de botón hacia el endometrio. Esta unión, vellosidad coriónica y carúncula, forma el *placentoma* (también llamado

cotiledón). Hay de 70 a 100 de estas adhesiones cotiledonarias en una vaca preñada. La cerda y la yegua poseen una adhesión placentaria difusa (superficial). Estas membranas extraembrionarias descansan en forma de pliegues en el endometrio, y la vellosidad coriónica se extiende al endometrio en una adhesión mas frágil que la vaca o la borrega. (1)

**Fig. 1 -6. Distribución de la vellosidad coriónica que sirve como base en la forma de la placenta de varias especies.**

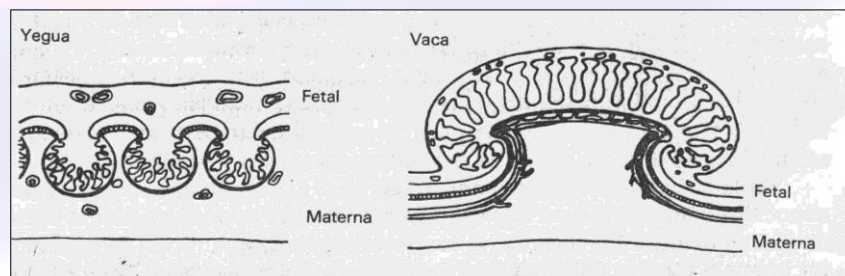


(Bearden y Fuquay)

La unión placentaria de la yegua, la cerda y la vaca se clasifican como *epiteliocoriónica*. Esto significa que no ocurre erosión en los tejidos de la membrana extraembrionaria ni en el endometrio durante la formación de la placenta. Los nutrientes y gases de la sangre materna deben pasar a través de las capas de tejidos maternos y extraembrionarios

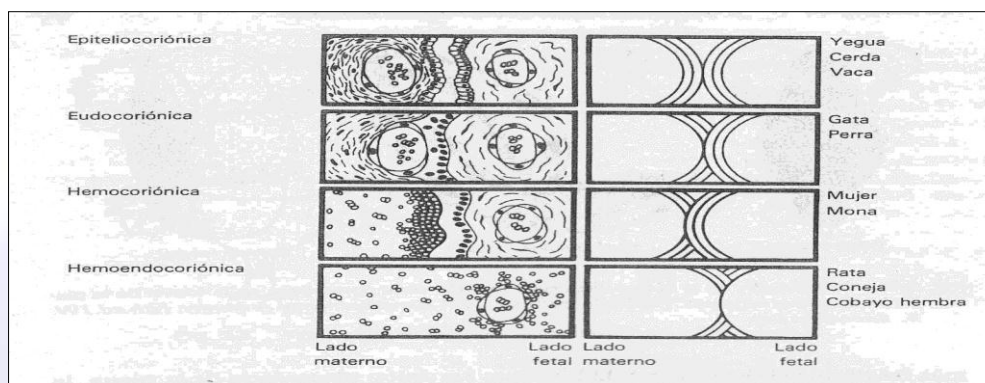
para alcanzar la sangre embrionaria y viceversa. La borrega posee una adhesión placentaria *sindesmocoriónica*. Hay erosión en la epitelial del endometrio. La formación de la placenta en el ser humano causa una erosión más extensa del endometrio. Estas se clasifican como *hemocoriónica*, y los nutrientes en la sangre materna deben pasar a través de las capas titulares extraembrionarias para llegar a la sangre fetal. La adhesión placentaria de las conejas se clasifica como *hemoendotelial*, como erosión de ambos tejidos, endometrial y extraembrionaria. La erosión nunca es lo suficientemente extensa como para ocasionar la mezcla directa d la sangre materna y fetal en ninguna especie de mamífero (ver fig. 1 – 8)

**Fig. 1 -7. Unión difusa, encontrada en la yegua y unión cotiledonaria encontrada en la vaca.**



(Bearden y Fuquay)

**Fig. 1 -8. Tipos de placentación que muestran las barreras celulares entre la sangre materna y fetal de varias especies.**



(Bearden y Fuquay)

#### 2.6.4 CERVIX

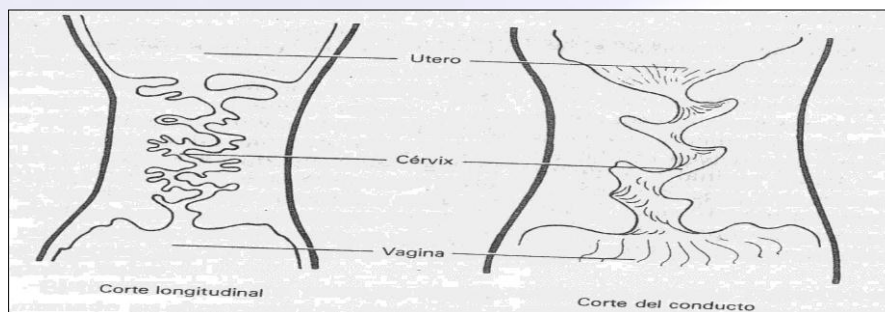
Aunque técnicamente es una parte de útero, la cervix será descrita como un órgano distinto. Posee una pared gruesa y rígida, la terminación anterior se continúa con el cuerpo del útero, en tanto que la terminal posterior se protruye hacia la vagina. En la mayor parte de las especies de granja la longitud varia de 5 a 10 cm, con un diámetro externo de 2 a 5 cm. Contiene un conducto que se abre en el útero. La función primaria de la cervix es prevenir la contaminación microbiana del útero; sin embargo, también puede servir



como reservorio para el esperma después del apareamiento. El semen se deposita en la cérvix durante la monta natural en las cerdas y yeguas.

En la vaca y la borrega, el conducto cervical posee anillos transversales conocidos como *anillos cervicales* (figura 1 -9), que ayudan a sellar al útero de contaminantes. En la cerda, el conducto cervical tiene forma de embudo, los lomos o arrugas del conducto poseen una configuración de sacacorchos que se conforman con la del glande del pene de verraco. El conducto cervical de la yegua se encuentra más abierto que en las especies de granja, aunque los pliegues de la mucosa en el conducto cervical se proyectan hacia la vagina ayudando a prevenir la contaminación. (1)

**Fig. 1 – 9. Cérvix de la vaca demostrando la relación de los anillos cervicales.**





(Bearden y Fuquay)

Histológicamente, la capa externa de la cervix es la túnica serosa. La capa intermedia es de tejido conectivo entremezclando con fibras musculares lisas, la cual proporciona a la cervix sus propiedades rígidas. La capa mas interna, la mucosa, está compuesta principalmente de células epiteliales secretorias, aunque también están presentes algunas células epiteliales ciliadas.

Altos niveles de estrógenos hacen que el conducto cervical se dilate durante el estro (celo). El sinergismo entre los grandes niveles de estrógeno y la relaxina causando una mayor dilatación un poco antes del parto. Esta dilatación del conducto al parecer hace al útero más vulnerable a los organismos invasores. Sin embargo, los estrógenos causan que las células epiteliales de la cervix secreten moco, el cual posee propiedades antibacterianas, con lo cual se protege al útero. Durante la preñez, el moco se engruesa y forma un tapón gelatinoso, que sella y protege al útero durante la preñez. La eliminación del tapón mucoso incrementa las posibilidades de aborto. (1)



## 2.6.5 VAGINA

La vagina tiene forma tubular, es de paredes delgadas y completamente elásticas. Tiene 25 a 30 cm de longitud en la vaca y yegua, y 10 a 15 cm en la cerda y borrega. En la vaca y borrega el semen se deposita en la parte terminal anterior de la vagina cerca de la apertura de la cérvix durante la cópula. La vagina es el órgano femenino de la cópula.

La capa externa, o túnica serosa, se continua con una capa de músculo liso que posee fibras circulares y longitudinales. En la mayoría de las especies la cubierta mucosa está compuesta de células epiteliales escamosas estratificadas (posiblemente la vaca sea la excepción). Estas células epiteliales se cornifican (se vuelven células sin núcleo) bajo la influencia de los estrógenos.

Los frotis vaginales se pueden utilizar como ayuda para detectar el estro, aunque este procedimiento es más útil en animales de laboratorio. Esta capa de células cornificadas puede servir en el momento del estro como lubricantes o



mecanismo protector, el cual previene la abrasión durante la cópula. Bajo la influencia de la progesterona, la cubierta epitelial se regenera. (1)

## 2.6.6 VULVA

La vulva u órgano genital externo consta del vestíbulo con sus anexos y labios. El *vestíbulo* es a arte del sistema de conductos femeninos que es común tanto en el sistema reproductor como al urinario. Tiene 10 a 12 cm de longitud en la vaca y en la yegua, y es la mitad en la cerda y cuarto en la borrega. El vestíbulo se une a la vagina en el *orificio uretral externo*.

En este punto el *himen* se encuentra bien definido en la borrega y la yegua, y un poco menos prominente en la vaca y la cerda. Posterior al orificio uretral externo se localiza el *divertículo suburetral* (bolsa cerrada). El labio consta de *labio menor*, pliegues internos o labios de la vulva y *labio mayor*, pliegues externos o labios de la vulva. El labio menor es homólogo al prepucio (vaina) en el macho y no es prominente en los animales de granja. El labio mayor es homólogo de escroto del macho, y es parte del sistema femenino visible externamente.



En la vaca, el labio mayor esta cubierto de pelo fino arriba de la mucosa. El *clítoris*, homólogo del glande del pene en el macho, se localiza centralmente 1 cm dentro del labio. Contiene tejido eréctil con abundantes nervios sensoriales. Se encuentra erecto durante el estro. Aunque no lo bastante erecto como para ser utilizado en la detección del estro en la mayoría de las especies, el clítoris de la yegua es la excepción. Durante el estro en la yegua, las contradicciones frecuentes de labio exponen al clítoris erecto. Las *glándulas vestibulares*, localizadas en la parte posterior del vestíbulo, son activas durante el estro y secretan un moco lubricante. La actividad de esta glándula imprimen la apariencia húmeda de la vulva de la vaca durante el estro. (1)

### **2.6.7 ESTRUCTURAS DE SOTEN, NERVIOS Y RIEGOS SANGUINEOS**

Aunque el sistema reproductor femenino descansa parcialmente en el piso de la pelvis, el ligamento ancho se considera como la principal estructura de sostén. Este ligamento sostiene a los ovarios, oviductos y útero de ambos



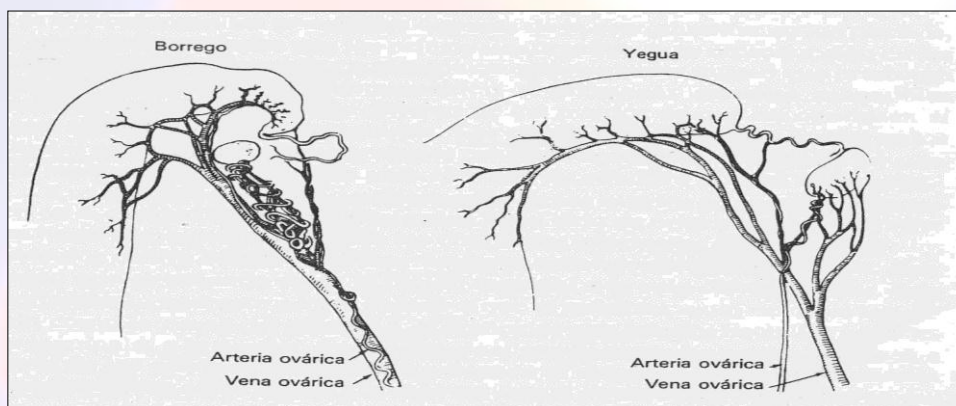
lados de la pared dorsal de la pelvis. Los vasos sanguíneos y nervios pasan a través del ligamento ancho del sistema reproductor femenino. Este sistema está inervado principalmente por nervios autónomos. Sin embargo, se encuentran nervios sensoriales en la región de la vulva, en especial en la región del clítoris.

Las *arterias ováricas*, también llamadas *arterias uteroováricas*, se ramifican e irrigan a los ovarios, oviductos y parte de los cuernos uterinos. Estas arterias son más grandes en el lado del ovario que posee el cuerpo lúteo activo en las vacas y en las especies que presentan un cuerpo lúteo activo. La *arteria uterina media* proporciona sangre al resto de los cuernos uterinos y al cuerpo de útero. Este aumenta durante las fases media y final de la preñez y se puede palpar como ayuda en el diagnóstico de preñez en vacas y yeguas. La *arteria hipogástrica* se ramifica para irrigar a la cervix, vagina y vulva.

