



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

## FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Unidad de Aprendizaje: Reproducción Aplicada  
Unidad 3: Neuroendocrinología de la Reproducción  
Contenido: Órganos y glándulas involucrados en el ciclo estral

Elaborado por: M. en C.P. Arturo García Álvarez

17 de septiembre 2018

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO

Título de la guía para la unidad de aprendizaje: Órganos y glándulas involucrados en el ciclo estral:  
Neuroendocrinología de la Reproducción

Nombre del programa educativo y espacio académico en que se imparte la unidad de aprendizaje:

Reproducción Aplicada

Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Responsable de la elaboración:

M. en C. P. Arturo García Álvarez

17 de septiembre de 2018.

## Archivos correspondientes al material:

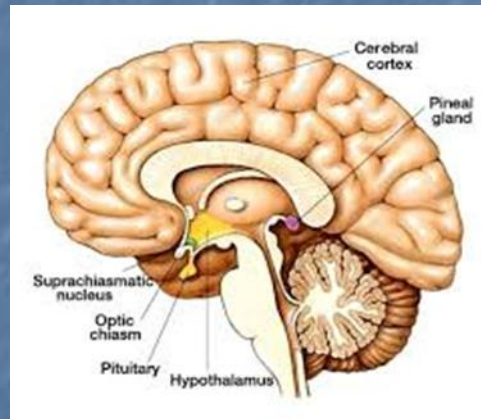
- Programa de la Unidad de Aprendizaje: Clínica de Ovinos y Caprinos.
- Guión explicativo para el empleo del material, con relación a los objetivos y contenidos del curso.
- Presentación en Power Point.

Son diversos los órganos y glándulas involucrados en el control de la actividad reproductiva. En forma burda se pueden dividir en tres grupos

1. las glándulas que se encuentran en la cabeza,
2. gónadas reproductivas como son los ovarios y
3. aquellas otras glándulas u órganos que se encuentran distribuidas en el cuerpo y que actúan indirectamente sobre la actividad reproductiva, como la tiroides o las adrenales.

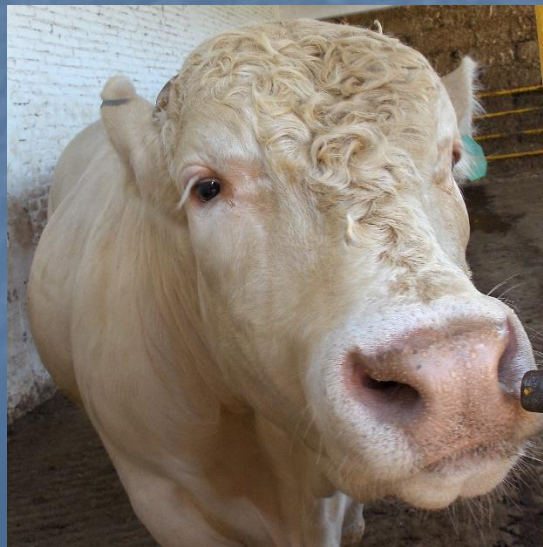
# Glándula pineal.

- La glándula pineal, era prácticamente desconocida, recibiendo atención últimamente por estar involucrada en la respuesta al ritmo de la luz y cumpliendo con una función reguladora en la estacionalidad reproductiva.
- Se origina a partir de la evaginación que se proyecta del techo del diencéfalo, se trata de una pequeña masa ovoide fusiforme situada entre los tálamos y los cuerpos cuadrigéminos.

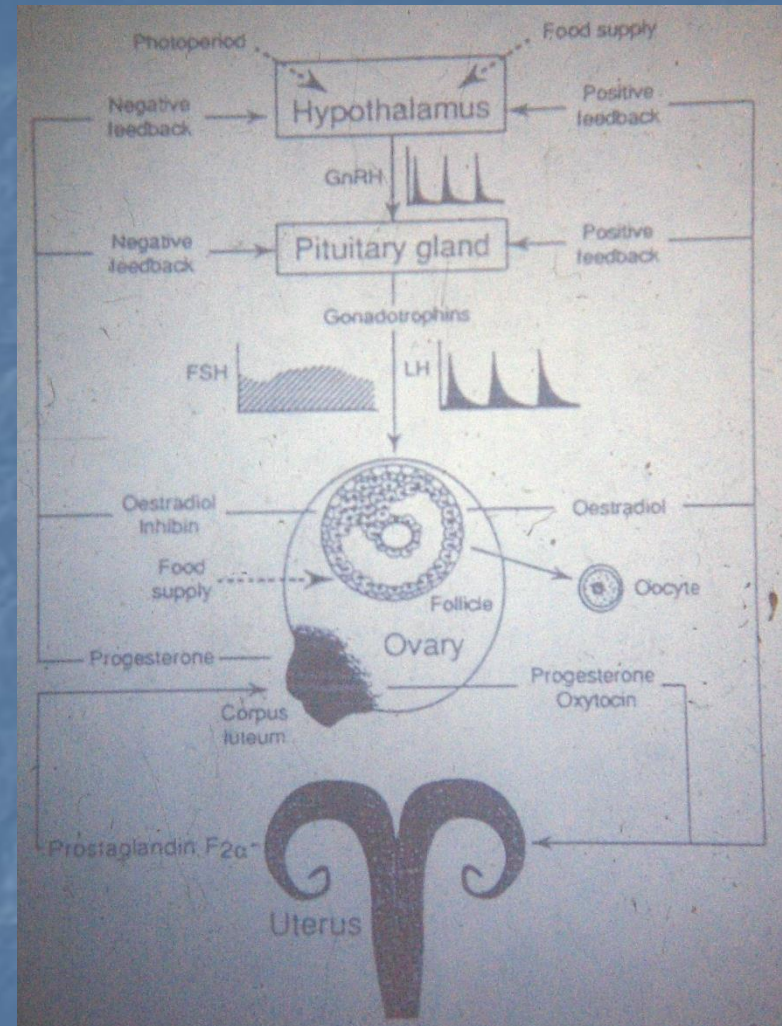


Presenta dos tipos de células, los pinealocitos y las células de la neuroglía. Para muchos, la glándula pineal es un órgano del sistema nervioso periférico, localizado en el sistema nervioso central, en la pineal además de melatonina se encuentra serotonina, histamina y noradrenalina.

