

VISION FISIOLÓGICA DE LA REPRODUCCIÓN BOVINA (CIGAL 2010)

MVZ. JAVIER GARCIA DE LA PEÑA

La fisiología es la rama de la biología que se encarga del estudio del funcionamiento normal de órganos, aparatos y sistemas que conforman a un ser vivo, al mismo tiempo la fisiología nos indica claramente cual es la correlación funcional entre todos los órganos, aparatos y sistemas, lo que da como resultado lo que conocemos como VIDA.

Cada una de las estructuras funcionales que conforman a un ser vivo trabajan armónicamente, esta armonía se refleja hacia otras, esto es, todas trabajan para mantener la homeostasis que significa armonía funcional, si por cualquier causa algún órgano, aparato o sistema no funciona adecuadamente, se rompe el equilibrio, se acaba la homeostasis y el individuo cae en el estado patológico.

Por todo lo antes expuesto es importante que aquel profesionalista que se dedica al ejercicio de la medicina veterinaria en cualquiera de sus áreas, tenga el conocimiento profundo del funcionamiento normal de todas las estructuras que conforman a nuestros animales, con este conocimiento estará en condiciones de hacer un adecuado diagnóstico de cual o cuales no están funcionando normalmente, en base a esto aplicará la terapéutica con la cual se podrá restituir la función o funciones alteradas y por consiguiente la homeostasis de ese organismo.

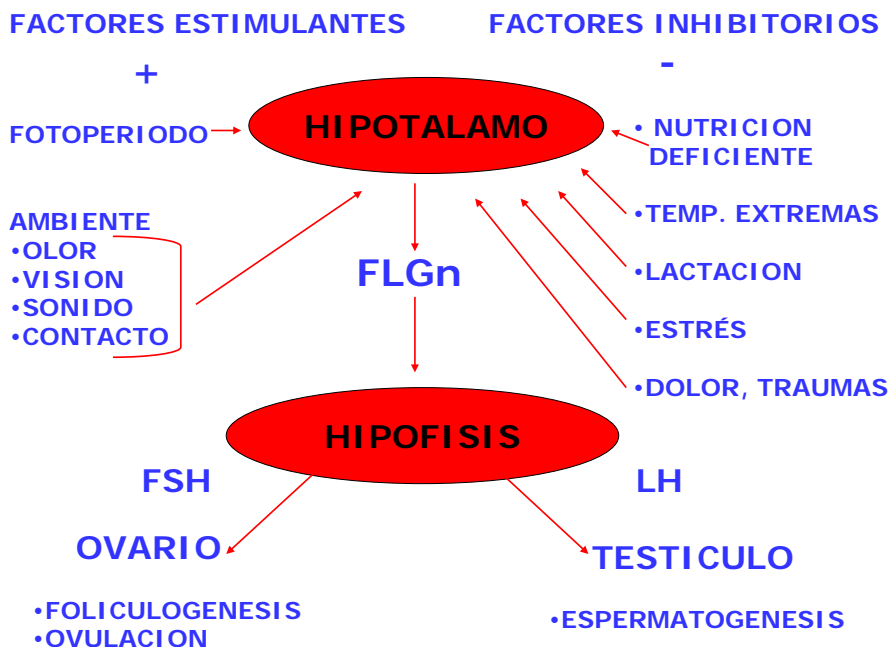
En el presente trabajo dedicaremos nuestra atención a la fisiología de la reproducción bovina, para tal efecto debemos estudiar la función de todos los órganos, aparatos y sistemas que intervienen en la reproducción, como funcionan, como se interrelacionan, como la actividad de uno de esos componentes afecta el funcionamiento de otro. En esta ocasión solo haremos mención a las estructuras que intervienen en los procesos reproductivos y dejaremos a un lado otros órganos, aparatos y sistemas que son influenciados por la actividad reproductiva.

Cuando hablamos de la visión fisiológica de la reproducción bovina debemos entender ésta como el principio indispensable para la conservación de la especie, en segundo término debemos considerar que a través de la reproducción estaremos en condiciones de producir cantidades crecientes de carne, de leche y sus derivados, alimentos indispensables en la alimentación humana y cuya demanda se incrementa día con día, ya sea por el aumento de la población o por el incremento del poder adquisitivo de algunos estratos sociales.

En el proceso reproductivo es necesaria la concurrencia de hembras y machos que a través de la actividad funcional de su aparato reproductor proporcionan los espermatozoides y los óvulos que albergan a través de los genes la información propia de la especie y que además transmiten a la progenie las características de precocidad y productividad, factores tan importantes que permiten el mantenimiento de una explotación costeaible.