El interés sobre los patrones circulatorios del sistema reproductor ha aumentado en años recientes, desde que se descubrió que el útero controla la vida del cuerpo lúteo mediante la liberación de prostaglandina F, alfa (PGF<sub>2</sub>α). La

*prostaglandina F2 alfa* es luteolítica (causa regresión del cuerpo lúteo) aunque se oxida rápidamente y se destruye durante su paso por los pulmones. No parece probable que la  $PGF_{2\alpha}$  liberada a la circulación general (útero – venas – corazón y pulmones – arterias - ovarios) sea la causa de la luteólisis (regresión del cuerpo lúteo). (1)

**Fig. 1 -10. Diagrama comparativo de las arterias y venas de un cuerno uterino y ovario adyacente en la borrega y yegua.**



(Bearden y Fuquay)

Actualmente hay datos de un patrón de circulación de contracorriente por medio de la cual la  $PGF_{2\alpha}$  difunde de la vena *uteroovárica* hacia la arteria ovárica, alcanzando así al ovario por vía local mas que por vía general. Una vena



común uteroovárica drena sangre del ovario, oviducto y gran parte del cuerpo uterino. En la cerda, borrega y vaca la arteria ovárica se encuentra en una posición cercana a la vena uteroovárica (fig. 1 – 9)

En la borrega y en la vaca es muy tortuosa, incrementando el área de contacto con la vena uteroovárica. Las paredes son más delgadas en donde se establece contacto con esta vena, por lo que parece probable que una cantidad suficiente de PGF<sub>2</sub> pueda difundir de la ven uteroovárica hacia la arteria ovárica para causar luteólisis en la vaca, cerca y borrega. Durante la sincronización del estro, la dosis efectiva de PGF<sub>2</sub> es mucho más pequeña cuando se infunde en el útero en comparación con la inyección general (5 contra 30 mg).

La arteria ovárica de la yegua es recta y caudal a la vena uteroovárica (fig. 1- 10). Entran en contacto en un área limitada en donde la arteria ovárica cruza la vena uteroovárica. Por lo que en las yeguas, mas que en otras especies, parece menos probable que exista una ruta local para la PGF<sub>2</sub> del útero al ovario. (1)





## 2.7 PROCESOS NATURALES DE SINCRONIZACION

Antes de llevar a cabo un estudio de la reproducción es importante familiarizarse con el sistema fisiológico más directo de regulación de los procesos normales de la reproducción. El sistema endocrino fig. (2-) es el causal de esta regulación a través de las hormonas que produce.

Las *glándulas endocrinas* son glándulas sin conducto y de secreción interna. Secretan directamente a la corriente sanguínea, opuesto a las glándulas exocrinas que tienen conductos y secretan al exterior en vez de hacerlo a la corriente sanguínea. Las glándulas endocrinas secretan hormonas – agentes químicas – que son llevadas por la sangre a las células de tejidos blancos, donde regulan actividades fisiológicas específicas. Así las hormonas ejercen su influencia a través de células en un sitio lejano a las glándulas que las producen.

Las células que responden a una hormona lo hacen por que tienen *sitios receptores* que se unen a esa hormona. Se puede definir los sitios receptores como unidades de reconocimiento en células que tienen gran afinidad por una hormona en particular. La concentración de sitios receptores

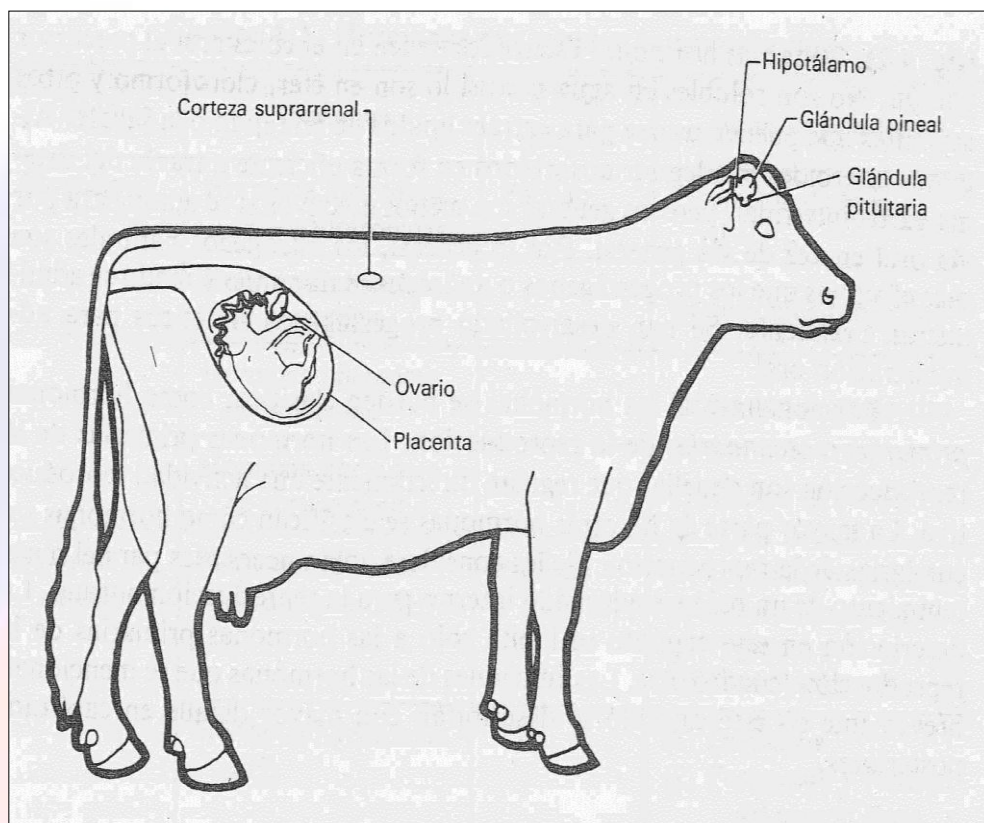


en un órgano blanco disminuirá o aumentará dependiendo del status endocrino del animal. El conocimiento de cómo se regulan los sitios receptores ha contribuido con un nuevo enfoque al entendimiento del control endocrino de la reproducción.

Químicamente, las hormonas de la reproducción se pueden dividir en dos clases. La primera incluye a las hormonas peptídicas y de proteína (cuadro 2). Estas hormonas se forman por la unión de una serie de aminoácidos y el peso molecular es lo que determina que se les denomine péptidos o proteínas. Las hormonas peptídicas son solubles en agua. Se desnaturalizan y se vuelven inactivas fisiológicamente. Las hormonas peptídicas fisiológicamente efectivas se deben administrar por vía general (I. V., I. M. o S. C.) y no por vía oral.

La segunda clase de hormonas de la reproducción son los esteroides. Estos son una clase especial de lípidos que tienen configuración tetracíclica. (1)

**Fig. 2. Localización aproximada de las glándulas endocrinas de la vaca, que secretan hormonas para la regulación de la reproducción.**



(Bearden y Fuquay)

**Cuadro 2. Tamaño molecular de péptidos y hormonas proteicas que regulan la reproducción.**

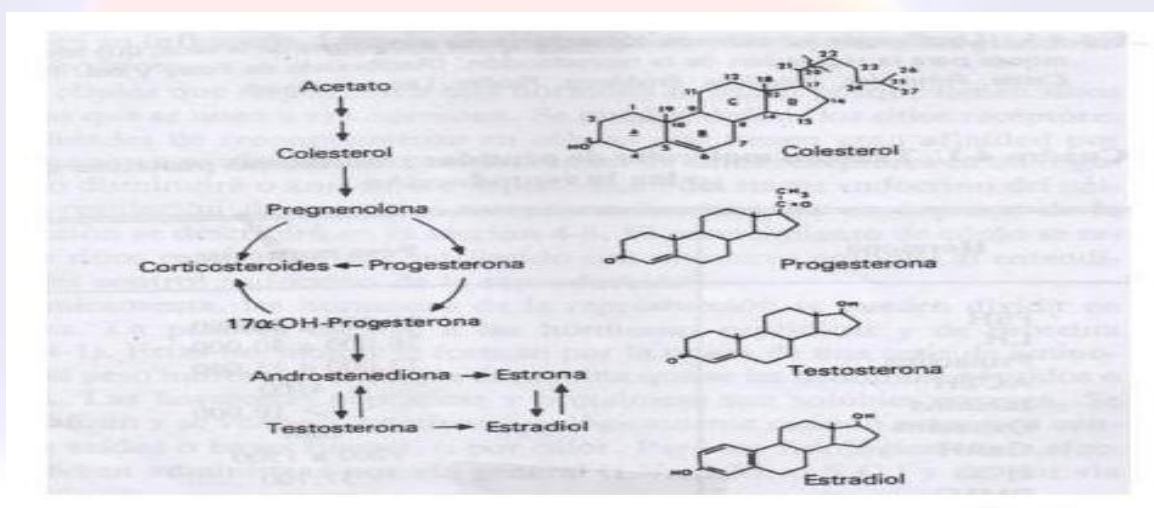


<b>Hormona</b>	<b>Peso molecular</b>
<b>FSH</b>	28, 000 a 32000
<b>LH</b>	26, 000 a 30,000
<b>Prolactina</b>	23, 000 a 25, 000
<b>ACTH</b>	4500
<b>Inhibida</b>	>10, 000
<b>Oxitocina</b>	1007
<b>GnRH</b>	1200 a 1500
<b>HCG</b>	37, 700
<b>PMSG</b>	28, 000
<b>Relaxina</b>	6, 500

Funcionalmente, las hormonas se pueden clasificar como hormonas *primarias* o *secundarias* de la reproducción. Las hormonas primarias de la reproducción son aquellas que regulan directamente una actividad reproductiva. La mayor

parte de las otras hormonas se clarifican como hormonas secundarias de la reproducción. Se les considera como necesarias para el mantenimiento de un balance adecuado interno para la reproducción normal. La reproducción en este capítulo se limita solo a las hormonas primarias de la reproducción (cuadro 2 -1). Las funciones de las hormonas que se mencionan brevemente en este capítulo se describirán con mayor detalle en posteriormente. (1)

**Fig. 2 – 1.** Camino metabólico para la síntesis de hormonas esteroides gonadales y estructura química de los tres esteroides sexuales más importantes.



(Bearden y Fuquay)



## Cuadro 2 -1 Hormonas que regulan la reproducción

Glándula	Hormona	Clase química	Función principal
<b>Hipotálamo</b>	Hormona liberadora de gonadotropinas	Péptido	Liberación de FSH y LH
	Hormona inhibidora de prolactina	”	Retención de prolactina
	Hormona liberadora de prolactina	”	Liberación de prolactina
	Hormona liberadora de corticotropina	”	Liberación de ACTH
<b>Hipófisis anterior</b>	Hormona foliculoestimulante (FSH)	Proteína	(1) Crecimiento folicular (2) Liberación de estrógenos (3) Espermioogénesis
	Hormona luteinizante (LH)	”	(1) Ovulación (2) formación y



			función del cuerpo lúteo (3) Liberación de testosterona
	Prolactina	”	(1) Síntesis de leche
	Hormona adrenocorticotrópica (ACTH)	Polipéptido	(1) Liberación de glucocorticoides
<b>Hipófisis posterior</b>	Oxitocina	Péptido	(1) Parto (2) Expulsión de leche
<b>Ovario</b>	Estrógeno (estradiol)	Esteroides	(1) Comportamiento de cópula (2) Características sexuales secundarias (3) Mantenimiento del sistema de conducto femenino (4) Crecimiento de la glándula



			mamaria
	Progestágenos (Progesterona)	”	(1) Mantenimiento de la preñez (2) Crecimiento de la glándula mamaria
	Relaxina	Polipéptido	(1) Comportamiento de cópula masculina (2) Dilatación de la cérvix
	Inhibida	Proteína	(1) Previene la liberación de FSH
<b>Corteza suprarrenal</b>	Glucocorticoides (cortisol)	Esteroides	(1) Parto (2) Síntesis de leche
<b>Placenta</b>	Gonadotropina coriónica humana (HCG)	Proteína	(1) Parecida a la LH
	Gonadotropina de suero de yegua	Proteína	(1) Parecida a la LH





	preñada (PMSG) Estrógenos Progestágenos Relaxina	(Ver ovario)	
<b>Útero</b>	Prostaglandina F2 (PGF2đ)	Lípido	(1) Regresión del cuerpo lúteo (2) Parto

## 2.8 HORMONAS REPRODUCTORAS PRIMARIAS DE LA GLÁNDULA PITUITARIA

La hipófisis, glándula localizada en una depresión ósea (la silla turca) en la base del cerebro, embriológica y funcionalmente la forma dos glándulas separadas en el animal adulto. El lóbulo anterior o *hipófisis anterior* (también llamado adenohipófisis) se origina de los tejidos embrionarios gástricos del techo de la boca. El lóbulo posterior o *hipófisis posterior* (también llamado neurohipófisis) se forma el tejido embrionario del cerebro.

La hipófisis anterior produce tres hormonas primarias de la reproducción. Estas hormonas proteínicas de la adenohipófisis son la *hormona foliculoestimulante* (FSH), la



*prolactina*. Se conoce conjuntamente a la LH y la FSH como gonadotropinas, por que estimulan a las gónadas. En el macho, a la LH se la llama en algunas ocasiones *hormonas estimulantes de las células intersticiales* (ICSH).

En la hembra, la FSH promueve el crecimiento folicular y la producción de estrógenos por los ovarios. La FSH también estimula a los folículos para producir una proteína parecida a la inhibida. La inhibida es una proteína producida por los testículos, la cual actúa directamente sobre la hipófisis anterior para evitar la liberación de FSH. La caracterización de esta proteína no ha sido lo suficiente como para saber si son el mismo compuesto. Funcionalmente, parecen ser lo mismo. La LH causa maduración del folículo, *ovulación* (ruptura del folículo y liberación del ovulo) y es luteotrópica. Esto estimula la formación del cuerpo lúteo y producción de progesterona. La prolactina se sinergiza con la LH al incrementar el número de sitios receptores de LH en el cuerpo lúteo de algunas especies. La prolactina también tiene efecto estimulante sobre el desarrollo de la glándula mamaria y la síntesis de la leche. La *hormona adrenocorticotrópica* (ACTH) es una pequeña hormona proteica de la hipófisis anterior y estimula la liberación de



*glucocorticoides* de la corteza suprarrenal. Los glucocorticoides intervienen en el parto y en la síntesis de leche.