La melatonina es secretada por los pinealocitos,virtiéndose predominantemente dentro del sistema vascular, además de secretar una pequeña cantidad de melatonina dentro del tercer ventrículo. Dado su origen embriológico la pineal, posee estructuras similares a las de la neurona.

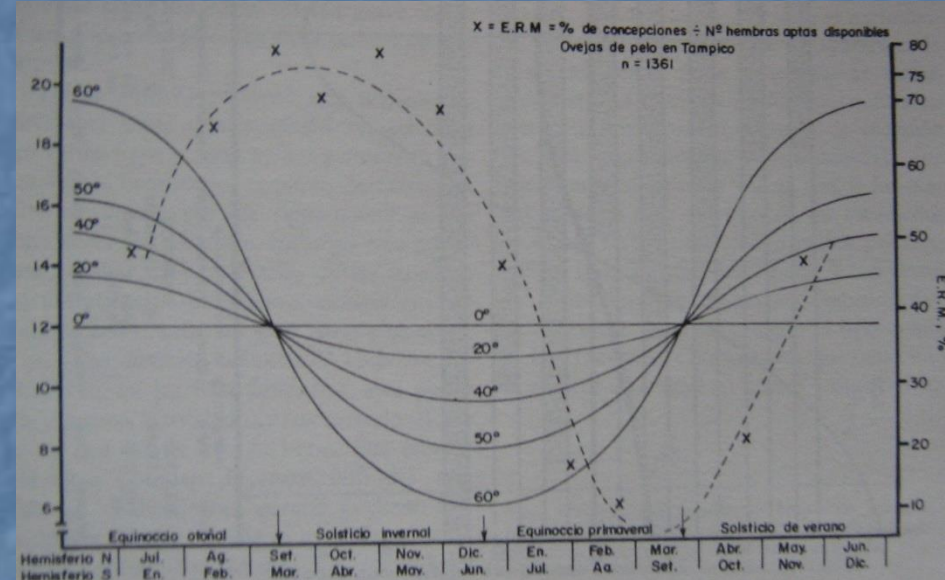


- El mecanismo neural mediante el cual el estímulo lumínico alcanza la glándula pineal, probablemente involucre al ganglio cervical craneal del sistema nervioso simpático. Esto ha sido comprobado al extraer dicha estructura en corderas, observándose un retraso en la presentación de los ciclos reproductivos, mas allá del año de edad, tanto en aquellas mantenidas bajo fotoperíodo natural como en fotoperíodo artificial.
- Las secreciones de la glándula pasan rápidamente al torrente sanguíneo. La melatonina es sintetizada por los pinealocitos a partir del triptofano, aminoácido, que por hidroxilación y descarboxilación se transforma en serotonina, la cual por acción enzimática da origen a la melatonina.
- La melatonina no se produce exclusivamente en la glándula pineal, también es sintetizada en células sanguíneas, glándula herediana y retina.



- En las especies estacionales la glándula pineal es conocida por ser importante en el control de la estación reproductiva, al estar involucrada parcialmente en el control de la secreción gonadotrófica, ya que actúa como transductor neuroendocrino es decir, convierte un impulso nervioso en una descarga hormonal, como respuesta a los cambios de intensidad de la luz, es así como la pineal sirve como puente entre la variación del fotoperiodo y la actividad reproductiva.

- El patrón de secreción de melatonina plasmática se eleva súbitamente al iniciarse la obscuridad, detectándose niveles nocturnos de melatonina de aproximadamente 100 a 300 pg/ml.