Para entrar en materia objeto de esta presentación haremos mención en primer término a lo que se denomina eje “hipotálamo-hipófisis-ovario o testículo”

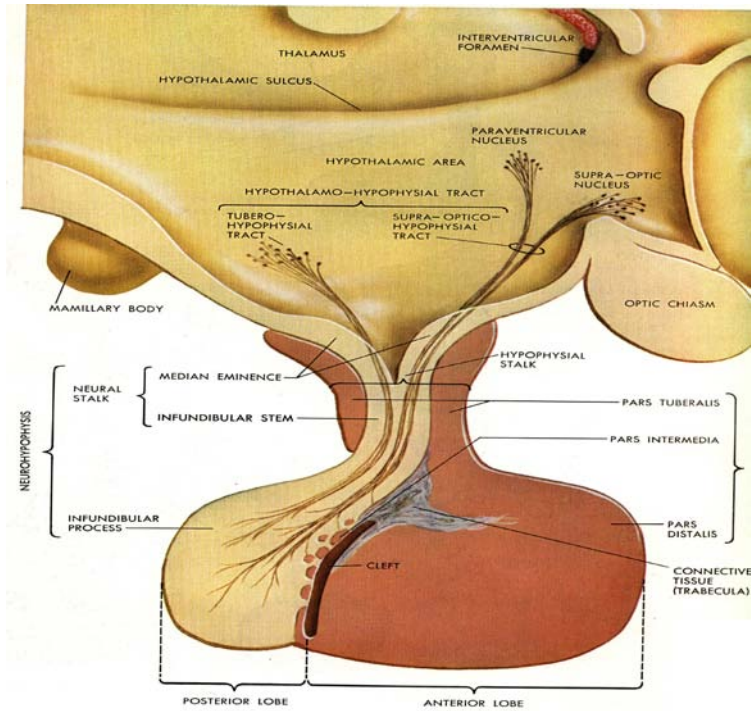
FIGURA 1
EJE HIPOTALAMO-HIPOFISIS-OVARIO O TESTICULO



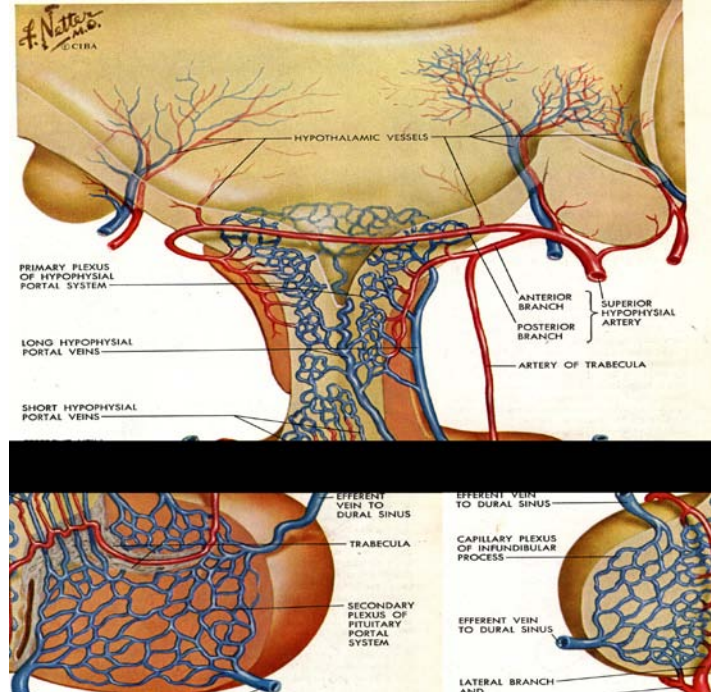
En la figura 1 observamos que el hipotálamo es estimulado por los foto períodos, es decir etapas en las que la luminosidad es más intensa y esto da lugar a un desarrollo más acelerado de los animales que viven en zonas altamente iluminadas; el medio ambiente, los olores, los estímulos visuales, los sonoros y el contacto directo entre animales también estimulan la actividad hipotalámica, por otra parte veremos como la disminución de la intensidad de luz produce retraso en el desarrollo corporal y sexual de los animales sometidos a esta condición. La nutrición deficiente, las temperaturas extremas, el estrés, los traumatismos o dolores de cualquier naturaleza, son factores que inhiben la actividad hipotalámica.