En el macho, la FSH estimula la Espermiogénesis en los testículos con acción de la espermatogonia y las células de Sertoli. La FSH estimula a la célula de Sertoli para que produzca inhibida y una proteína receptora de *andrógenos* (ABP). La ABP se secreta al lumen de los túbulos seminíferos y sirven como transportadora de testosterona. La LH estimula a la célula de Leydig, localizada en el tejido intersticial de los testículos producir testosterona y otros andrógenos. Al parecer la prolactina establece sinergismo con la LH al incrementar el número de sitios receptores para la LH en los testículos.

La *oxitocina* es una hormona peptídica liberada de la hipófisis posterior y estimula la célula la contracción del músculo liso en el oviducto y el útero. Debido a esta actividad se ha postulado que la oxitocina ayuda al transporte de los espermatozoides y el óvulo en el sistema femenino y estimula las contracciones uterinas durante el parto. La



oxitocina también estimula a las células mioepiteliales de la glándula mamaria, lo que provoca la expulsión de la leche. (1)

## 2.9 CONTROL DE LA GLANDULA PITUITARIA POR EL HIPOTALAMO

El *hipotálamo* constituye el piso y la pared lateral del tercer ventrículo del cerebro y está íntimamente ligado a la hipófisis. El sistema sanguíneo porta hipofisario conecta la hipófisis con la hipófisis anterior, en tanto que la hipófisis posterior es una extensión del hipotálamo. Fibras nerviosas de las células neurosecretorias en el hipotálamo se extienden hacia abajo hasta la hipófisis posterior. (Fig. 2 – 2).

La secreción de hormonas gonadotrópicas por la hipófisis anterior esta controlada por una hormona liberadora peptídica, que producida por células neurosecretorias en el hipotálamo. De los cerdos y los ovinos se ha aislado y purificado un péptido que es una hormona *hormona liberadora de gonadotropina* (GnRH). La GnRH provoca tanto liberación de FSH como de LH. Hasta hace poco se

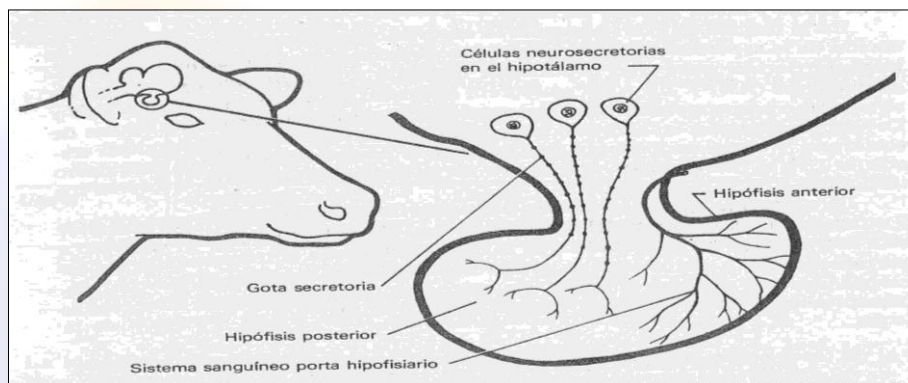


había postulado que agentes liberadores independientes (hormona liberadora de FSH y hormona liberadora de LH) controlaba la liberación de FSH y LH de la hipófisis anterior.

Aunque aún existe cierta evidencia a favor de los factores liberadores independientes, la demostración preponderante apoya el concepto de una solo hormona liberadora para FSH y LH. En situaciones clínicas se puede utilizar la GnRH para el tratamiento de quistes ováricos en las vacas. Hay datos que no indican que tanto la *hormona liberadora de prolactina* (PRH) como la *hormona inhibidora de prolactina* (PIH) controlan la liberación y la retención de prolactina en la hipófisis anterior.

La *hormona liberadora de corticotropina* (CRH) estimula la liberación de ACTH. Debe desarrollarse en un futuro cercano un panorama más claro de la naturaleza funcional de estas hormonas liberadoras. Es importante el hecho de que se ha establecido un enlace entre el sistema nervioso central y la función del sistema endocrino.

**Fig. 2 -2. Relación entre el hipotálamo y la glándula pituitaria. (El área hipofisaria hipotalámica está agrandada para permitir una ilustración más detallada).**



(Bearden y Fuquay)

La oxitocina, que se libera de la hipófisis posterior, se produce por células neurosecretoras en el hipotálamo. Después de su síntesis, la oxitocina se transporta por un medio de proteínas transportadoras (neurofusinas) como todas las secretoras a lo largo de fibras nerviosas que se extienden hasta la hipófisis posterior. La estimulación de fibras sensoriales en el pezón o la cervix provocará la liberación de oxitocina de las terminaciones nerviosas de la hipófisis posterior.(1)



## 2.10 HORMONAS GONADALES

Las principales hormonas esteroides producidas por las gónadas se en lista en el (cuadro 2 -2.)

### 2.10.1 Hembra

Los ovarios producen dos clases de hormonas, los *estrógenos* y los *progestágenos*, que se clasifican como esteroides y tienen como precursor común al colesterol.

Los estrógenos representan un grupo e esteroides con actividad fisiológica similar, se les produce en células específicas en el folículo de Graaf. El estrógeno de mayor importancia, cuantitativa y fisiológicamente, es el *estradiol*. Otros importantes son el *estriol* y la *estroma*. Las principales acciones de los estrógenos son en: (1) la manifestación del comportamiento de cópula durante el *estro*; (2) los cambios cíclicos en el sistema femenino; (3) el desarrollo de conductos en la glándula mamaria, y (4) y el desarrollo de características sexuales secundarias. A los estrógenos se los ha llamado “hormona sexual femenina”.



Los estrógenos son luteolíticos en la vaca y en la oveja, pero son luteotrópicos en la cerda.(1)

**Cuadro 2– 2. Principales hormona esteroides producidas por las gónadas.**

<b>Clase</b>	<b>Hormona</b>
<b>Estrógeno</b>	17 $\beta$ – estradiol Estriol Estrona
<b>Progestágenos</b>	Progesterona 17 - hidroxiprogesterona 20 $\beta$ – hidprogesterona
<b>Andrógeno</b>	Testosterona Androstenediona Dihidrotestosterona

Los progestágenos son otro grupo de hormonas con actividad fisiológica similar, y el más importante es la *progesterona*. Se produce por el cuerpo lúteo. Entre sus





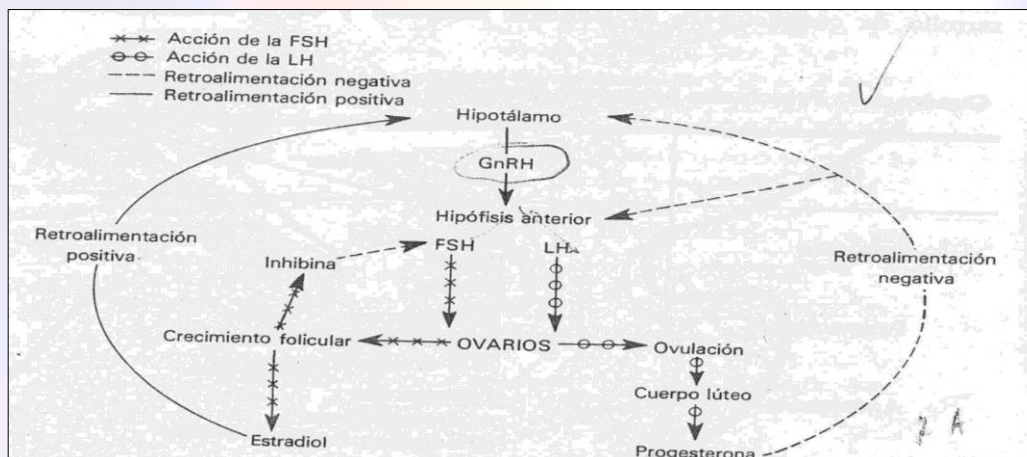
funciones importantes están: (1) inhibición del comportamiento sexual; (2) mantenimiento de la preñez por inhibición de las contracciones uterinas y promoción del desarrollo glandular en el endometrio, y (3) promover el desarrollo alveolar de la glándula mamaria. Son notables las acciones sinergistas de los estrógenos y los progestágenos en la preparación del útero para la preñez y la glándula mamaria para la lactancia.

Tanto los estrógenos como los progestágenos ayudan a regular la liberación de gonadotropinas, actuando tanto a nivel del hipotálamo como de la hipófisis anterior (4 - 4). Niveles elevados de progesterona o una combinación de progesterona y estrógenos inhiben la liberación de FSH y LH de la hipófisis anterior - mecanismos de retroalimentación negativo. Cerca del momento del estro, cuando los niveles de progesterona son bajos, las altas contracciones de estrógenos estimulan la liberación de LH y de prolactina - control de retroalimentación positivo.

Ya se ha mencionado antes la influencia de las gonadotropinas sobre la liberación de estrógenos y

progestágenos. Por lo tanto, se puede observar que es necesaria una acción recíproca entre las gonadotropinas y las hormonas esteroides para el mantenimiento del equilibrio hormonal, esencial para la reproducción normal. (1)

**Fig. 2 -3. Relación entre las hormonas liberadoras del hipotálamo, las gonadotropinas y las hormonas ováricas en la regulación de la función reproductiva.**



(Bearden y Fuquay)

Una proteína parecida a la inhibida se produce en el ovario y que selectivamente suprime la liberación de FSH, pero no de LH de la hipófisis anterior, ayuda a regular la FSH. Esta proteína puede ser la causa de algunas de las diferencias informadas en los patrones de liberación de FSH y LH que



parecen demostrar lo contrario a la existencia de una sola hormona liberadora de gonadotropinas.

La relaxina es una hormona polipeptídica producida por el cuerpo lúteo. Se sabe muy poco de los mecanismos que controlan su producción, pero se observan grandes concentraciones durante la preñez. Provoca relajación de los ligamentos pélvicos y reblandecimiento del tejido conectivo de los músculos uterinos que permitirá la expansión necesaria para acomodar al feto en crecimiento. En sinergismo con los estrógenos, causa mayor expansión de la pelvis y reblandecimiento del tejido conectivo de la cervix, lo que permitirá que el feto sea expulsado durante el parto.

(1)

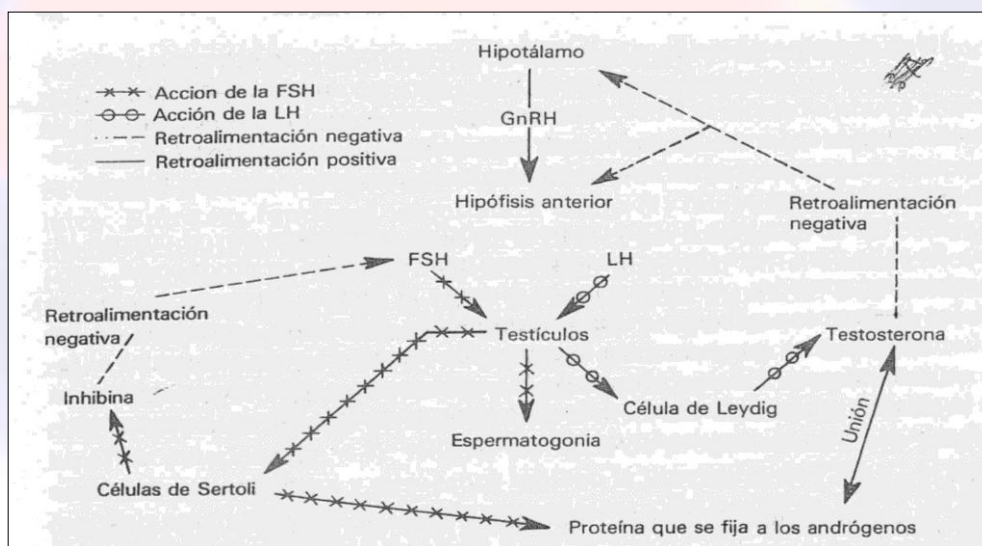
(fig. 2 -4). La inhibidora es importante en este control en virtud que inhibe la liberación de FSH de la hipófisis anterior.