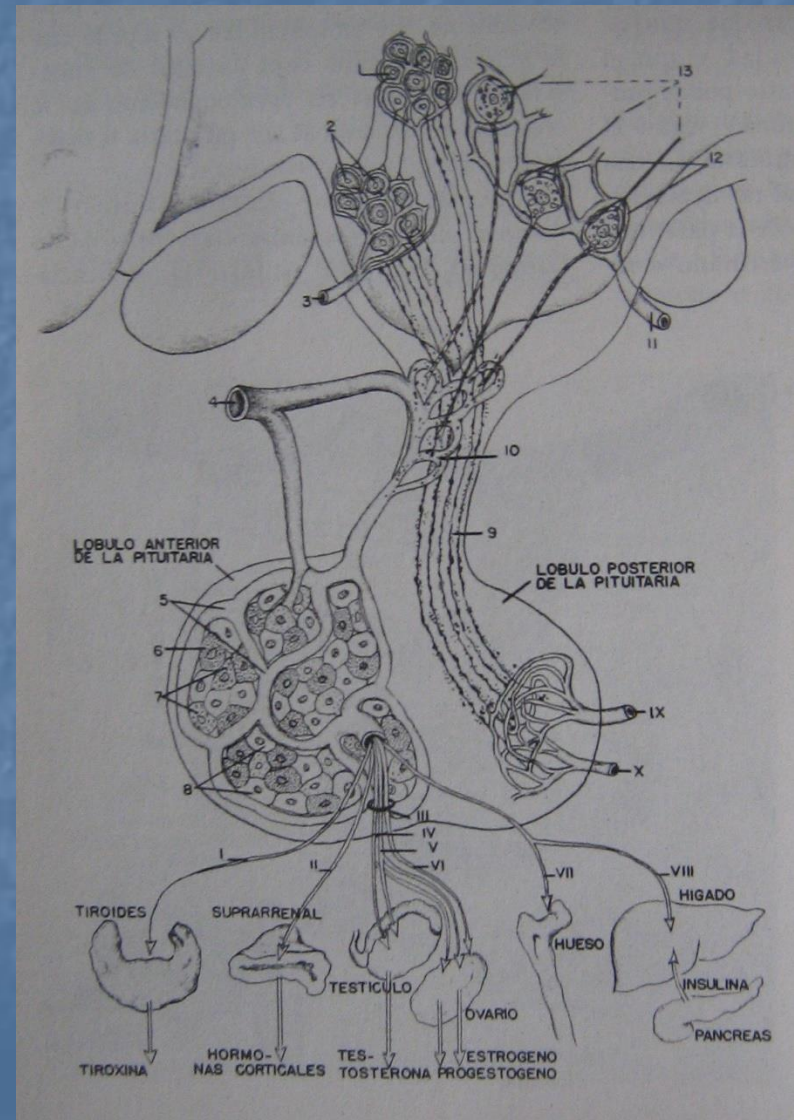


# Hipotálamo.

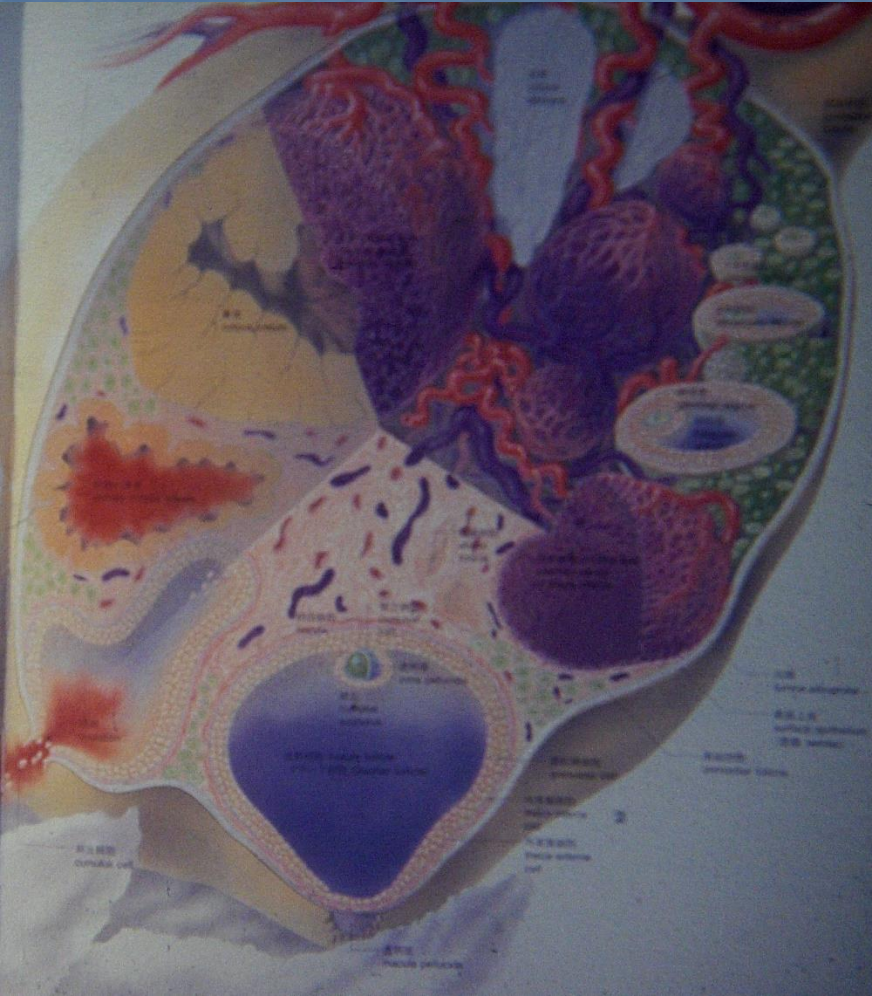
- El hipotálamo se encuentra en la base del cerebro; está delimitado anteriormente por el quiasma óptico y posteriormente por los cuerpos mamilares; dorsalmente por el tálamo y ventralmente por el hueso esfenoideas. Su tamaño equivale a 1/300 del cerebro.
- Está compuesto por núcleos pares bilaterales. La posición medial del hipotálamo llamada tercer ventrículo del cerebro separa casi todos estos núcleos pares. El hipotálamo secreta un par de hormonas vinculadas a la reproducción, la más conocida es el factor de liberación hipotálamica de gonadotropinas; mas conocido por sus siglas en inglés GnRH (Gonadotrophin Releasing Hormone).

# Hipófisis (pituitaria).

- Esta glándula sin lugar a dudas reviste especial importancia en el control de la reproducción ubicada abajo del hipotálamo y estrechamente conectada con este por un sistema portal local secreta y libera tres hormonas involucradas directamente en el proceso reproductivo
- Hormona folículo estimulante (FSH, por sus siglas en inglés).
- Hormona Luteinizante (LH) y
- Prolactina (PRL).



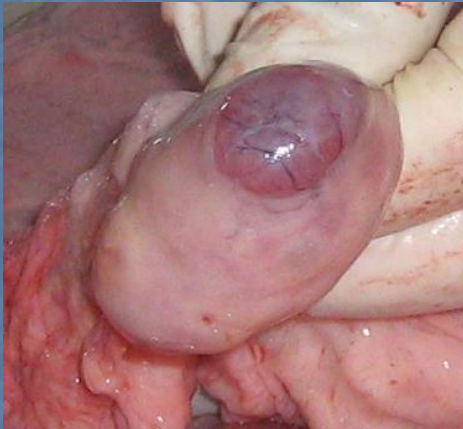
# Ovario (Fisiología).



Las secreciones tanto de las gonadotropinas, FSH y LH como de sus factores liberadores hipotalámicos y GnRH, se inician durante la vida fetal.

Comienza en forma temprana poco después de la diferenciación sexual. Esta secreción involuciona en forma temporal en la cordera cerca del nacimiento. La disminución de la secreción de gonadotropinas se relaciona con la maduración del sistema nervioso central. Esta ocurre cuando las estructuras superiores del cerebro se hacen cargo de la actividad hipotálamica.

# Ovario (Fisiología).



Los niveles de gonadotropinas se mantienen en baja cantidad hasta la aparición de la pubertad. Al inicio de la pubertad se eleva la secreción de gonadotropinas, causando la eliminación del control inhibitorio del sistema nervioso central. Al mismo tiempo el desarrollo corporal poco a poco alcanza un tamaño compatible con la reproducción.