El hipotálamo (Fig. 2) reviste gran importancia en la actividad de la glándula hipófisis ya que es precisamente a nivel hipotalámico donde se producen las llamadas neurohormonas denominadas también Factores Liberadores (FL), de estos encontramos los siguientes: FL de la hormona Somatotrópica a la cual se denomina también hormona del crecimiento, FL de la hormona Adrenocorticotrópica; FL de la hormona Tirotrópica; FL de la hormona Folículo Estimulante; FL de la hormona Luteinizante; FL de la hormona Luteotrópica LTH; siendo estas tres últimas las que nos interesan en el proceso reproductivo ya que están íntimamente relacionadas con este. Todos los factores liberadores son polipéptidos pequeños que pasan a través del sistema Porta-Hipotálamo-Hipofisario (Fig. 3) hasta la Adenohipófisis o Hipófisis anterior con objeto de estimular a las células de la glándula para la producción, que en este caso las únicas que nos interesan desde un punto de vista reproductivo son la FSH, la LH y la LTH es decir las hormonas Gonadotrópicas.

**FIGURA 2
HIPOTALAMO**

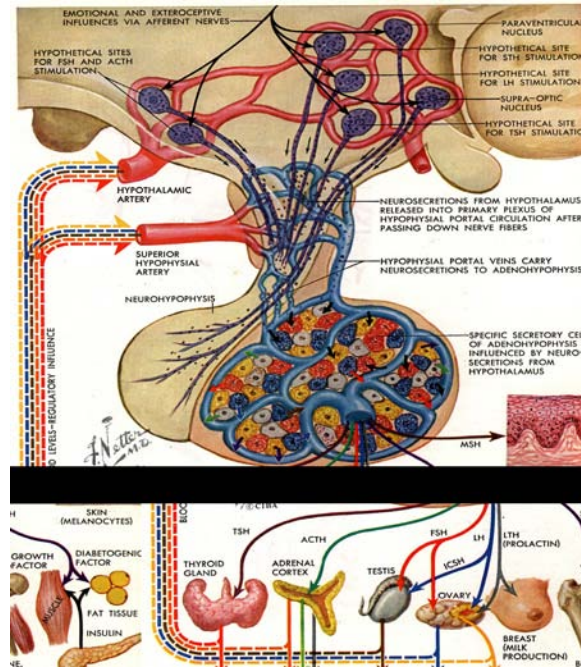


**FIGURA 3
SISTEMA PORTA-HIPOTALAMO-HIPOFISARIO**



Se denomina Sistema Porta-Hipotálamo-Hipofisario por su parecido con el Sistema Porta-Hepático que está integrado por regiones lacunares.

FIGURA 4
HIPOTALAMO-HIPOFISIS, OVARIO O TESTICULO



Cuando el hipotálamo secreta Factores Liberadores de la FSH (Fig. 4), estos estimulan a las células de la Adenohipófisis para que secreten FSH que a través del sistema circulatorio hace “blanco” en el ovario para estimular el crecimiento y maduración del folículo ovárico y además hace que este produzca cantidades crecientes de estrógenos. Por lo que se refiere a los machos la FSH hace “blanco” en el epitelio germinal de los tubos seminíferos para de esta manera incrementar la espermatogénesis.

Por lo que se refiere a la LH (hormona Luteinizante), esta es producida por las células Delta de la Adenohipófisis, pasa al torrente sanguíneo y produce tres efectos principales:

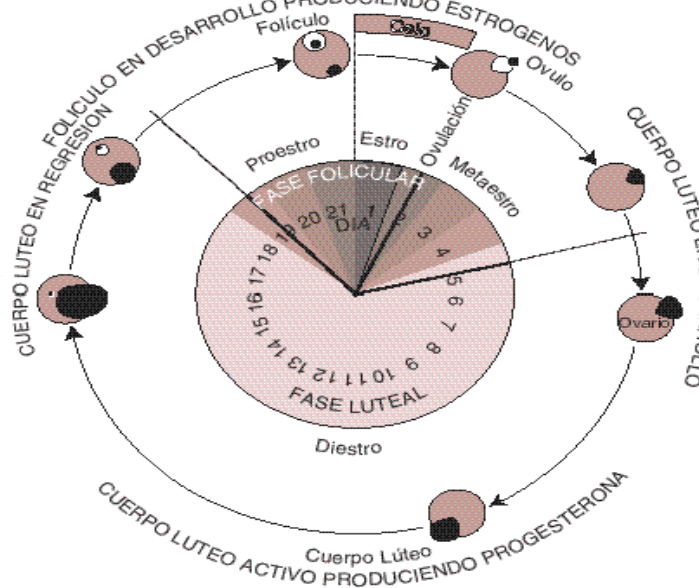
1. Actúa sinérgicamente con la FSH para producir un más rápido desarrollo y maduración del folículo ovárico, esta hormona se empieza a producir poco tiempo después de que la FSH ya ha promovido un buen crecimiento folicular.
2. Como resultado de lo anterior, también en sinergia con la FSH hace que las células foliculares secreten una mayor cantidad de estrógenos, lo que trae como consecuencia el que aparezcan los signos y síntomas del celo. En esta etapa las hembras aceptan ser cubiertas por el macho.
3. Cuando el folículo se rompe y el óvulo ha pasado al oviducto, la LH hace que las células foliculares tomen características grasas, para dar lugar a la formación del cuerpo amarillo o cuerpo lúteo, que durante toda la gestación mantendrá el silencio genital a través de la secreción de progesterona.