## **2.11 HORMONAS REPRODUCTORAS PRIMARIAS DE LA CORTEZA SUPRARENAL**

La corteza suprarrenal produce dos clases de hormonas esteroideas que se han asociado con el metabolismo mineral (mineralocorticoide) y el metabolismo de los carbohidratos

(glucocorticoide). De los glucocorticoides, el principal es el *cortisol*, y también se le ha clasificado como hormonas contra la tensión. Aunque se ha aislado estrógenos, progestágenos y andrógenos de la corteza suprarrenal, no se les ha observado en cantidades suficientemente altas como para afectar los procesos reproductores. Algunos piensan que se pueden liberar en cantidades suficientemente grandes durante la tensión intensa como para afectar la reproducción normal, pero la verificación de esto ha sido difícil. (1)

**Fig. 2 -4. Interrelación de las hormonas que regulan la reproducción en el macho.**



(Bearden y Fuquay)



Recientemente se ha demostrado el papel de los glucocorticoides en la iniciación del parto en las ovejas. Aún más, al parecer los glucocorticoides que participan en este proceso son de origen fetal y no materno. No se ha demostrado con claridad este fenómeno en otros animales de granja, pero los datos al parecer son lo suficientemente fuertes como para incluir a los glucocorticoides como hormonas primarias de la reproducción. Además, se ha postulado un papel de los glucocorticoides en la síntesis de la leche. (1)

## **2.12 FUNCIONES ENDOCRINA DE LA UNIDAD UTEROPLACENTARIA**

La placenta no encaja en la definición clásica de glándula endocrina, pero si asume una función endocrina durante la preñez. Se produce estrógenos, progesterona y relaxina en la placenta de ciertas especies, que actúan como suplemento de la producción de estas hormonas por los ovarios. Además, se han identificado en algunas especies hormonas placentarias con actividad lúteotrópica o lactógena, que también pueden estar presentes en otras especies. Se



ha aislado del útero de mujeres preñadas la *gonadotropina coriónica humana* (HCG). Su acción principal es parecida a la de la LH y se cree que ayuda a mantener la función del cuerpo lúteo durante la preñez. La *gonadotropina del suero de yegua preñada* (PMSG) se produce en las capas endometriales que se forman cuando células especializadas del corion invaden el endometrio del útero preñado de la yegua. La PMSG tiene una acción principal parecida a la de la FSH. Se ha aislado del suero de yeguas durante la preñez temprana. Se ha postulado para la PMSG un papel en la formación de cuerpo lúteo accesorios durante la preñez de la yegua. Tanto la HCG como la PMSG son proteínas. (1)

## **2.13 PAPEL DE LAS PROSTAGLANDINAS EN LA REPRODUCCION**

Las prostaglandinas son un grupo de lípidos biológicamente activos, que tienen como principal precursor a un ácido graso no saturado de 20 carbonos, el ácido araquidónico. Se les clasifica en dos grandes grupos de acuerdo con sus diferencias en estructura química: los compuestos de la prostaglandina E (PGE) y los compuestos de la



prostaglandinas F (PGF). Las prostaglandina tienen acciones como de hormona pero no las produce ninguna glándula o tejido específico. Más bien se producen en células de todo el cuerpo incluyendo células en el útero y en las glándulas vesicales del macho. Aunque existen en cada grupo una gran cantidad de compuestos diferentes, con variadas actividades fisiológicas,  $Pg2\alpha$  ha recibido la mayor atención en fisiología de la reproducción.

La  $Pg2\alpha$  provoca la regresión del cuerpo lúteo y tiene un efecto un efecto estimulante sobre los músculos lisos. Debido a estas acciones se le han propuesto funciones naturales en el control del ciclo estral, el transporte de óvulos de espermatozoides y en el parto. De la misma manera, la  $Pg2\alpha$  se ha utilizado en situaciones clínicas cuando se desea regresión del cuerpo lúteo o estimulación del músculo liso.

La  $PGE2$  también parece tener importantes funciones en la regulación de la reproducción por lo general sus efectos son opuestos a los de la  $Pg2\alpha$ . Es notable su efecto antiluteolítico en el cuerpo lúteo. Así pues la  $PGE2$  puede servir para evitar el efecto luteolítico de la  $Pg2\alpha$  se a informado poco a cerca de las prostaglandina en las funciones reproductoras del



macho. En toros se ha demostrado que la eyección de  $Pg2\alpha$  provoca elevación de la LH y testosterona.

Sin embargo no se ha determinado un papel integran de las prostaglandinas en la regulación natural de las funciones reproductoras.(1)

## **2.14 LA GLANDULA PINEAL**

La glándula pineal se localiza por arriba del hipotálamo, se lo considera por algunos como glándula endocrina, pero se conoce poco a cerca de su función en animales de granja. Se ha aislado melatonina de la pineal en estudios con ratas y cobayos. La melatonina inhibe la función de las gónadas. Dado el efecto de la melatonina sobre las gónadas y la sensibilidad de la glándula pineal a la luz, se ha sugerido que esta glándula tiene una función en el control de la estación de apareamiento en reproductoras estacionales como es el caso de la oveja y la yegua.(1)





## **2.15 REGULACION DE LOS SITIOS REPRODUCTORES HORMONALES**

La acción hormonal depende de la liberación de la hormona en cuestión de su glándula, del transporte hasta sus células blanco a través del sistema circulatorio y de la unión de la hormona a sitios receptores celulares. Después que la hormona se une a un sitio receptor celular, se inician unas reacciones dentro de la célula para llevar a cabo la respuesta fisiológica asociada con la hormona.

La concentración de sitios receptores para una hormona en particular en un órgano específico depende del status endocrino del animal. Aunque la investigación en esta área es relativamente nueva, y limitada sobre todo a animales de laboratorio, hay cierta información disponible acerca de la regulación de los sitios receptores de las hormonas. Esto nos da nuevas bases para el entendimiento de cómo ciertas hormonas se sinergizan para regular una función fisiológica. Los patrones de regulación que se pueden observar son: (1) hormonas que regula sus propios sitios receptores; (2) sinergismo de dos hormonas para regular los sitios



receptores de una de las hormonas, y (3) hormonas que regulan los receptores de otras hormonas.

La FSH aumenta sus propios sitios receptores en el folículo ovárico y esta acción es acelerada a medida que se aumentan los niveles de estrógenos. Previa acción del estradiol, la FSH también incrementa los receptores de la LH en el folículo. El estradiol incrementa sus propios receptores. La LH causa una reducción de receptores de FSH, estradiol y LH, pero incrementa los receptores de prolactina. Durante la formación de cuerpo lúteo la prolactina incrementa los receptores de LH y evita a receptores de LH y inducidas por LH.

Se puede postular un patrón similar para los testículos. La prolactina mantendrá los niveles de receptores de LH en las células de Leydig, previniendo las pérdidas inducidas por LH. Los receptores de la FSH se encuentran tanto en los espermatozoides como en las células Sertoli, lo que indica dos sitios de acción probables para FSH.

En el útero, los estrógenos incrementan la concentración tanto de receptores para estrógenos como para progesterona. La progesterona bloquea la síntesis de



nuevos receptores de estrógenos, lo que causa una reducción en su concentración.

Tanto los receptores de estrógenos como los de progesterona están presentes en el hipotálamo y la hipófisis.

(1)

## **2.16 SOMATOTROPINA COMO ACTUA Y QUE FUNCION CUMPLE EN LA INSEMINACION A TIEMPO FIJO**

El mecanismo por el cual la bST ha mejorado la fertilidad en otros estudios está relacionado con los efectos directos de la hormona del crecimiento (GH) e indirectos, mediados por el IGF-I en los procesos reproductivos. Aquí, las concentraciones séricas de IGF-I se incrementaron después de la inyección de bST, Además, la repetición de la inyección cada 14 días mantiene los niveles de IGF-I constantemente altos. De esta manera, hay dos ventanas fisiológicas en las cuales la GH y el IGF-I ejercen su efecto, corresponden a las etapas en que ocurre la mayor parte de pérdidas embrionarias. La primera ventana corresponde a la fertilización y al desarrollo embrionario durante los primeros siete días. Así, en estudios *in vivo* la administración de bST al momento del servicio aumenta el porcentaje de ovocitos



fertilizados y la proporción de embriones transferibles. La adición *in vitro* de GH o IGF-I al medio, ha incrementado la proporción de embriones que llegan a la etapa de blastocisto. La segunda ventana fisiológica corresponde a los días en que ocurre el reconocimiento materno de la gestación (días 16 a 19 del ciclo estral). Se ha observado que la administración de bST modifica el ambiente uterino, lo cual favorecería las condiciones de desarrollo embrionario. Existen receptores para GH e IGF-I en el endometrio y se ha localizado mARN para receptores a IGF-I en las glándulas endometriales. La bST disminuye la sensibilidad del mecanismo de secreción de la PGF20C, mediante la disminución de la actividad de la enzima ciclooxygenasa en las células del endometrio e incrementa la síntesis de interferón X, lo que puede favorecer el rescate del cuerpo lúteo. Las concentraciones séricas de insulina aumentaron después de la administración de bST, ello . La insulina tiene efectos en el desarrollo embrionario temprano. En estudios *in vitro* la adición de insulina al medio de cultivo mejora la proporción de embriones que llegan a la etapa de mórula; además, ejerce acción mitogénica. Sin embargo, aquí el incremento de las concentraciones de



insulina no se reflejó en aumento en la tasa de concepción.

(3)

\*bST somatotropina bovina

\*rbST somatotropina bovina recombinante.

\*IGF-I receptores

La somatotropina a mas de tener efectos productivos de lactancia mejorando y sosteniendo la curvas de leche después de los 60 días pos parto; hoy en día es utilizado reproductivamente incrementando los resultados de los tratamientos de fertilidad mejorando los índices de preñes en vacas repetidoras y de primer servicio con una inyección de 500mg de bST al inicio del estro y una segunda inyección 10 días después.

La administración de bST cada 14 días, comenzando el día de la inseminación también aumenta la fertilidad. Siendo una estrategia para disminuir las perdidas embrionarias tempranas y aumentar la fertilidad actuando en la maduración del ovocito, fertilización y en el desarrollo embrionario temprano.



Hay que tomar en cuenta que una sola dosis de 500mg de somatotropina no mejora los porcentajes de concepción en vacas primerizas.

También se está probando en tratamientos superovulatorios a partir de la hormona de crecimiento recombinante (rbST). (4)

## **2.17 EL CICLO ESTRAL**

El ciclo estral se define como el tiempo que hay entre dos periodos de estro. El tiempo promedio de los ciclos estrales es similar en todas las especies de granja, aunque ligeramente más corto en las ovejas (cuadro 3). Es aproximadamente de 17 días en la oveja, 21 días en la vaca, 22 días en la yegua y 20 días en la cerda. Se observa una variación individual en todas las especies. En la vaca, los ciclos estrales que fluctúan entre los 17 y 24 días se consideran normales y se ha comunicado una variación de 19 a 25 días en la yegua. Aunque se espera una variación individual entre miembros de una especie, los ciclos variables en un solo individuo pueden indicar una anomalía. (1)



### 2.17.1 PUBERTAD

La *pubertad* en las hembras se define como la edad en la que se observa el primer estro con ovulación. No se le debe considerar madurez sexual. Si los animales se cruzan en la pubertad, un gran porcentaje tendrá dificultades al parto. En virtud de que los ovarios responden a la gonadotropina varios meses antes de la pubertad, es probable que está ocurra cuando la hipótesis anterior produzca gonadotropinas en cantidades suficientemente grandes como iniciar el crecimiento folicular y la ovulación. Se puede detectar crecimiento folicular varios meses antes de la pubertad. (1)

La edad y el peso a la pubertad son afectados por factores genéticos. Esto se puede observar al comparar las especies o las razas dentro de una especie. En las cerdas, la edad promedio de la pubertad es de 4 a 7 meses, de 7 a 10 meses en las ovejas, de 8 a 11 meses en las vacas europeas y de 15 a 24 meses en las yeguas. El peso a la pubertad en razas de una misma especie depende de la maduración en cuestión (cuadro 3 – 1). Las vacas Jersey alcanzan la pubertad aproximadamente a los 8 meses y 160 Kg., en tanto que las vacas Holstein lo hacen a los 11 mese y 270 Kg. promedio.



Varios factores ambientales tienen un efecto pronunciado sobre la edad de la pubertad.

En general, cualquier factor que disminuya la tasa de crecimiento, prevendrá la completa expresión del potencial genético, retardando por tanto la pubertad por tanto la pubertad. Una vaquilla Holstein que esté bajo un plan nutricional alcanzará la pubertad aproximadamente en 11 meses, pero si se le cría a partir del nacimiento con un nivel de energía de 62% del recomendado, tendrá más de 20 meses para alcanzar la pubertad. Cuando se cría ganado de carne a una temperatura de 10°C, la pubertad se alcanzara a los 10.5 meses de edad. Las cerdas destetadas al final de la primavera alcanzan la pubertad a una edad más avanzada que una cerda destetadas en otras estaciones, debido a que el crecimiento se ve retrasado por las elevadas temperaturas de verano. (2)

Otros factores ambientales que pudieran retrasar la pubertad incluyen la salud y sanidad deficiente en el hato. En tanto que ambientes adversos retrasan la pubertad y reducen el tamaño de los animales a madurar, el peso a la pubertad no se ve afectado significativamente. Las vaquillas en un plan nutricional deficiente fueron 84% más viejas y sólo 7% más





pequeñas a la pubertad que las vaquillas bien alimentadas. Una alimentación superior a los niveles recomendados conducirá a una pubertad temprana.

**Cuadro 3. Diferencias de especies en varias características del ciclo estral.**

	Vaca	Oveja	Cerda	Yegua	Cabra
Ciclo estral	21	17	20	22	20
Metaestro	3 – 4	2 – 3	2 – 3	2 – 3	--
(días)	10 – 14	11 – 11	11 – 11	10 – 12	--
Diestro	12 – 18	12	13	2 – 3	2 – 3
(días)	h	2 – 3	3 – 4	4 – 8	34 – 38
Proestro	10 – 12	24 – 48	48 – 72	días	h
(días)	h	36 h	72 h	1 – 2	Final
Estro	10 – 12	Final	Mitad	días	del
Ovulación	h	del	del	Antes	Estro
	Después	del	del	del final	
	del estro	estro	estro	del	
				estro	



**(Lubosh.)**

**Cuadro 3 – 1. Diferencias de especies y de raza en la edad y el peso a la pubertad.**

<b>Especie</b>	<b>Edad meses.</b>	<b>Peso kg.</b>
Cerda	4 – 7	68 – 90
Oveja	7 – 10	27 – 34
Yegua	15 – 24	(varia con el tamaño a la madurez de la raza)
Vaca	8 – 13	
Jersey	8	
Guernsey	11	160 – 270
Holstein	11	160
Ayrshire	13	200
		270
		240

**(Lubos H.)**



Las hembras jóvenes no presentan períodos cíclicos de receptividad sexual. El comienzo de estos periodos en que la hembra inicia su madurez sexual y puede reproducirse se denomina pubertad. En las hembras domésticas, la pubertad comienza antes de finalizar su desarrollo corporal, y aunque la capacidad de reproducirse se establece, su eficacia, particularmente referida a la fecundidad, no es todavía óptima.