Es evidente cómo se mantiene el papel activo del sistema nervioso central en la actividad de la reproducción, al observarse las variaciones estacionales en la secreción de gonadotropinas y en la actividad sexual correspondiente a la proporción de la duración del día.



- En el ovario las células germinales se dividen activamente y cada ovocito es rodeado por algunas células somáticas para formar el folículo primordial. Al final de la ovogénesis, el ovario contiene millones de folículos primarios dentro de una estructura de tejido intersticial alineado con el tejido ovárico. Las ovogonias y los ovocitos se forman durante la primera parte de la vida fetal.

La entrada a la pubertad, es el resultado de los **ajustes graduales entre el incremento de la actividad gonadotrópica** y la capacidad de las gónadas para iniciar en forma simultánea la **gametogénesis** y la **esteroidogénesis**.

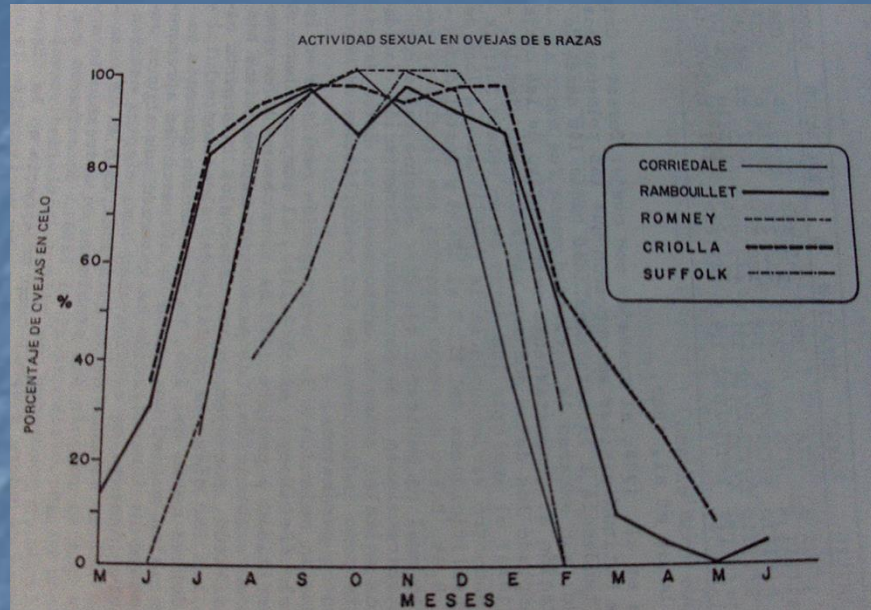
Dentro de los mecanismos que hay antes del inicio de la pubertad son:

- aumento en la liberación y producción de andrógenos suprarrenales,
- aumento en la liberación de androstenediona y
- aumento en la liberación de dehidroepiandrosterona.

Al inicio de la pubertad crece la concentración de gonadotropinas debido a una elevación tanto en **amplitud como en frecuencia de impulsos periódicos de gonadotropinas**, esto se debe a los esteroides sexuales y posiblemente a un aumento en la capacidad de respuesta de la hormona GnRH, secretada por el hipotálamo para regular las gonadotropinas.

**la secreción de estrógenos aumenta poco a poco, en respuesta a la elevación de gonadotropinas. La ovulación requiere niveles altos de estradiol, lo que provoca una elevación de gonadotropinas, éste mecanismo se desencadena durante la pubertad.**





- Cuando las especies son estacionales (ovinos, caprinos, equinos, caninos, felinos) para que la ciclicidad estral tenga lugar es necesario que se incremente la frecuencia en la secreción de LH, la cual cambia de la estación de anestro a la estación reproductiva, el estradiol podría estar inhibiendo la secreción de LH durante el anestro estacional o antes de la pubertad.

- El estradiol, cambia el periodo de transición, fenómeno relacionado con los patrones de liberación de GnRH. Como consecuencia, la glándula pituitaria produce la cantidad de LH necesaria para promover el desarrollo folicular que culmine con la ovulación. Una elevada frecuencia de secreción de LH, normalmente se inicia en respuesta a patrones fotoperiódicos de transición de días largos a días cortos, la cual es regulado por la secreción de melatonina. Al alargarse las noches la secreción se incrementa y viceversa. Ello genera un historial fotoperiódico, monitoreado por patrones de secreción de melatonina. Así las ovejas mantienen un historial fotoperiódico y utilizan los días largos de primavera - verano, para dar inicio a la actividad ovárica en los días cortos. En este sentido, tanto los días largos como los días cortos serían necesarios para regular el inicio de la actividad ovárica.



# Perfiles hormonales durante el ciclo estral

- La actividad reproductiva en muchas especies esta controlada por el fotoperiodo y por mecanismos de retroalimentación hormonal sobre el eje hipotálamo-hipófisiario-gonadal,
- La reducción en el número de horas luz, induce a la actividad cíclica de ovejas en anestro, la regulación se realiza a través de las interrelaciones que existen entre las hormonas producidas por los tejidos endócrinos.



La época de apareamiento se inicia con el otoño. Es decir cuando la relación entre el promedio de horas luz y oscuridad empieza a disminuir, de igual forma, la estación reproductiva de la oveja no doméstica coincide con éste cambio en el fotoperíodo. En algunas razas ovinas de origen tropical la actividad reproductiva es más larga, que en las de lana, aunque hay razas como la Merino que en el trópico puede reproducirse durante todo el año.



La disminución de horas luz es el regulador más importante en el comienzo de la actividad reproductiva, la cual ocurre entre 60 y 120 días después de iniciada la disminución de horas luz.

Los mecanismos por los cuales la variación del fotoperíodo regula la actividad sexual, involucran a la glándula pineal por aumentar la liberación de melatonina, así como un cambio en la actividad del eje hipotálamo-hipofisario para liberar gonadotropinas en forma pulsátil.