En el macho a esta hormona se le denomina ICSH (hormona estimulante de las células intersticiales del testículo). Esta hormona estimula a las células de Leydig para acelerar la síntesis y secreción de testosterona.

La actividad ovárica que hemos descrito desencadena el ciclo estral (Fig. 5), también llamado ciclo ovárico durante este observaremos cambios dramáticos en el comportamiento

de la hembra así como en su actividad ovárica. Para el estudio del ciclo ovárico lo dividiremos en cuatro fases (algunos investigadores hablan de una quinta fase que denominan ANESTRO) y que son: PROESTRO, ESTRO, METAESTRO Y DIESTRO.

**FIGURA 5
CICLO ESTRAL DE BOVINO**



El ciclo estral dura 21 días y la vaca es poliéstrica (todo el año).

PROESTRO: tiene una duración de 3 a 4 días. Durante esta fase se observa la regresión del cuerpo lúteo de ciclo anterior, la secreción creciente de FSH con el consiguiente desarrollo de un nuevo folículo. Se inicia la secreción de estrógenos.

ESTRO O CELO: su duración es de 6 a 30 horas. El folículo está maduro bajo la influencia de la FSH y la secreción de estrógenos (estradiol, estrona y estriol) es abundante. Durante esta fase la hembra acepta ser cubierta por el macho o debe ser inseminada por que en esta etapa se presenta la ovulación. El óvulo a través de la fimbria pasa al oviducto para encontrarse con los espermatozoides y se produzca la fecundación.

METAESTRO: tiene una duración de 3 a 4 días. Durante esta fase se inicia la formación del cuerpo lúteo bajo la influencia de la LH, disminuye rápidamente los niveles de estrógenos y se inicia el silencio genital con la producción creciente de progesterona.

DIESTRO: se consolida el cuerpo lúteo en el ovario, se produce progesterona en altos niveles y el útero se prepara para la implantación del huevo. Su duración es de 13 a 14 días.

Como mencionamos anteriormente la vaca es poliéstrica. En el cuadro 1 hacemos un resumen comparativo de la duración de ciclo estral, del estro y de cuando se presenta la ovulación en diferentes hembras poliéstricas.

CUADRO 1

POLIESTRICAS

ESPECIE	CICLO ESTRAL DIAS	DURAC. DEL ESTRO	OVULACION
YEGUA	19-25	4-8 DIAS	1-2 DIAS ANTES DEL FINAL ESTRO
VACA	21	6-30 HORAS	10-11 HORAS DESPUES DEL FINAL DEL ESTRO
CERDA	19-20	48-72 HORAS	35-45 HORAS A PARTIR DEL INICIO DEL ESTRO
CABRA	21	32-40 HORAS	30-36 HORAS A PARTIR DEL INICIO DEL ESTRO
OVEJA	16-17	24-36 HORAS	24-30 HORAS A PARTIR DEL INICIO DEL ESTRO

Hemos dividido al ciclo estral en cuatro fases que han quedado ampliamente descritas anteriormente, también se ha hecho mención a los eventos que durante cada una de estas fases se presenta en el ovario y los efectos que las diferentes secreciones de esta estructura producen a nivel del organismo. Derivado de lo anterior también podríamos dividir el ciclo estral en dos mitades, una que se denomina estrogénica, puesto que está bajo la influencia de estradiol, estrona y estriol; esta primera mitad abarcaría las fases de proestro y estro.