La hembra nace con un potencial genético para manifestar la ciclicidad sexual, pero el comienzo de la misma, es decir, la pubertad está íntimamente relacionada con la edad y el desarrollo corporal. Siempre que las condiciones ambientales sean favorables, se activa un reloj biológico, comenzando la ciclicidad sexual, que se mantendrá indefinidamente mientras las condiciones ambientales sean favorables. En ninguna de nuestras especies domésticas se presenta una modificación fisiológica comparable con la menopausia de la mujer. (2)

En las hembras poliéstricas continuas, como la vaca y la cerda, la ciclicidad sexual se interrumpe con la lactación y



determinadas condiciones patológicas. En las especies poliéstricas estacionales, como la yegua y la gata, o monoéstricas como la perra hay periodos de inactividad sexual.

La edad en que comienza la pubertad en nuestras especies domésticas en la siguiente:

- Yegua 1 – 2 años
- Vaca 7 – 18 meses
- Oveja 9 – 15 meses
- Cabra 4 – 8 meses
- Cerda 6 -8 meses
- Perra 6 – 20 meses
- Gata 7 – 12 meses

Las modificaciones que se establecen en la pubertad dependen directamente de la actividad ovárica, la cual tiene dos funciones: producción de gametos femeninos y síntesis de hormonas. Consideramos los cambios que ocurren en el ovario de la ternera. Al nacimiento, cada ovario contiene unos



150000 folículos primordiales; formados por un ovocito rodeado por una capa de células epiteliales. (5)

Después del nacimiento, los ovarios comienzan su actividad produciéndose crecimientos foliculares, los ovocitos se rodean de dos o más capas de células granulosas y una membrana basal. El estímulo para el desarrollo folicular es intraovárico y hasta la novilla alcanza la edad de la pubertad los folículos sólo se desarrollan hasta poseer una teca interna, momento en que comienzan su atresia. Al llegar a la pubertad la novilla tiene unos 200 folículos en cada ovario. El desarrollo posterior de estos folículos, hasta llegar a cavitaríos y maduros de D'Graff, depende del estímulo de las hormonas gonodotrópicas FSH y LH.

La hipófisis anterior tiene almacenadas grandes cantidades de gonadotropina, pero los niveles circulatorios son bajos (Me Donald, 1980). A pesar de que hay datos de que los ovarios comienzan a ser más sensibles a las gonadotropinas cuando se aproximan la pubertad, las gonadotropinas no se liberan. El control para su liberación debe realizarlo el hipotálamo mediante las hormonas liberadoras (GnRH). El



estimulo para el comienzo de la pubertad debe provenir del efecto de algún centro cerebral que activa el hipotálamo. (5)

Sin embargo, es posible que el estimulo este presente pero que el hipotálamo no responda por estar inmaduro; en todo caso la maduración de esta área es dependiente de la edad. El primer celo de la pubertad es frecuentemente silente; así, el aparato reproductor se encuentra perfectamente para que la cubrición tenga lugar toda vez que existen ovulación, pero no hay manifestaciones externas de receptividad sexual. Es posible que el sistema nervioso central requiera ser previamente impregnado con progesterona antes de que pierda responder y que el animal muestre signos externos de comportamiento de celo.(5)

#### **2.17.1.1 FACTORES EXTERNOS QUE INFLUYEN SOBRE EL COMIENZO DE LA PUBERTAD.**

Si bien el comienzo de la pubertad está determinado por el genotipo del individuo, las razas pequeñas tienden a ser ligeramente más precoces. Un cierto número de factores externos tiene influencia sobre el mismo.



**Nutrición.-** Existen datos claros de que en la mayoría de los animales domésticos el momento del comienzo de la pubertad está íntimamente relacionado con el peso corporal. Por tanto, no es de extrañar que la nutrición sea un factor importante. Los animales bien alimentados y con una buena tasa de crecimiento bajas. Por tanto, a no ser que el animal sea drásticamente mal alimentado, el comienzo de la ciclicidad estral se producirá finalmente.

**Estación del año.-** En las especies de reproducción estacional, tal como la yegua y la oveja, la edad a que comienza la pubertad está influida por la estación del año. Por ejemplo, una potra nacida al principio del año, enero o febrero, pueden tener un primer estro en mayo o junio del año siguiente, cuando tenga 16 ó 17 meses de edad, mientras que si nace más tarde, julio o agosto, no tendrá su primer estro hasta los 21 ó 22 meses de edad.

**Clima.-** Extrapolaciones antropomórficas han supuesto que los animales que viven en los trópicos presentan la pubertad a una edad más precoz que los que viven en climas



templados. Estudios llevados a cabo en Zambia han mostrado que en el ganado vacuno esto no es verdad.

**Enfermedad.-** Cualquier enfermedad que influya sobre la tasa de crecimiento, bien directamente o por interferir con la alimentación y asimilación de los nutrientes, retrasará el comienzo de la pubertad. (2)

## **2.18 DURACION DEL CICLO ESTRAL EN EL GANADO VACUNO**

El intervalo entre dos periodos estrales representa el ciclo estral, cuya duración y síntomas dependen de la especie animal y varían dentro de las razas y líneas. La duración promedio del ciclo estral de las vacas lecheras es de 17 a 23 días, abreviándose en los individuos jóvenes y prolongándose en los viejos. (2)

## **2.19 PERIODOS Y MANIFESTACIONES CLINICAS DEL CICLO ESTRAL DE LOS BOVINOS**

Los periodos del ciclo estral son el *estro*, *metaestro*, *diestro* y *proestro* (cuadro 3-2). Estos periodos ocurren de manera





cíclica y secuencial, excepto por los periodos de *anestro* (ausencia de ciclo) en animales estacionales como la oveja y la yegua, así como el anestro de la preñez y del periodo de posparto en todas las especies. (2)

### **Cuadro 3-2. Características primarias de los periodos del ciclo estral en la vaca**

<b>Periodo</b>	<b>Día(s)</b>	<b>Características principales</b>
Estro	1	Signo de comportamiento del
Metaestro	2 – 4	estro. Ovulación
Diestro	5 – 16	Formación del cuerpo
Proestro	17 – 21	lúteo Función del cuerpo Lúteo Rápido crecimiento folicular



## **(BeardenJ.)**

### **2.19.1 Proestro**

El proestro empieza con la regresión del cuerpo lúteo y la caída de los niveles de progesterona y se prolonga hasta el inicio del estro. La principal característica que distingue al proestro es el rápido crecimiento folicular. Los efectos de los estrógenos se pueden observar en la parte final de este periodo en el sistema de conductos y en el comportamiento de acercamiento al estro.

El útero aumenta de tamaño, el endometrio está congestionado y edematoso, y sus glándulas presentan abundante actividad secretora. La mucosa vaginal está hiperémica y el número de capas celulares que forman su epitelio se incrementa, estando cornificadas las más superficiales. La perra muestra además vulvas y descargas vulgares sanguinolentas. (2)

### **2.19.2 Estro o celo**

El estro se define como el periodo en que la hembra es receptiva al macho y aceptará la cópula. La extensión del



estros varían entre las especies (cuadro 3). En la vaca, el estro dura de 12 a 18 horas. Al igual que en el ciclo estral, se observan variaciones considerables entre individuos. Las vacas también tienen periodos de estro más cortos en climas cálidos (de 10 a 12 horas) que las 18 horas promedio de los climas fríos. El estro dura de 24 a 36 horas en la oveja, de 40 a 72 horas en la cerda y de 4 a 8 días en la yegua. La yegua es la especie con más variabilidad de los animales de granja, y ocurre de 10 a 12 horas antes del final del estro en la vaca, a la mitad o final del estro en la oveja, más o menos a la mitad en la cerda y 1 ó 2 días antes del final del estro en las yeguas. El día del estro es el primer día del ciclo estral en la vaca. Para otras especies, el primer día del estro es el primer día del ciclo.

El comienzo y final del estro son momentos perfectamente detectables en el ciclo estral y por tanto utilizables como puntos de referencia para determinar la duración del mismo. La hembra generalmente busca al macho y permanece quieta en su presencia para que la cubra. Las glándulas del útero, cérvix y vagina secretan abundante cantidad de moco. El epitelio vaginal y el endometrio están hiperemias y congestionados. El cérvix se encuentra dilatado.(2)



La ovulación se produce durante esta fase en todos los animales domésticos, a excepción de la vaca en la que la ovulación tiene lugar unas 12 horas después de finalizado el estro. La ovulación es un fenómeno espontáneo en la mayoría de las especies; si embargo, en la gata, coneja y camella es inducida por el coito. Durante el proestro y el estro hay crecimiento folicular con ausencia de cuerpo lúteo funcional, siendo los estrógenos las hormonas que en mayor cantidad se producen en el ovario.

El proestro y estro son conocidos conjuntamente como fase folicular del ciclo estral.(2)

### **2.19.3 Metaestro**

El periodo del metaestro empieza al finalizar el estro y dura alrededor de 3 días. Principalmente es un periodo de formación del cuerpo lúteo (cuerpos lúteos con ovulación múltiples). Sin embargo, en las vacas la ovulación ocurre en este periodo, y también ocurre un fenómeno conocido como sangrado del metaestro, que aparecen en 90% de todos los metaestros de vaquillas y en 45 % de las vacas maduras. Al finalizar el proestro y en el estro, las grandes concentraciones de estrógenos incrementan la vascularidad



del endometrio; esta vascularidad se hace máxima aproximadamente un día después del estro. Al disminuir los niveles de estrógenos puede haber ruptura de vasos sanguíneos capilares, lo que causa una pequeña pérdida de sangre. Esta se notará como una mancha de sangre en la cola aproximadamente a las 35 ó 45 horas después del final del estro. No es una señal de concepción o de falla de ésta.

Tampoco debe confundirse con sangrado menstrual, como el que ocurre en seres humanos.

Las células granulosas del folículo que ha ovulado se transforman en células luteales a partir de las cuales se forman el cuerpo lúteo. En esta fase se reduce las secreciones de las glándulas uterinas, cervicales y vaginales.

(2)

#### **2.19.4 Diestro**

El diestro se caracteriza como el periodo del ciclo donde el cuerpo lúteo es totalmente funcional. En la vaca empieza en el día 5 del ciclo, cuando se puede detectar por primera vez una gran concentración de progesterona en sangre y termina con la regresión del cuerpo lúteo el día 16 ó 17. En la cerda y



en la oveja comprende del día 4 a los 13, 14 ó 15. En las yeguas en más variable debido a la duración irregular del estro. Para las yeguas que ovulan en el día 5, el diestro se extenderá aproximadamente del día 8 al día 19 ó 20. Se le conoce como periodo de preparación del útero para la preñez.

Formándose grandes cantidades de progesterona. Desaparece la hiperplasia e hipertrofia de las glándulas uterinas y el cuello uterino se contrae. Las secreciones del aparato genital son escasas y pegajosas.

La mucosa vaginal se vuelve pálida.

El periodo del ciclo estral en que el cuerpo lúteo es funcional se denomina en ocasiones como fase luteal del ciclo estral para diferenciarlo de la fase folicular.

Teniendo en cuenta que el estro es la única fase identificable del ciclo estral, en las especies poliéstricas, se divide el ciclo estral en estro e interestro, incluyendo este último las fases de proestro, metaestro y diestro. (2)

### **2.19.5 Anestro**

Es el periodo en que el sistema reproductor permanece en reposo. El crecimiento folicular es mínimo, el cuerpo lúteo,



aunque identificable, está en regresión y no es funcional. Las secreciones del tracto genital son escasas y pegajosas, el cuello uterino está cerrado y la mucosa vaginal pálida. (2)

## **2.20 SINTOMATOLOGIA CLINICA EXTERNA DEL CELO**

Este periodo de la libido sexual aumentada con un breve lapso de la receptibilidad sexual, es la consecuencia de la irritación del sistema nervioso central por los estrógenos que se forman en los folículos ováricos en el transcurso de su maduración y sobre todo en los folículos maduros. La sintomatología externa principal durante la fase estral del ciclo se caracteriza por la presencia del síndrome estral debido al máximo aumento de la irritación sexual; en el inicio de la fase estral, las hembras se encuentran intranquilas, mugen con frecuencia y les disminuye el apetito, en esta fase se aíslan del rebaño, mientras que las otras vacas aprovechan bien los pastos, ellas pastan periódicamente o se quedan sin pastar y se dedican solo a observar sus alrededores.