- Los cambios fotoperiódicos además de determinar el inicio y término de la actividad reproductiva, afectan algunas funciones de la reproducción en el ciclo estral de las ovejas, por ejemplo, a la mitad de la estación reproductiva el ciclo estral es más corto, y el estro es más largo durante las fases inicial y final de ésta época. Asimismo en el transcurso de la estación reproductiva se observa un aumento en los índices de ovulación que vuelven a disminuir al acercarse la época de anestro estacional.

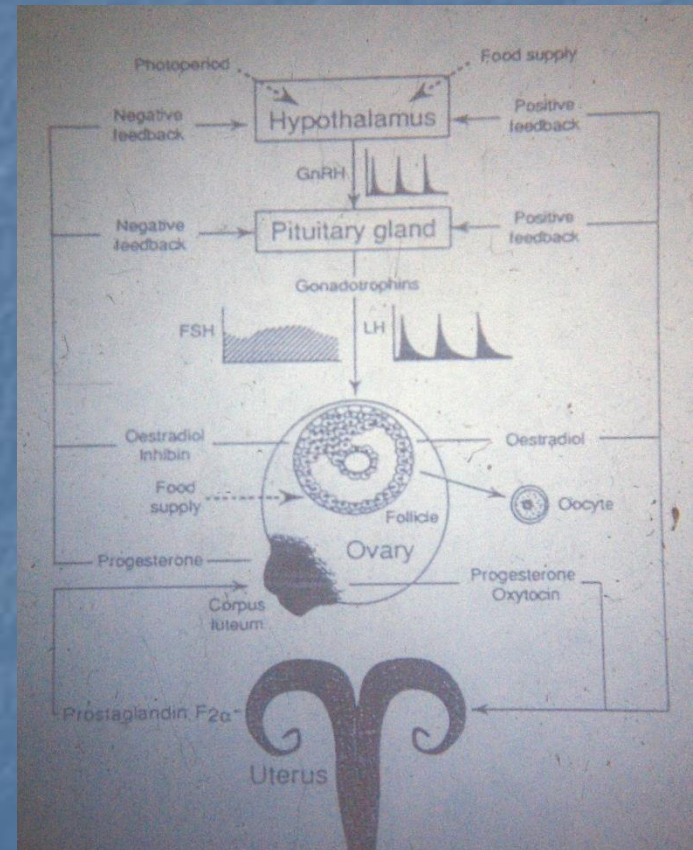


- Los principales acontecimientos del ciclo estral están relacionados por un lado, con el crecimiento folicular máximo (dos a tres días) que conduce a la ovulación y por el otro con el desarrollo y lisis del cuerpo lúteo (CL). Estas fases ocurren de manera cíclica y secuencial a excepción de los periodos de anestro postparto, anestro estacional o el provocado por la gestación.



# Control neuroendócrino del ciclo estral.

- La relación que existe entre el sistema nervioso central, la hipófisis y las gónadas, así como la influencia del medio ambiente, sobre los órganos blanco, se basa en mecanismos de retroalimentación positivos y negativos ejercidos por las hormonas en cada uno de los órganos blanco involucrados.
- Las hormonas folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH) son sintetizadas en la hipófisis anterior y estimulan el crecimiento folicular, la ovulación y la función lútea.
- Los esteroides producidos por los ovarios (progesterona durante la fase lútea y estrógenos que alcanzan las concentraciones máximas en la fase folicular) actúan sobre el estímulo o inhibición de la secreción de GnRH, la liberación de gonadotropinas y el comportamiento sexual.



# Hormona liberadora de las gonadotropinas.

- La hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) es sintetizada en el núcleo arcuato y área preóptica del hipotálamo. El control de síntesis y liberación de GnRH es ejercido por numerosos estímulos, tanto internos como externos.



Edad,  
Genotipo,  
Fotoperíodo,  
Estación,  
Temperatura,  
Nutrición,  
Alimentación,  
Enfermedades,  
Raza.

Los niveles séricos de GnRH no reflejan su secreción a nivel hipotalámico, si no existe una presensibilización de la adenohipófisis provocada por hormonas esteroideas para que la GnRH ejerza sus efectos.

- Se considera que existe un sinergismo entre el estradiol y la progesterona, modificando el patrón de liberación de la LH-RH hipotalámica. Este sinergismo se manifiesta por un aumento en la sensibilidad del sistema nervioso central al efecto negativo de la progesterona pero solo en presencia de estradiol, por lo que existe la sugerencia de que un cambio en la proporción de estradiol/progesterona puede alterar la capacidad de respuesta de la hipófisis a la administración de la GnRH.
- Los primeros estudios realizados para determinar la concentración de GnRH en hipotálamo fueron expresados en dosis mínima efectiva (MED) para inducir la liberación de LH.

# Control de la liberación de hormona luteinizante.

- La Hormona Luteinizante (LH) presenta dos tipos de liberación durante el ciclo estral:
  - **tónica**, durante la fase progestacional y
  - **cíclica o preovulatoria**, durante el estro

Estos tipos de secreción son regulados por el hipotálamo, la secreción tónica es regulada por las áreas septopreóptica e hipotálamo anterior, mientras que las estructuras supraquiasmáticas regulan la liberación cíclica de LH. una característica que presenta la liberación de LH es la secreción pulsátil inclusive durante el pico preovulatorio. Este patrón de secreción, es regulada por los esteroides ováricos tanto de progesterona como de  $17\beta$  estradiol.