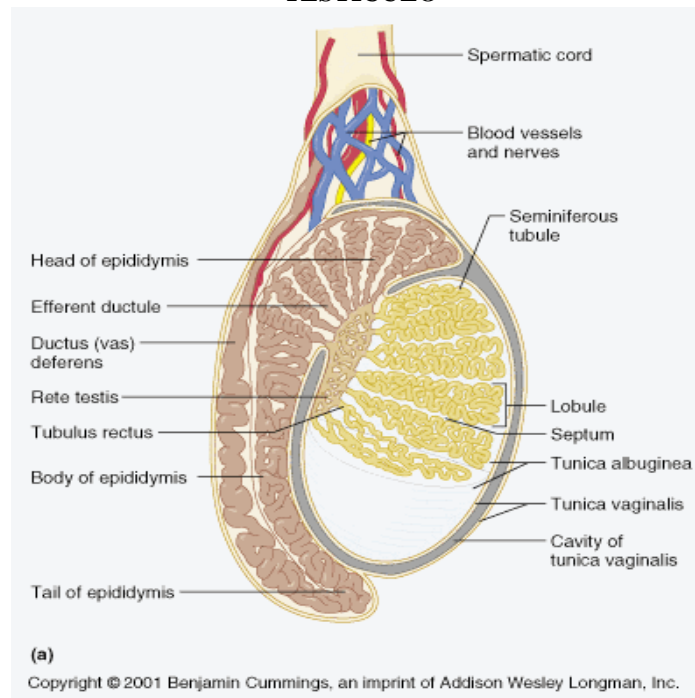
La segunda mitad del ciclo estral representada por las fases de metaestro y diestro, están bajo la influencia de la progesterona, hormona que se secreta por el cuerpo amarillo o cuerpo lúteo, durante esta mitad del ciclo estral hay silencio genital, que si existe gestación se mantendrá durante todo este período.

Dadas las modificaciones que se suceden en el tracto genital de la hembra durante el ciclo estral, también podemos hablar de dos fases que se presentan por la actividad que se produce tanto en el ovario como en el endometrio. La primera es una fase proliferativa en la que se observa el crecimiento, maduración, ruptura del folículo y liberación de grandes cantidades de estrógenos, por otra parte e inmediatamente después de la ruptura folicular el crecimiento, maduración, consolidación y secreción del cuerpo lúteo.

La otra fase se denomina secretoria, esta está representada por los llamados gestágenos (progesterol), estos producen un aumento en el contenido de glucógeno y enzimas respiratorias en el endometrio, producen el cierre del canal del cuello del útero, hacen que la mucosidad de esta estructura se vuelva viscosa, a nivel del epitelio del oviducto aumenta la secreción de glucógeno y proteínas. Activa la formación del epitelio de la glándula mamaria. La producción creciente de gestágenos durante esta fase inhibe la producción de FSH, lo que impide la maduración de nuevos folículos.

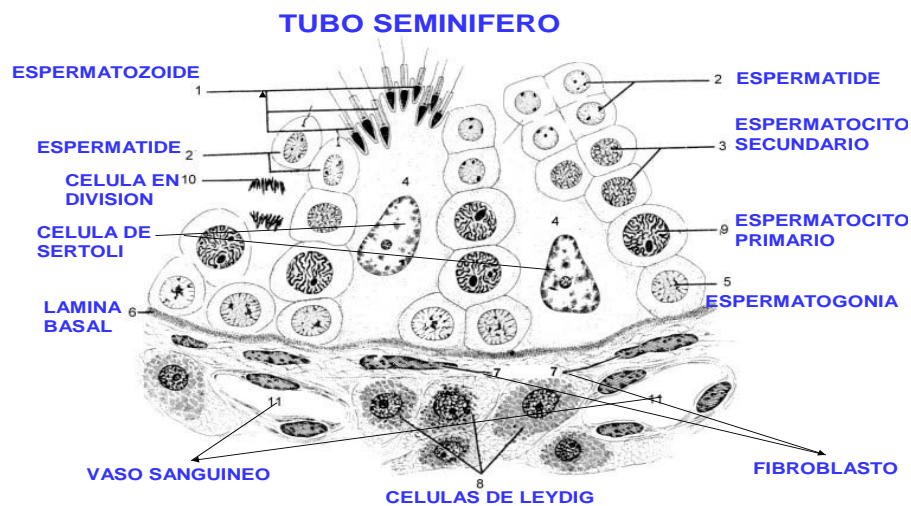
En este momento el tracto genital de la hembra está listo para recibir los espermatozoides que se producen en el tracto genital del macho y del cual haremos una descripción.