Al aumentar el nivel de las hormonas estrogénicas en la sangre, las vacas en celo muestran los síntomas de bisexualidad. (5)

## 2.21 CONTROL HORMONAL DEL CICLO ESTRAL

El ciclo estral está regulado principalmente por un balance recíproco entre las hormonas esteroides del ovario y las hormonas proteínicas gonadotropinas de la hipófisis anterior. En tanto que la función de la hipófisis anterior está controlada por el hipotálamo, no se ha definido la naturaleza exacta de este control. De la misma manera, no está claro el mecanismo preciso de liberación de  $\text{PGF2}\alpha$ . Se cree que la  $\text{PGF2}\alpha$  es la que causa la regresión del cuerpo lúteo durante el ciclo estral.

Gracias al uso de técnicas de radioinmunoanálisis, suplementadas por otros estudios químicos y bioanálisis, se han estudiado los cambios relativos en niveles hormonales de esteroides ováricos durante el ciclo estral (Fig. 3, 3-1, 3-2, 3-3). Hay más similitudes que diferencias entre especies. A partir de esta información, resulta lógico concluir que la





progesterona tiene un efecto dominante en la regulación del ciclo estral. Durante el diestro, cuando las concentraciones de progesterona son altas, las concentraciones de FSH, LH y estrógenos totales permanecen bajos.

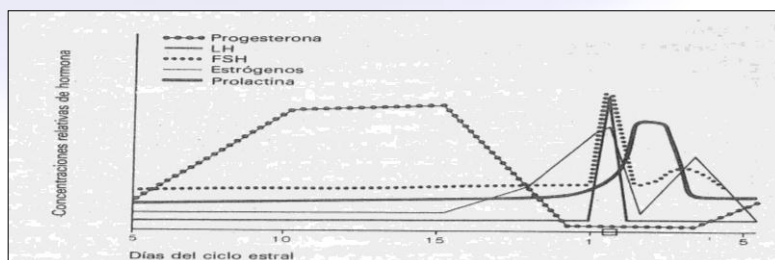
Se puede detectar cierto crecimiento folicular en algunas especies y se asocia con pequeñas elevaciones de FSH, LH y estrógenos la mitad del diestro, pero no se observa el rápido crecimiento folicular típico del día 2 ó 3 antes de la evolución. De la misma manera, durante la preñez las grandes concentraciones de progesterona evitan la liberación de hormonas gonadotrópicas que iniciarían el comportamiento de estro. De este modo, la progesterona regula la liberación de gonadotropinas a través de un control de retroalimentación negativa.(1)

Al final del diestro, la  $PGF2\alpha$  uterina provoca la regresión del cuerpo lúteo, junto con una marcada disminución de las concentraciones sanguíneas de progesterona. Estas bajas concentraciones de progesterona pueden servir como estímulo o quitar un bloqueo del hipotálamo o hipófisis anterior, lo que ocasionará liberación de FSH, LH y prolactina. Existe elevación de estrógenos durante el

proestro de la cerda, la oveja y la vaca, y al empezar el estro en las yeguas, disminuyendo cerca el final del estro.

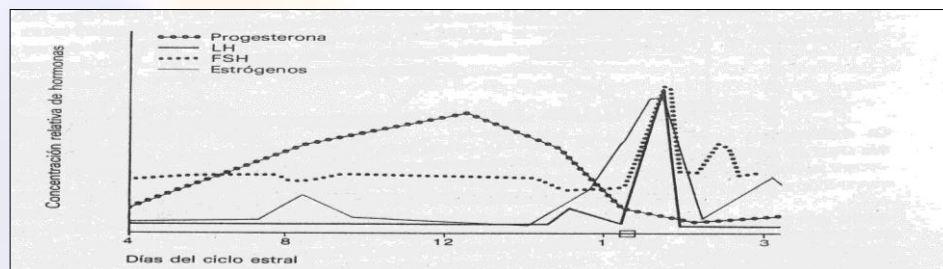
Se pueden observar elevaciones de FSH y LH que tienen una duración de 8 a 10 horas durante el estro, permaneciendo así durante todo el estro. Debido a que la FSH estimula el crecimiento folicular durante el inicio del proestro y directa o indirectamente provoca elevación marcada del FSH durante el proestro. Posteriormente se enmascara una liberación de FSH por la hipófisis anterior, al incrementar la captación de FSH por los sitios receptores en las células de la glucosa.

**Fig. 3. Cambios hormonales en el plasma periférico durante el ciclo estral de la vaca. La disminución de progesterona los días 16, 17, 18 va seguida por elevaciones estrógenos al final del proestro, de FSH y LH durante el estro y de prolactina al final del estro y principio del metaestro.**



(Baerden y Fuquay)

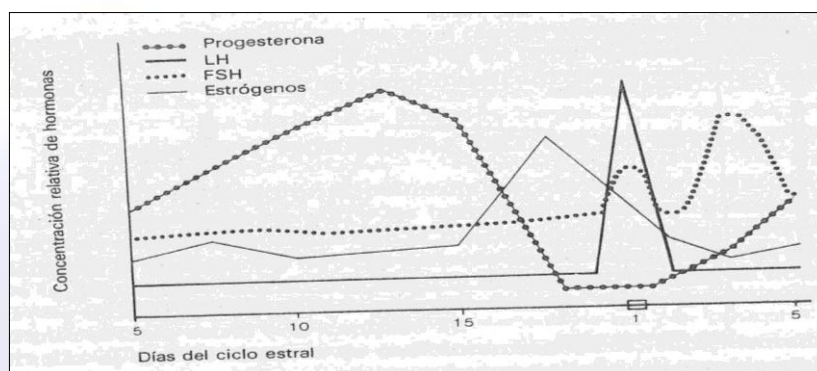
**Fig. 3-1. Cambios hormonales en el plasma periférico durante el ciclo en la oveja. Los patrones de la oveja son similares a los de otras especies. A la reducción de la FSH durante el proestro le sigue una elevación durante el estro y otra durante el metaestro.**



(Bearden y Fuquay)

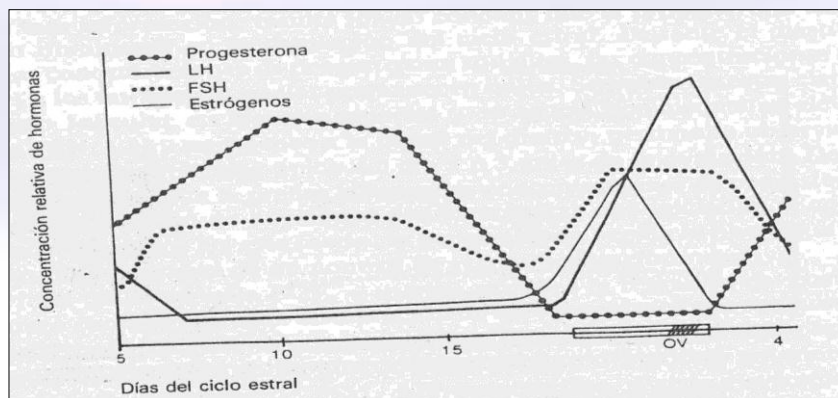
Esta hipótesis es apoyada por recientes investigaciones en la vaca que demuestra una disminución de FSH de la hipófisis anterior, aproximadamente 2 días antes de la elevación de LH. La rápida elevación de LH y FSH durante el estro parece ser requisito necesario para el crecimiento y maduración de los folículos de Graaf, que son necesarios para la ovulación.

**Fig. 3-2. Cambios hormonales en el plasma periférico durante el ciclo estral de la cerda. Es notable el marcado incremento en FSH durante el proestro.**



(Baerden y Fuquay)

**Fig. 3-3. Cambios hormonales durante el ciclo estral en la yegua. Los patrones son similares a los de otras especies, excepto por que las elevaciones de FSH y LH durante el estro duran varios días.**



(Baerden y Fuquay)



Ocurre con el crecimiento folicular, hay una elevación de estrógenos. Los estrógenos se producen por células en el folículo de Graaf e incluye la síntesis de testosterona por las células de la teca interna y su subsecuente conversión a estrógenos por las células de la granulosa. Aunque aún está por demostrarse, hay apoyo a esta teoría a través de investigaciones que demuestran que las células de la granulosa tienen sitios receptores para testosterona y que la unión de la FSH a sitios receptores en los ovarios está limitada a las células de la granulosa. Una limitación de la teoría es la interrogante de si la testosterona puede difundir a través de la membrana basal, que separa las células de teca interna y su lecho capilar de la granulosa, a una velocidad lo suficientemente rápida como para permitir la elevación detectada de estrógenos. Los estrógenos causan los signos fisiológicos y de comportamiento del estro e inician la liberación de LH a través de un control positivo de retroalimentación.

Después de la ovulación se formará un cuerpo lúteo en cada sitio de evolución. La formación ocurre rápidamente, y para el día 4 ó 5 del ciclo estral, un incremento detectable



de progesterona indicara de nuevo a la fase de diestro. La LH tiene influencia dominante del control en la formación del cuerpo lúteo. La prolactina sinergiza con la LH al incrementar y mantener los sitios receptores para la LH en el cuerpo lúteo, por lo menos en algunas especies. La LH es lúteotrópica, y juntos con la prolactina mantiene la función del cuerpo lúteo en los animales de granja. Parece ser que la LH mantiene esta función incrementando en gran medida el flujo sanguíneo a través del cuerpo lúteo. En forma opuesta. La  $PGF2\alpha$  suspende el flujo sanguíneo al cuerpo lúteo, privándolo de los metabolitos necesarios para la síntesis de progestágenos, causando así su regresión. (1)

## **2.22 REGULACION FISIOLÓGICA DEL CICLO ESTRAL**

La regulación de la ciclicidad sexual de la hembra es un proceso complejo. Con el desarrollo de modernas técnicas, particularmente los análisis hormonales, existe un continuo avance en el conocimiento y comprensión de los mecanismos implicados. Aunque la mayoría de los primeros trabajos fueron realizados en animales de laboratorio (sobre todo rata y cobaya), hoy día disponemos de abundante



información sobre las especies domesticas. Si embargo, hay especies, como la perra, en que todavía la información es incompleta.

La regulación de la ciclicidad sexual se lleva a cabo bajo el control del eje hipotálamo- hipófisis – ovarios. A su vez, sobre eje ejercen influencia otras áreas estrahipotalámicas (córTEX cerebral, tálamo y zona media del cerebro) que se ven afectadas por estímulos como luz, olfato y tacto (Ellendorff, 1978). De igual forma, existen también influencias del útero sobre el ovario.

La glándula pineal parece tener un importante papel en el otro de la reproducción en las especies de reproducción estacional, así como en el comino de la pubertad, a través de su implicación en la liberación de FSH, LH y prolactina. Aunque la mayor parte de las investigaciones se han centrado sobre la acción de la melatoninaindolamina, hoy en día existe un creciente interés sobre otros péptidos hormonales de origen pineal, tal como la vasocinarginina e inhibidores de las hormonas liberadoras de gonadotropinas y prolactina.



Existen algunos indicios de que la melatonina no actúa directamente sobre el hipotálamo – hipófisis anterior, sino indirectamente, a través de otros péptidos hormonales de origen pineal.

La melatonina conduce la respuesta reproductiva de la oveja inducida por los fotoperiodos (Bittman et al., 1983) la administración rítmica de melatonina a ovejas adultas produce un efecto similar al incremento de las horas de oscuridad induciendo el comienzo de la estación reproductora (Arendt et al., 1983), y provoca cambios en las concentraciones de la prolactina plasmática que son similares a los que acontecen después de una exposición a días cotos (Kennaway et al., 1983).

En la oveja es necesaria la presencia de la glándula pineal para que se reduzca la respuesta reproductiva tanto en el caso del fotoperiodo natural como cuando se altera artificialmente los periodos lumínicos. Sin embargo, otros factores ambientales son también importantes toda es que ovejas pinealectomisadas muestran así mismo estacionalidad reproductiva (Lincoln, 1985).





La yegua es reproductora estacional comenzando su actividad sexual cuando se incrementa la luz diaria. La glándula pineal también interviene, ya que si la eliminamos la yegua no muestra una respuesta normal a los cambios del foto periodo. En las yeguas los niveles de melatonina se incrementan mediante las horas de oscuridad (Grubaugh et al, 1982). Existen datos que los patrones de secreción de melatonina se establecen en las patronas de alrededor de los 6 meses de edad.(1)

El hipotálamo controla la liberación de las gonadotropinas de la hipófisis anterior mediante la acción de sustancias específicas inhibitoras. Estas son secretadas por las neuronas hipotalámicas y transportadas desde la eminencia media del hipotálamo hasta la hipófisis por el sistema portal hipotálamo-hipofisario. En 1971, en el ganado porcino se determinó que la estructura molecular de la hormona liberador de gonadotropinas (GnRH) era un decapeptido (Madsuo et al., 1971), y posteriormente sintetizada (Geiger et al., 1971). No está suficientemente claro si la GnRH es responsable de la liberación in vivo tanto de FSH como de LH (Lamming et al., 1979), Aunque la inyección de GnRH



estimula las especies domesticas la liberación FSH y LH (Pelletir, 1976). No se han identificado factores inhibidores específicos de gonadotropinas, tal como en el caso de la prolactina

Neurotransmisores específicos están involucrados en la regulación de la liberación de hormonas hipofisarias. El papel de tres monoaminas ha sido claramente establecido (Kor – don, 1978). La noradrenalina estimula la liberación de FSH y LH; la inhibición de la conversión de dopamina ha noradrenalina bloquea la liberación inducida por el estradiol de la LH responsable de la ovulación; las serotonina inhiben la secreción basal de LH y regula otros sistemas neurosecretores. La dopamina también tiene un importante papel en el control de la liberación de la prolactina.