**El efecto que tienen las hormonas esteroides sobre la LH es diferente;**

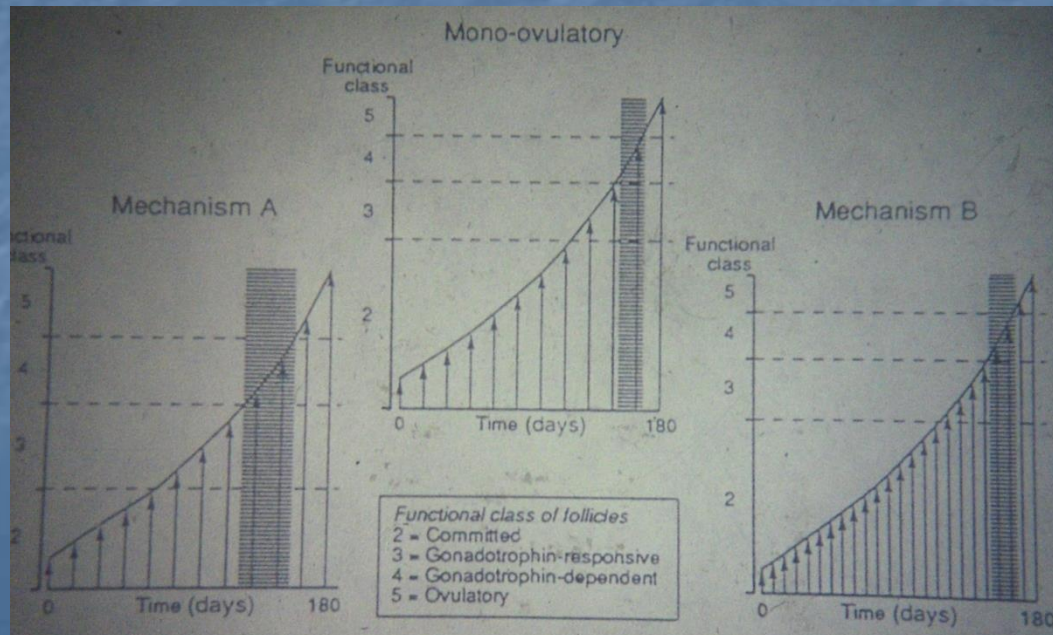
- ▶ **el estradiol disminuye la amplitud de los pulsos de LH,**
- ▶ **la progesterona inhibe su frecuencia pero aumenta su amplitud.**



# Concentración de LH durante el estro.

- La concentración de LH durante la fase lútea es de 3 a 5 ng/ml y es cinco veces superior al nivel basal.
- Estas variaciones se presentan en forma pulsátil durante la fase lútea, el anestro postparto y anestro estacional. Así mismo se presenta al inicio y al final del estro y cuando ocurre el pico preovulatorio de LH. Durante el estro, el pico preovulatorio de LH tiene concentraciones que varían de 30 ng/ml hasta 184 o 250 ng/ml. en primíparas y adultas.
- Los primeros estudios realizados para determinar el momento de la aparición del pico preovulatorio de LH, indicaron que inicia al mismo tiempo que el estro o en un periodo de 4 a 16 h después de iniciado y tiene una duración de 6 a 15 h.

- Al comparar razas de ovinos con diferentes tasas de ovulación, se indica que las más prolíficas (Romanov y Finish-Landrace) tienen intervalos de inicio de estro al pico de LH, mayores que en aquellas de menor fecundidad. Estos intervalos también son mayores en ovejas multíparas que en primerizas.
- Esto sugiere, que existe una diferencia debida a la raza para liberar LH, quizá por un cambio de sensibilidad hipotalámica a los estrógenos si se considera que la concentración de estradiol es mayor en razas prolíficas. De esta forma se alarga el período de desarrollo folicular y existe la posibilidad de la ruptura de un mayor número de folículos.



# Concentraciones de la hormona folículo estimulante.



La FSH está involucrada en la estimulación del crecimiento y desarrollo folicular y tiene una amplia relación con el pico de  $17\beta$  estradiol, sin embargo, L'Hermite *et al.* (1972) y Pant *et al.* (1977) no encontraron relación entre el desarrollo folicular y la concentración de FSH. Este hecho se basa en que la concentración de FSH disminuye en forma gradual entre uno a tres días antes de iniciar el estro, momento en que ocurre la última onda de crecimiento folicular.

La magnitud de la liberación de FSH es igual a la de la LH en respuesta a dosis crecientes de GnRH en actividad cíclica o en anestro.

El patrón de secreción de FSH presenta una concentración basal de 20 a 60 ng/ml y se han observado dos picos poco después del estro: el primero ( $171.0 \pm 35.5$  ng/ml) coincide con el pico preovulatorio de LH, el segundo aumento de FSH ( $133.0 \pm 10.7$  ng/ml) ocurre de 18 a 24 h después cuando los niveles de LH son bajos y se propone que pueda estar involucrada en el crecimiento folicular y secreción de estrógenos que ocurre después del estro.

Hauger *et al.* (1977) y Wheaton *et al.* (1984) observaron tres ondas de secreción de FSH durante el ciclo estral en ovejas Suffolk, donde la tercera onda ocurre a la mitad de la fase lútea y puede relacionarse con el crecimiento folicular y secreción de estrógenos durante este periodo.



Existe una relación entre la concentración periférica de FSH y la tasa de ovulación; sin embargo en razas con bajas tasas de ovulación se presentan valores altos de FSH previos al estro. Al respecto Bindon *et al.* (1979), sugieren que el momento en que se determina la tasa de ovulación, no es cuatro o cinco días previos al estro, siendo posible que ocurra un segundo pico de FSH, aunque no en exclusiva sirva en un principio para aumentar el número de folículos después de la onda atrésica que ocurre posterior al pico de LH.



# Progesterona.

- El ciclo estral se divide en dos fases de acuerdo al control hormonal, los cuales son:
- la fase folicular y la fase lútea.

Los esteroides directamente involucrados en el ciclo estral son los estrógenos y la progesterona.

En la fase folicular los niveles de progesterona circulante descienden por regresión del cuerpo lúteo, alcanzando niveles basales (0.2 ng/ml) entre las 24 a 48 horas antes del inicio del estro, hasta cuatro días después; simultáneamente los folículos desarrollados secretan estrógenos, incrementando paulatinamente los niveles de éstos hasta alcanzar concentraciones de 20 pg/ml o más, muy cerca del estro, para retornar a sus niveles basales dentro de las 24 horas siguientes.

Tras la ovulación y formación de cuerpo lúteo se incrementa el nivel de progesterona de 1 a 7 ng/ml, concentración que se mantiene hasta cuando concluye la fase lútea.