**FIGURA 6
TESTICULO**



Las principales estructuras del testículo están representadas por los tubos seminíferos, los conductos eferentes y deferentes, la rete testis y el epidídimo, así como el conducto espermático. En los tubos seminíferos se producen los espermatozoides, en sus paredes se encuentran las espermatogonias de las cuales derivan los espermatocitos primarios y secundarios, los cuales se modifican hacia espermátidos y estos a espermatozoides.

FIGURA 7



En la figura 7 encontramos todas las estructuras que conforman un tubo seminífero, de estas debemos destacar a las células de Sertoli, que producen el crecimiento y maduración de los espermatozoides. Estas son estimuladas por la FSH, que como hemos visto se produce por la adenohipófisis.

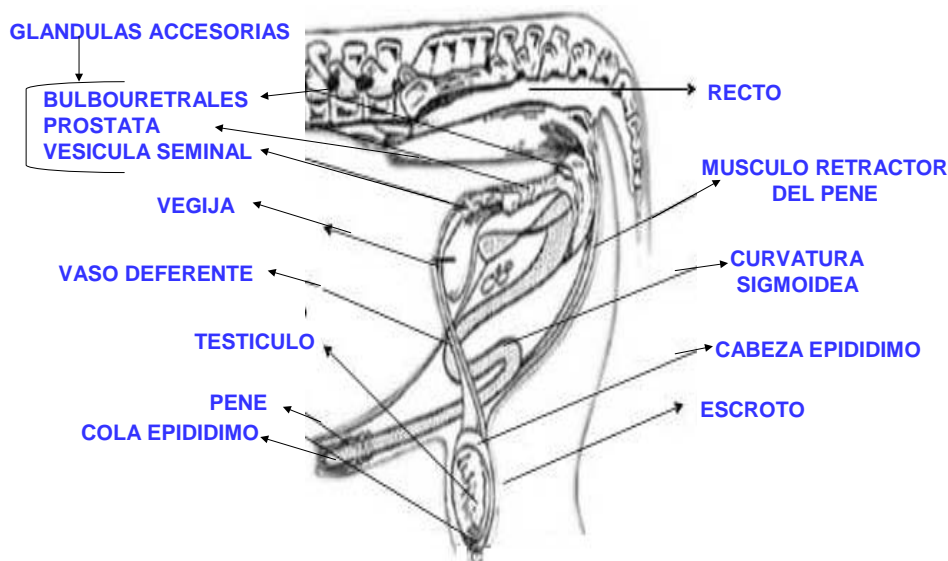
Otra estructura que debemos destacar que forma parte de las paredes de los tubos seminíferos son las células de Leydig, estas producen testosterona y son estimuladas por la LH que se produce en la adenohipófisis.

Una estructura que reviste especial importancia, es el epidídimo, en el encontramos espermatozoides en diferente etapa de maduración, en esta región se produce la capacitación espermática que no es otra cosa que un proceso de maduración de los espermatozoides, lo que permite que estas células estén listas y preparadas para la fecundación.

El aparato genital del macho (Fig. 8) presenta estructuras glandulares, cuya secreción junto con los espermatozoides componen el eyaculado, estas estructuras son las siguientes:

1. Glándulas bulbouretrales, su secreción es rica en mucina, aumenta el volumen del eyaculado y modifica el pH del conducto eyaculador.
2. La vesícula seminal, su secreción es rica en globulinas lipoides y hexosas, esta secreción es útil para conservar la viabilidad espermática así como su motilidad.
3. La próstata, su secreción es rica en fosfatasas, prótidos, lípidos y hexosas, aumenta el volumen del eyaculado y nutre a los espermatozoides. Por lo tanto el eyaculado está compuesto por los espermatozoides y las secreciones prostática, de la glándula bulbouretral y de la vesícula seminal.

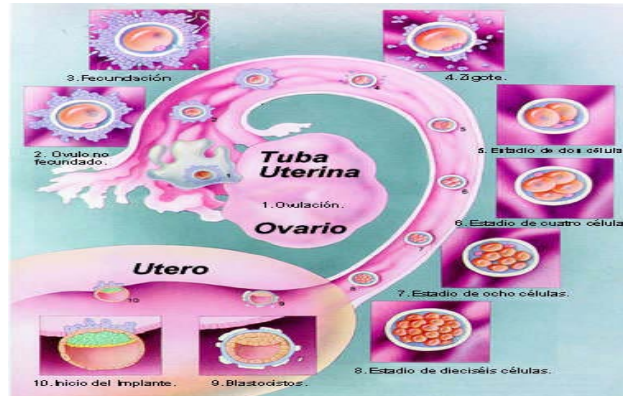
FIGURA 8



APARATO GENITAL DEL MACHO

Para que se produzca la fecundación, ya sea por monta directa o por inseminación artificial, los espermatozoides deberán ser depositados en el tracto genital de la hembra, éstos se cuentan por millones y caminan hacia el oviducto para alcanzar al óvulo y fecundarlo, esta “caminata” la realizan rápidamente y esto se debe a que el espermatozoide presenta un flagelo muy desarrollado y muy móvil, independientemente de la actividad de los cuernos del útero que a través de las células ciliadas de la mucosa impulsan a los espermatozoides a su encuentro con el óvulo (Fig. 9).