Se ha comprobado que en las especies domesticas la secreción del FSH y LH está controlada por dos sistemas funcionalmente separados pero superpuestos. Hay un sistema tónico responsable de la secreción basal continua de gonadotropinas que estimulan el desarrollo de los componentes germinales y endocrinos del ovario, y un



sistema cíclico que controla las secreciones masivas y cíclicas de gonadotropinas particularmente LH responsable de la ovulación. Existen dos centros hipotalámicos involucrados de estos dos sistemas. (1)

Con la excepción del gato del gato, conejo y camello, todas las especies domesticas son de ovulación espontánea, sin embargo, en las especies señaladas anteriormente la ovulación es inducida por estimulación de determinados receptores sensitivos presentes en la vagina y cuello uterino en el momento del coito. La estimulación coital provoca un reflejo neuroendocrino que activa del centro cíclico de la GnRH liberándose la oleada preovulatoria del LH. (1)

## **2.23 COMPORTAMIENTO EN EL APAREAMIENTO**

Se ha definido el estro como el periodo donde la hembra es receptiva al macho. Tanto para el control de apareamiento natural, como para el uso de inseminación artificial, es necesario que los encargados de los animales reconozcan los signos del estro y estén consientes de los factores que contribuyen a un a un comportamiento estral normal.



Se han asociado niveles elevados de estrógenos con los signos de comportamiento del estro, y son de importancia primordial. Sin embargo, hay pruebas que señalan la interacción de los estrógenos con ciertos sentidos para provocar la respuesta de comportamiento completa. La demostración a este respecto es más abundante en las cerdas y la ovejas y no tanto en las vacas y las yeguas, pero es probable que la contribución de estos sentidos se importante en todas las especies. Tanto el sentido de olfato como el del oído son importantes en la cerda. Cuando no hay verracos, la provisión de sonidos de verraco a través de grabaciones, o el olor del cerdo por medio de soluciones que contiene feromonas de verraco. Aunque la oveja no muestra signos de estro cuando no está presente el macho, no se ha identificado los sentidos con esta respuesta. Puede participar una combinación de los sentidos de la vista, el oído y el olfato. Probablemente el sentido del tacto sea importante para todas las especies en lo que respecta a la cúpula, pues encimarse, morderse, lamerse y frotarse son parte del cortejo previo a la copulación. (1)

En general, las hembras estarán más tranquilas, irritables y excitables durante el estro. Además, habrá un interés



aparente por el macho en los momentos anteriores al estro. Estas indicaciones pueden verse por primera vez al final del proestro, pero la hembra no permitirá que se le monte el macho u otra hembra. Será de beneficio conocer las características del animal en cuanto se esté detectando el estro. También es importante vigilar a las hembras en estro mientras están calmadas. Al amanecer y al atardecer es recomendable vigilar el estro, en especial si los animales no se dan cuenta que se les está viendo. La detección del estro es muy difícil si las hembras están excitadas por la presencia de personas, ruidos o porque anticipan el alimento. Los patrones específicos de comportamiento y fisiológico son característico de cada especie.

Las vacas son únicas, pues muestran tendencias sexuales bastante fuertes, lo que hace que la detección del estro sea comparativamente fácil, incluso si no hay toros presentes. Las vacas en estro se dejan montar y montaran a otra. Pueden oler la vulva de otra vaca. Se levantan con frecuencia y mueven la cola y pueden abandonar el hato en busca de toro. Tendrán una vulva congestionada y a menudo se puede ver un moco cristalino escurriendo de la vulva. Vacas en otros periodos del ciclo montaran a las que están en



estro, pero no se dejaron montar. Por lo tanto, el dejarse montar es la indicación más fuerte del estro.

En comparación con la vaca, la oveja no muestra signos si no está presente el macho; rondará alrededor del macho oliendo sus genitales y agitando la cola vigorosamente. La vulva de la oveja no estará congestionada ni habrá moco visible. Si se usa inseminación artificial en las ovejas, se requerirá un macho alrededor para la detección del estro.

Las cerdas adoptarán una posición de cópula cuando el cerdo, otra cerda o la mano del cuidador hacen presión sobre la grupa. Esto es un reflejo conveniente en la inseminación artificial, pues las cerdas se pueden inseminar sin forcejeo si se mantiene presión sobre la grupa. No habrá moco visible durante el estro, pero la vulva estará inflamada y congestionada. Se nota la vulva más inflamada en las cerdas jóvenes que en las viejas. La vulva se puede inflamar después de la administración de ciertos mecanismos, así que se debe tomar esto en cuenta con otros signos.

Ella permitirá que el garañón la huela y la muerda. Ella extenderá sus miembros posteriores, levantará la cola a un lado y bajará su grupa. La vulva estará colgada e inflamada, con los labios parcialmente revertidos. El clítoris erecto se



expondrá constantemente por las contracciones de los labios. Se debe probar a la yegua con un garañón para una detección adecuada. Cualquier intento de luchar contra el garañón indica que no está en estro, aunque sean aparentes otros signos de esto. En las yeguas y en otras especies, el comportamiento individual durante el estro ayudará a su detección.

Se ha presentado como un problema mayor de la reproducción la detección exacta del estro en los animales de granja. Es muy importante entender el comportamiento esperado y los factores que contribuyen a la respuesta esperada en cada especie para una efectiva detección del estro. (1)

## 2.24 HORMONAS SINTÉTICAS (8)

Hormonas	Dosis
GnRh	8 mcg /peso vivo (buserelina)
Pg2alfa	0.150mg /vaca (clorprotenol sodico)



implante

progesterona            1g

+

Benzoato            de

estradiol            2mg

G.C. H            200UI/vaca

## 2.25 PROTOCOLOS DE SINCRONIZACION DE CELO

La variabilidad de hormonas sintéticas en el mercado ha permitido aprovechar los periodos del ciclo sexual para provocar la fase de calor en los bovinos,.

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

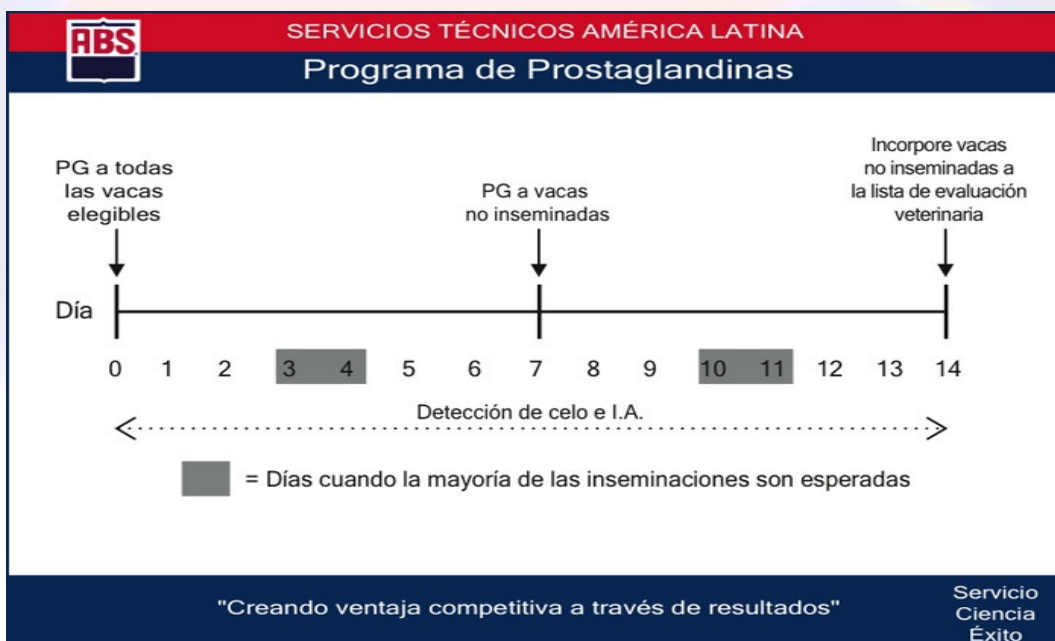


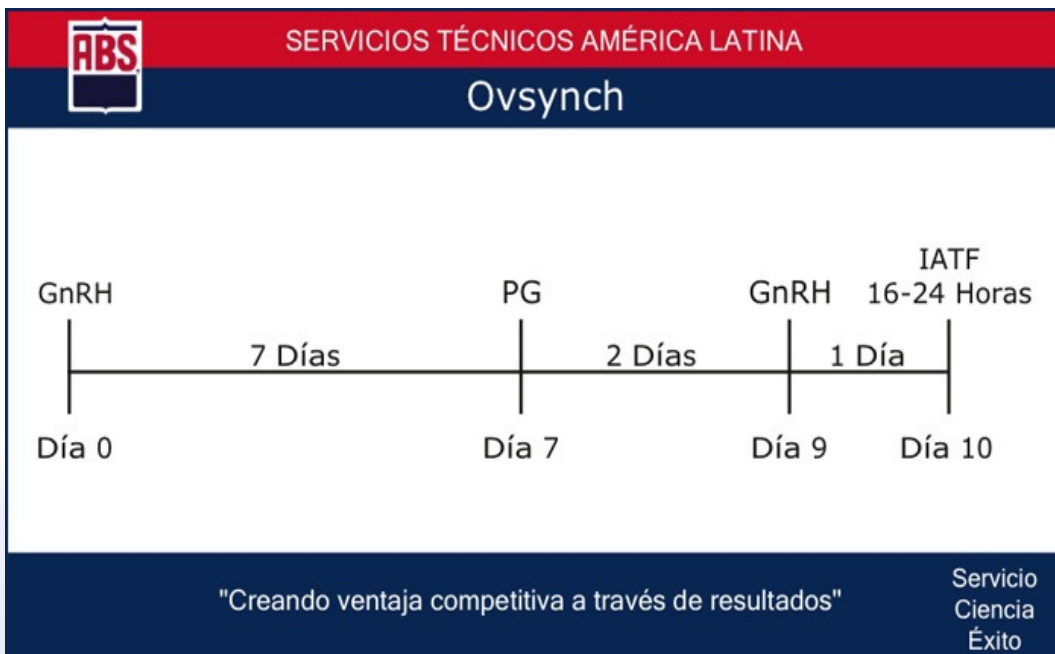


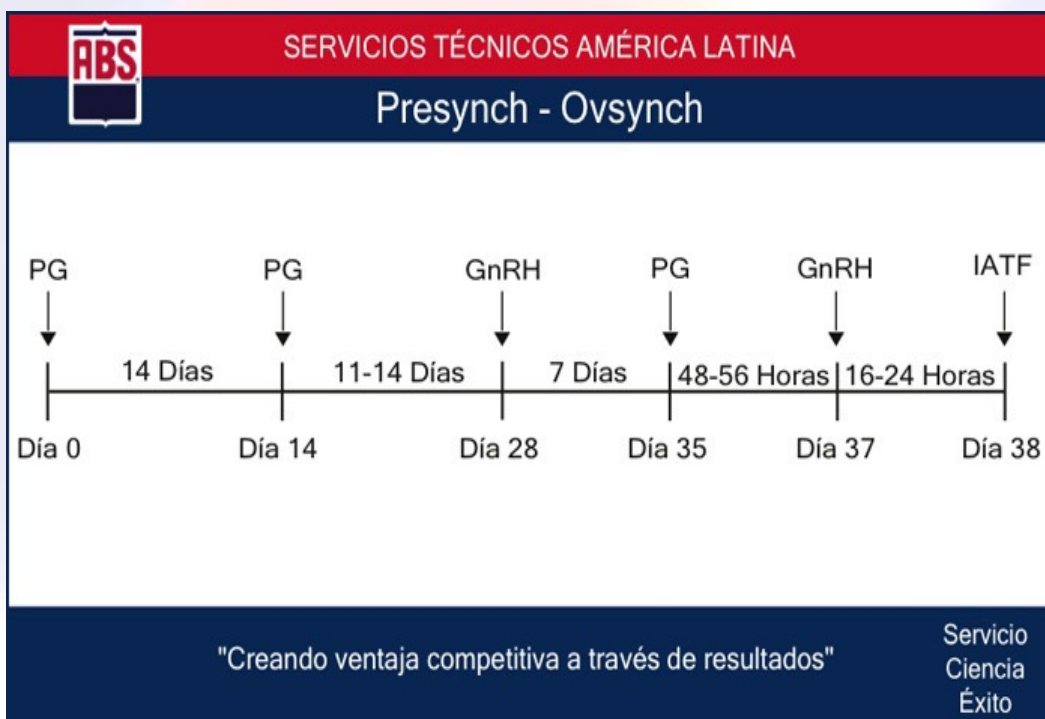
una pequeña reducción de la fertilidad de los animales después de los celos inducidos.