En el ciclo estral de la oveja, los niveles de progesterona ( $P_4$ ) presentan variaciones cíclicas en sangre periférica, los niveles basales (0.2 ng/ml) se observan alrededor del estro, desde uno o dos días antes, hasta cuatro días después. A partir del quinto día la concentración aumenta a 2-4 ng/ml y permanecen estables hasta por seis o siete días, la concentración de  $P_4$  disminuye a valores menores a 1.0 ng/ml dentro de las 36 horas que preceden al siguiente estro.

Por otro lado existen diferencias entre razas al considerar que aquellas con alto índice de ovulación tendrán mayor concentración de  $P_4$ , al existir más tejido lúteo que la sintetiza.

## Concentración de $17\beta$ estradiol.



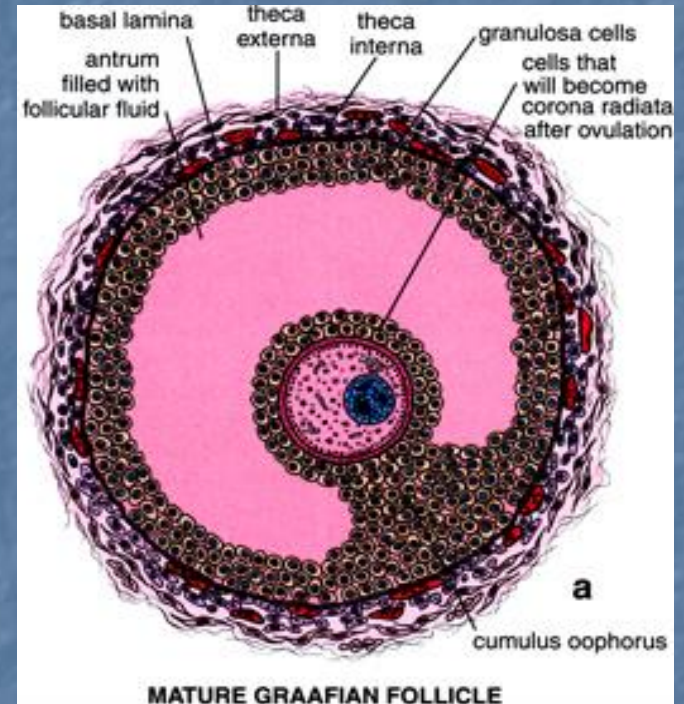
El estradiol es sintetizado en el ovario que presenta folículos antrales o preovulatorios, esta hormona constituye uno de los principales cambios hormonales detectados durante el ciclo estral en la oveja, en forma especial el  $17\beta$  estradiol ( $E_2$ ). Las máximas concentraciones ocurren durante el periodo preovulatorio, en donde el  $E_2$  estimula la liberación preovulatoria de LH.

Se ha observado que existe un primer aumento de  $E_2$  dos o tres días antes del periodo preovulatorio de LH y otro durante la fase lútea temprana, se ha descrito también un aumento a mitad del ciclo estral.



Pant *et al.* (1977), encontraron un primer aumento de  $E_2$  de 12 a 14 h antes de la detección del estro ( $11.2 \pm 0.36$  pg/ml a  $21.1 \pm 2.01$  pg/ml). Los valores aumentan de nuevo entre 2 y 10 h, después de iniciado el estro, esta elevación de  $E_2$  tiene una duración de 16 a 22 h.

En aumento de LH en sangre eleva la producción folicular de andrógenos y estrógenos, lo cual sugiere que la secreción de  $E_2$ , depende de la hormona luteinizante y de la presencia de andrógenos aromatizables y que éste aumento de  $E_2$  incrementa el número de receptores a LH en las células de la granulosa y de la teca.



Se ha demostrado que la LH aumenta la secreción de estrógenos en forma pulsátil en las diferentes fases del ciclo estral.

Baird y Scaramuzzi (1976), observaron durante la fase lútea que las concentraciones de  $E_2$  aumentan sus niveles basales con cada pulso de LH; estos pulsos se presentaron 30 minutos después de ocurrido el de LH, tanto en sangre periférica, como en vena útero-ovárica.

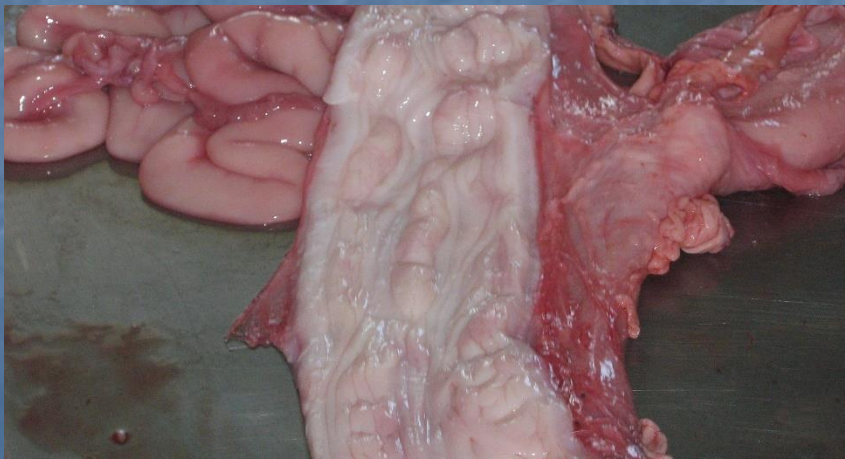
Una vez que la secreción preovulatoria de LH ha ocurrido, la concentración de  $E_2$  baja en forma drástica y permanecen así hasta por 34 h. Otro factor que parece influir en la concentración periférica de  $E_2$  es la raza:

- animales con tasas de ovulación altas tendrán mayores concentraciones de  $E_2$ , existiendo una relación directa entre el número de folículos preovulatorios y la concentración de  $E_2$ , aunque no se sabe cuál es la causa de ésta relación, se presume que puede deberse a una mayor sensibilidad de la hipófisis para liberar LH.

Citología vaginal exfoliativa durante el estro, células superficiales escamosas. Aproximadamente dos tercios de ellas eran basófilas (en proceso de cornificación) y el resto eran eosinófilas (lo que indica que ya estaban cornificadas). La mayoría de las células tenía el núcleo picnótico.