FIGURA 9



La fecundación se produce en el oviducto, muy cerca de la fimbria, aunque hay ocasiones en las que se puede realizar más adelante. Una vez que se ha producido la unión del espermatozoide con el óvulo (Fig. 10), se forma el huevo o cigoto que inicia su proceso de desarrollo, mórula, gástula y blástula.

FIGURA 10



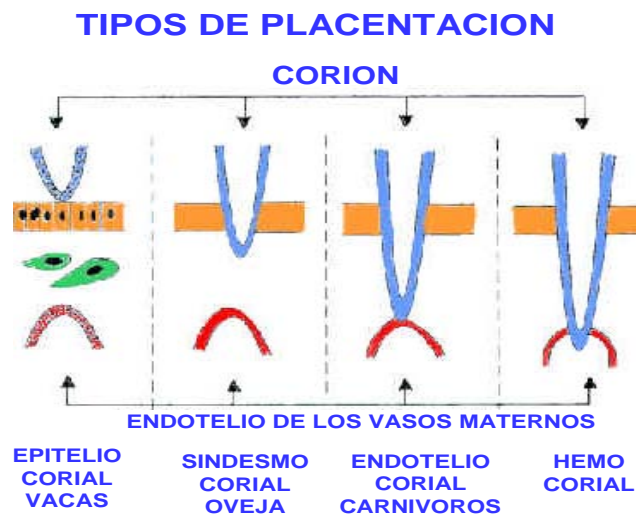
FECUNDACION

Al mismo tiempo que se inicia el proceso de división celular en el cigoto, se inicia el desarrollo de la placenta que se encargará de la protección, nutrición y transmisión de

inmunidad al nuevo ser en desarrollo. La placenta está integrada por tres capas que son: el corion, el amnios y la alantoides que junto con el líquido amniótico y el corioalantoideo mantienen al feto en un medio que además de proporcionarle todos los elementos indispensables para su desarrollo también lo aísla completamente del medio exterior.

La placenta de los bovinos es del tipo epiteliocorial (Fig. 11), es decir entre el epitelio de la vellosidad coriónica y el epitelio del vaso materno se interponen los epitelios de la propia vellosidad, el epitelio uterino y el epitelio del vaso materno.

FIGURA 11



Una vez que se han producido los procesos antes mencionados, se inicia lo que denominamos proceso de gestación, durante el, hay silencio genital absoluto generado por la presencia del cuerpo lúteo en el ovario y por la secreción de progesterona por la misma estructura. La gestación en los bovinos dura de 278 a 283 días, durante ellos es notable el cambio en la conformación corporal de la hembra y se observa como paulatinamente el animal se va preparando para el parto y la posterior secreción de leche. Anexamos el cuadro 2 en donde se observa la duración de la gestación en las diferentes especies domésticas.

CUADRO 2

DURACION DE LA GESTACION EN DIFERENTES ESPECIES

ESPECIE	DURACION	VARIABLES
CONEJO	31 DIAS	30-33 DIAS
GATO	58 DIAS	56-60 DIAS
PERRO	63 DIAS	60-66 DIAS
CERDO	114 DIAS	110-118 DIAS
CABRA	150 DIAS	146-157 DIAS
OVEJA	150 DIAS	144-156 DIAS
VACA	285 DIAS	278-283 DIAS
YEGUA	336 DIAS	320-355 DIAS

Hacia el final de la gestación se inicia el paulatino descenso de la secreción de progesterona y se inicia la producción de cantidades muy pequeñas de estrógenos; esto se debe a que la hipófisis va secretando cantidades crecientes de FSH.