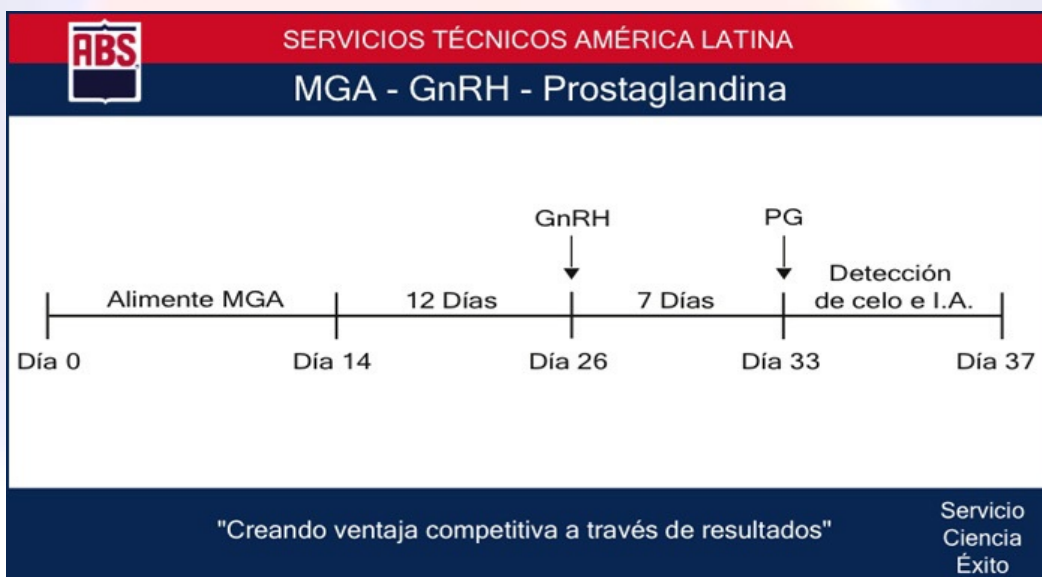
Cuando se va a implementar un programa de sincronización tenemos que caracterizar al grupo de animales que serán tratados. Esta clasificación se da básicamente considerando si se trata de vaquillonas o vacas con cría al pie y el estado del ovario. Determinados protocolos que pueden ser utilizados en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

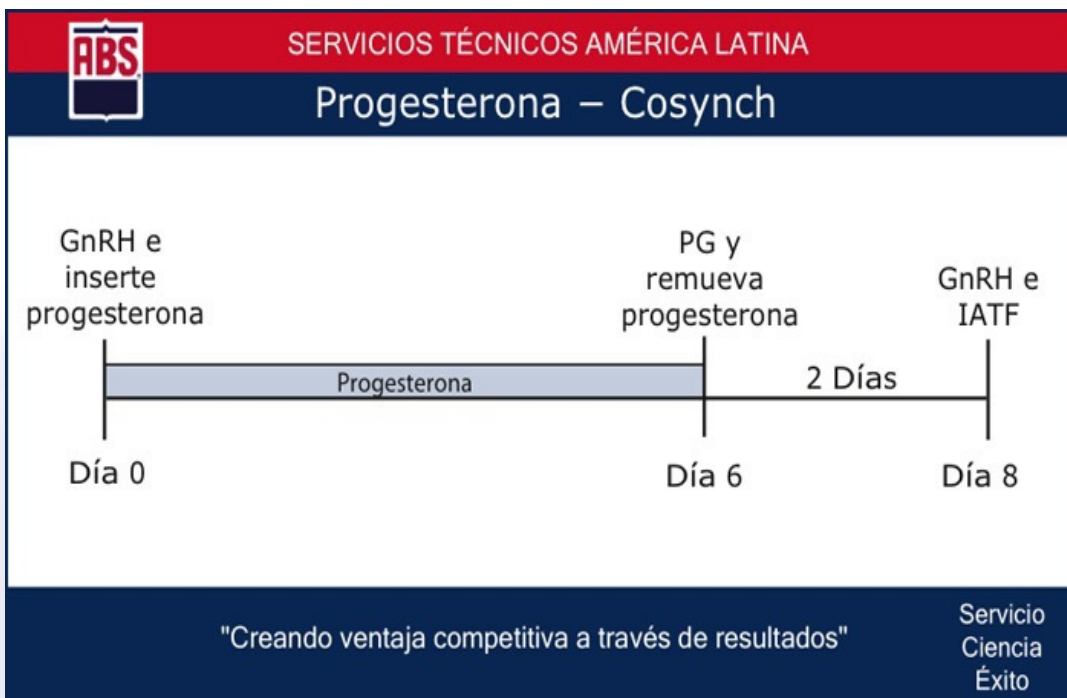
Entre las principales alternativas de sincronización para inseminación artificial a tiempo fijo tenemos: (14)



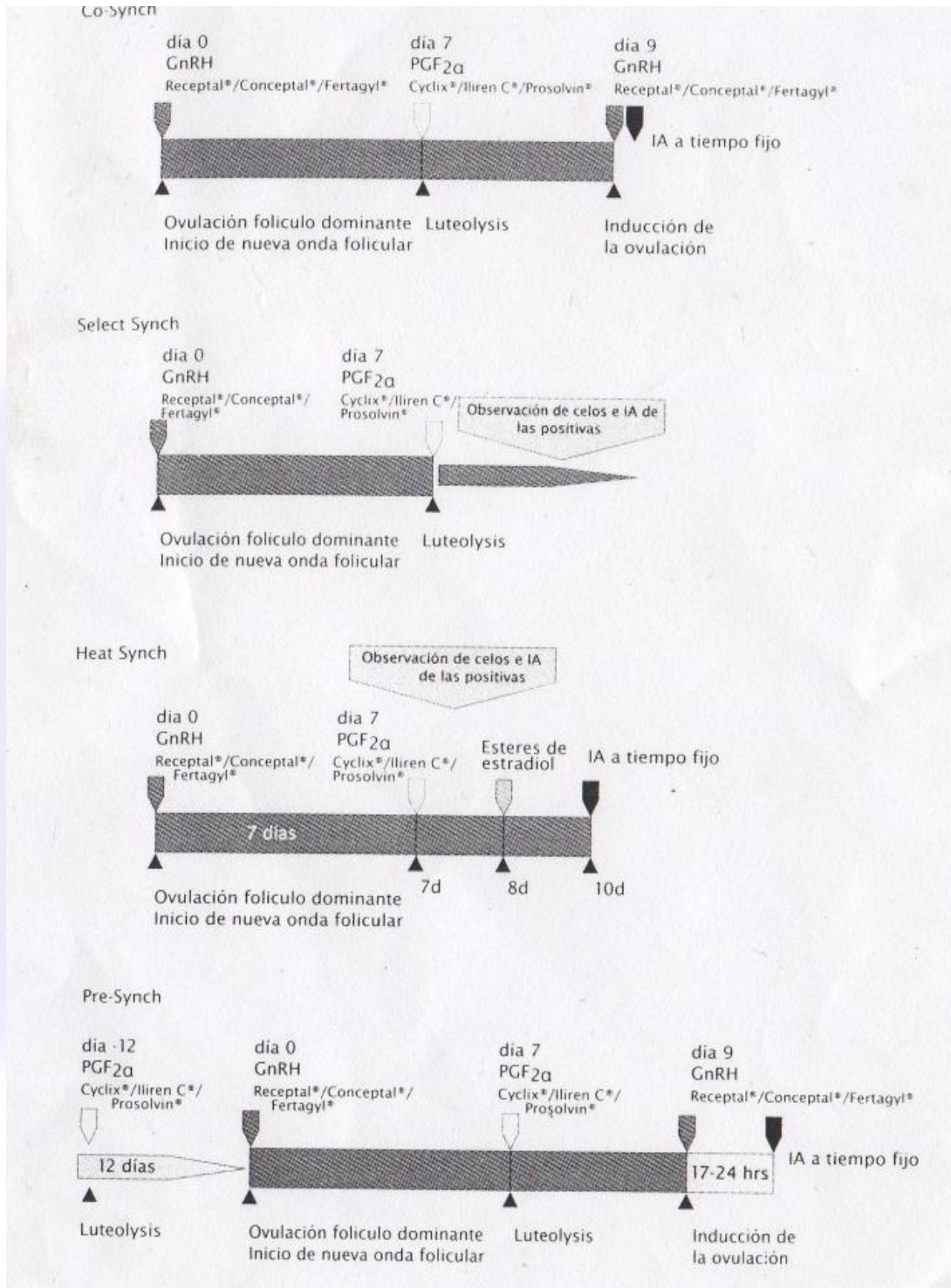








## El protocolo Ovsynch y sus variantes. (3)





Otras alternativas:

**Mediante el uso de Pg2 $\alpha$  y detección del Diestro**

Proestro	Diestro	Metaestro
Estro		
Pg2 $\alpha$	Pg2 $\alpha$	Pg2 $\alpha$
Pg2 $\alpha$		
	72h celo	
8 días Diestro	5 días diestro	3-4días diestro
4 días diestro		

Coloco el día 0 a todos los animales Pg2 $\alpha$  y en 10 u 11 días vuelvo a poner Pg2 $\alpha$  y en 3 días todas entran en calor

**Implante de progesterona (9)**

Días			
0.....	7.....	9.....	10.....11
	Coloco		pongo retiro
entra			
Implante progesterona		Pg2 $\alpha$	implat celo
Valerato de estradiol			

**Implante de progesterona**



Días 0.....4.....6.....

Coloco	pongo	entra
Implante progesterona	Pg2 $\alpha$	calor
Valerato de estradiol	GnRh	
	GCH	

### Uso de GnRh

Días 0.....7.....9

Coloco	pongo	entra
GnRh	GnRh	calor
	Pg2 $\alpha$	





### III. CONCLUSIÓN.

Todos los motivos anteriores sirvieron de estímulo para realizar esta monografía que se formó de acuerdo con las necesidades de la práctica y para esta misma debe servir; resume los conocimientos contemporáneos sobre la reproducción del ganado vacuno desde el punto de vista reproductivo, atendido a las condiciones específicas de la raza y medio ambiente. Relacionada a la hembra, se describen procesos fisiológicos reproductivos, ciclo sexual, hormonas que intervienen en su reproducción, los diferentes protocolos alternativos para la inseminación artificial a tiempo fijo y la intervención de la somatotropina en el proceso reproductivo que permite mejorar el índice de concepción y fertilidad mediante la aplicación de varias dosis por animal a partir de la inseminación, cada 14 días o la aplicación de una dosis al inicio del estro y diez días más tarde la otra dosis por animal tanto para vacas primerizas como para vacas repetidoras. La necesidad de reducir las deficiencias en la detección de celo han llevado a diseñar protocolos de Inseminación a Tiempo Fijo y aún cuando pueden existir variabilidad de resultados, es claro que se puede contar con una alternativa para contribuir a disminuir las deficiencias



reproductivas. En nuestras condiciones, si bien los costos de administración de protocolos de IA a tiempo fijo pueden parecer elevados, las deficiencias en la detección de celos es un problema importante y que puede afectar la productividad de un establecimiento.

Sin embargo, hay que señalar que una de las grandes deficiencias de los programas de sincronización es la inadecuada atención al manejo de los animales. Los protocolos de sincronización son complementarios a un buen manejo pero no lo reemplazan por lo que debe considerarse el estado nutricional de los animales al momento del servicio y un periodo de descanso postparto mayor a los 55 días.



#### **IV. RECOMENDACIONES**

Al poner en marcha un programa de IATF es necesario tener en cuenta algunos factores de manejo, nutrición y salud animal, que permitirán producir una mejor respuesta frente a los diferentes protocolos de sincronización utilizados en la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo.

El uso de estas nuevas técnicas deben ser realizadas por profesionales especialistas en el área, para el aprovechamiento de los ganaderos, y optimizar la fertilidad y concepción de los animales.

Una alternativa del uso de la somatotropina es utilizar en vacas que paguen su costo, debido a su valor económico.



## V. Bibliografía

1. Bearden J. H. y Fuquay J. W. “ Reproducción animal aplicada” Editorial El manual moderno S. A. Mexico D.F. 1980. PP. 5-27;32-37.
2. Bearden J. H. “Ginecología veterinaria ” PP. 26-31.
3. Compendium de reproducción animal (intervet) PP. 58;59.
4. *\*\* Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México D. F. <http://www.google.com/images?> PP. 37-39.*
5. Lubos H. “Bases biológicas de la reproducción bovina” Editorial Diana S.A. México año de publicación 1983. 1era edición PP. 39;44

## CIBERGRAFIA

### Sitios web investigados

6. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/nutricion/foros/cual-opinion-sobre-uso-t11700/141-p0.htm>



7. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-50922009000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-50922009000100001&script=sci_arttext)
8. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/genetica/articulos/reproduccion-vacas-lecheras-uso-t565/103-p0.htm>
9. <http://www.google.com/#hl=es&pq=progesterona%20dosis%2Bbovinos&xhr=t&q=implantede+progesterona+%2B+ben+dosis%2Bbovinos&cp=28&pf=p&sclient=psy&source=hp&aq=f&aqi=&aql=&oq=implantede+progeterona+%2B+ben+dosis%2Bbovinos&pbx=1&fp=98da69496a0d3f7a>
10. <http://www.google.com/#sclient=psy&hl=es&source=hp&q=cloprostenol+dosis%2Bbovinos&aq=f&aqi=&aql=&oq=&pbx=1&fp=98da69496a0d3f7a.Pag>
11. [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/60-ia\\_a\\_tiempo\\_fijo.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/60-ia_a_tiempo_fijo.pdf)
12. <http://www.rosenbusch.com.ar/argentina/manual/Inseminacion.htm>
13. [http://www.iracbiogen.com.ar/front/productos\\_servicios.asp](http://www.iracbiogen.com.ar/front/productos_servicios.asp)
14. <http://www.absamericalatina.com/herramientas/protocolos.shtml#prostaglandina>