La cornificación se debe principalmente al nivel de hormonas estrogénicas presentes en ese momento en el organismo, lo cual está en íntima relación con la etapa del ciclo o de la vida reproductiva.

Los estrógenos naturales o sintéticos tienen un efecto directo sobre el epitelio vaginal de la mayoría de las hembras mamíferas. Los cambios celulares ocurren de manera ordenada (durante el ciclo estral) y pueden ser encontrados estudiando raspados vaginales tomados a intervalos regulares. El aumento de estrógenos en el organismo estimula el crecimiento en el número de células de las capas medias y superficial de la vagina.



## Concentración de prostaglandina F2 (PGF2 $\alpha$ ).

- La PGF2 $\alpha$  es la responsable de la regresión del cuerpo lúteo.
- Kindahl *et al.* (1979) consideran que el mecanismo de síntesis y liberación de PGF2 $\alpha$  es iniciado por los estrógenos y la liberación se mantiene por la acción de estrógenos y P<sub>4</sub>, la concentración de P<sub>4</sub> determina cuando se suspende la liberación de PGF2 $\alpha$ , así mismo se han determinado mayores concentraciones de PGF2 $\alpha$  cuando los niveles de P4 disminuyen.

- La concentración de  $\text{PGF2}\alpha$  medida a través de su metabolismo presenta un patrón de liberación pulsátil, cuya frecuencia y amplitud aumenta cuando la concentración de  $\text{P}_4$  disminuye.
- Al cuantificar la concentración de  $\text{PGF2}\alpha$  en el endometrio uterino se encontraron valores de  $27\pm 8$ ,  $60\pm 12$ ,  $78\pm 30$  y  $202\pm 6$  ng/gr de tejido endometrial del cuerno uterino adyacente al CL, en los días 3, 5, 11, y 14 del ciclo estral, respectivamente. Estos resultados y el hecho de que la histerectomía prolonga la vida del CL, sugieren que las prostaglandinas son producidas en el útero a partir de ácido araquidónico.
- Sobre como las prostaglandinas producen la lisis del CL, Ford (1982). menciona que se realiza por una constricción de los vasos sanguíneos que irrigan al CL, con lo que se reduce el flujo sanguíneo, por otro lado, se ha mencionado que otras hormonas están implicadas en la regresión del CL y éstas son el  $17\beta$  estradiol y la oxitocina.
- El estradiol causa la regresión del CL y estimula la secreción de  $\text{PGF2}\alpha$  solo cuando existe una exposición previa a  $\text{P}_4$ .

# Prolactina.

Una tercera hormona proteica es la Prolactina (PRL). La concentración basal de PRL durante el periodo interestral es muy variable (5-40 ng/ml), sin embargo se ha observado una elevación característica en el día de estro que varía de 40 a 600 ng/ml, estando en estrecha relación con el pico preovulatorio de LH.



Altos niveles de PRL están asociados con una disminución de la actividad ovárica, siendo difícil explicar el papel de esta hormona durante el estro cuando alcanza concentraciones de 600 ng/ml. Cumming *et al.* (1972) sugieren que la PRL puede ser almacenada en el folículo y quizás influir en el desarrollo del CL. Los resultados de Louw *et al.* (1979), indican que éstas altas concentraciones no son esenciales para los cambios que ocurren durante el periodo preovulatorio, pero consideran que tiene algún efecto en la regulación del flujo sanguíneo al ovario.

Cahill *et al.* (1981), observaron que existe una correlación positiva entre el número de folículos preovulatorios y la concentración de PRL durante el estro, lo que puede indicar cierta relación con la tasa de ovulación, aunque la cantidad de PRL necesaria para que ocurra la ovulación es mínima.

Se puede concluir que el inicio de la actividad reproductiva en las hembras con estacionalidad es inducido por el **fotoperiodo**, específicamente por la **reducción de horas luz o su efecto contrario**.

Iniciada la actividad cíclica los mecanismos de retroalimentación hormonal mantienen esta actividad. La GnRH es producida por áreas hipotalámicas en forma pulsátil y aunque se desconoce la razón de esta actividad pulsátil, induce la liberación de LH y FSH.

La liberación de GnRH es controlada a su vez por la **P<sub>4</sub>** y **E<sub>2</sub>**. Al igual que la GnRH la liberación de LH es pulsátil durante la fase lútea y el periodo preovulatorio.

Existen dos aumentos en la liberación de FSH, durante el ciclo estral; el primero ocurre al mismo tiempo del periodo preovulatorio de LH y el segundo 24 h después. En apariencia esta segunda liberación es la responsable de seleccionar a los folículos ovulatorios y se sugiere que está relacionada con la tasa de ovulación. Tanto la P<sub>4</sub> como el E<sub>2</sub>, controlan la amplitud y frecuencia de los pulsos de LH durante la fase lútea. Se ha observado que con cada pulso de LH se genera uno de E<sub>2</sub> y por último al aumentar la frecuencia de los pulsos de LH durante el período preovulatorio, el aumento de E induce el pico preovulatorio de LH.



- Bibliografía:

- Hafez, E.S.E., Hafez. B. (2000). Reproduction in farm animals. Seventh Edition. Ed. Lippincot Williams and Wilkins. SF871R47
- Bearden, H.J., Fuquay, W.J. (1980). Applied Animal Reproduction. Fourth Edition. Ed. Prentice Hall Upper Sadale. SF871B4
- Galina, C.H., Saltiel, C.A., Valencia, M.J., Becerril, A. J., Bustamante, C.G. Calderon, Y. A., Duchateau, B.A., Fernández, B.S., Olgúin, B.A., Páramo, R.R., Zarco, Q.L. (1995). Reproducción de Animales Domésticos. Ed. Limusa S.A. de C.V. México.
- Hernández, P.E.J., Fernández, R.F. (1999). Reproducción de siete especies domésticas. Ed. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.
- Mc Donald, E.L. (1978). Reproducción y Endocrinología Veterinarias. Segunda ed. Ed. Interamericana. México. 10

Gracias