En el útero el movimiento del producto va siendo más intenso y poco a poco tanto los miembros anteriores como la cabeza se van orientando hacia el cinturón pelviano. Los movimientos del producto y la actividad endocrina que ya hemos descrito, hacen que el becerro choque constantemente con la región pélvica y que esto produzca estímulos nerviosos que por vía aferente alcanzan el hipotálamo para que ahí un grupo de neuronas secretoras produzca oxitocina. Esta hormona pasa por fibras nerviosas a la neurohipófisis y de aquí a la sangre y produce contracciones rítmicas del útero, abre el cuello del mismo y acelera el parto hasta que este termina, sin embargo la actividad del miometrio estimulado por la oxitocina, no cesa hasta que no es expulsada la placenta y otros líquidos que han quedado en el útero después del parto.

Por otra parte la oxitocina también por vía sanguínea actúa sobre la glándula mamaria para estimular la producción de leche. El mecanismo a través del cual se produce la secreción láctea también es de naturaleza nervioso-endocrina, este se realiza como sigue: el becerro al provocar estímulos sobre los pezones genera impulsos nerviosos que por vía aferente llegan al hipotálamo y promueven la secreción de oxitocina y esta a su vez estimula la secreción de leche.

En este proceso también interviene la hormona LTH luteotrópica o prolactina, esta se produce por la adenohipófisis.

La LTH estimula al cuerpo lúteo para que secrete progesterona sobre todo durante la gestación, estimula el crecimiento de la glándula mamaria, actividad que realiza junto con los estrógenos y también inicia la secreción de leche.

La placenta tiene una función endocrina, es decir produce hormonas entre estas encontramos estrógenos que son liberados hacia el final de la gestación. También produce hormona lactógena que es semejante a la LTH, esta se produce en el último tercio de la gestación, estimula el crecimiento de la glándula mamaria y con esto coadyuva de manera importante en la producción láctea.

La placenta también produce inhibina durante todo el proceso de gestación, esta ayuda a mantener el silencio genital, que principalmente genera la progesterona. Por último la placenta produce prostaglandina F2alfa (PGF2alfa), esta estimula las contracciones del útero hacia el final de la gestación su actividad principal es producir luteolisis.

Es indudable que el estudio de los procesos que se realizan durante la reproducción, revisten particular importancia, ya que el conocimiento de los mismos nos permite tomar medidas adecuadas en el momento preciso y de ser necesario ayudar a la realización de los normales procesos fisiológicos si estos por alguna razón se ven alterados. La secreción de leche es una consecuencia directa de la reproducción de aquí la importancia que representa en cualquier explotación de ganado lechero, si no hay partos no hay secreción de leche, si se retrasan los ciclos estrales se retrasa también la secreción láctea y el negocio deja de ser

rentable. Por esta razón consideramos importante la visión fisiológica de la reproducción bovina.



BIBLIOGRAFIA

1. Arimura, A. Hypothalamic Gonadotropin-releasing Hormone and Reproduction, *International Review Physiology* 13:1, 1977.
2. Channing, C.P. Ovarian Follicular and Luteal Physiology. In Greep R.O., *International Review of Physiology, Reproductive Physiology III*, vol 22, ed. University Park Press, 1978.
3. Greep, R.O., Astwood, E.B. *Endocrinology Handbook of Physiology*, vol IV, The Pituitary Gland and its Neuroendocrine Control, part I. ed. American Physiological Society, Washington U.S.A. 1974.
4. Hall, P.F. Testicular Hormones Synthesis and Control. In DeGroot L.J. *Endocrinology*, vol 3 p. 1511, ed. Grune and Stratton, New York U.S.A. 1979.
5. Herlant, M. The Cells of the Adenohypophysis and their Functional Significance. *International Rev. Cytol.* 17:299. 1964.
6. Jeffcoate, S.L., Hutchinson, J.S.M. *The Endocrine Hypothalamus*, Academic Press, London England. 1978.
7. Klopper, A. The Hormones of the Placenta and their role in the onset of Labor. In *MTP International Review of Science: Physiology* vol 8 p. 176, ed. University Park Press, Baltimore U.S.A. 1974.
8. Schally, A.V., Coy, D.H., Meyers, C.A. Hypothalamic Regulatory Hormones, *Annual Review of Biochemistry* 47, 104. U.S.A. 1978.
9. Siiteri, P.K., Febres, F. Ovarian Hormone Synthesis, Circulation and Mechanisms of Action. In DeGroot L.J. *Endocrinology* vol III, p. 1401, ed. Grune and Stratton, New York U.S.A. 1979.
10. Steinberger, A., Steinberger, E. *Development Structure and Function of the testis*, ed. Raven Press, New York U.S.A. 1980.
11. Williams, R.H. *Textbook of Endocrinology*, ed. Philadelphia W.B. Saunders Co. U.S.A. 1975.