

# EL CICLO ESTRAL

Christian A Rippe, Médico Veterinario  
Servicios Técnicos, ABS Global Inc.

## INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo un programa reproductivo en una explotación lechera, es esencial conocer el ciclo estral de la vaca así como los factores que lo regulan. Durante los últimos años ha habido un rápido desarrollo de las tecnologías reproductivas que han incrementado la eficiencia y la genética de las vacas. Algunas de estas tecnologías incluyen la sincronización de celos, transferencia de embriones, inseminación artificial, semen sexado, ecografía y producción de embriones in-vitro acompañado de tecnologías para la mejora genética (Seidel, 1995 citado por Lamb et al., 2009). El éxito o el fracaso de un programa reproductivo y de mejora depende también del completo entendimiento del ciclo estral, su fisiología, los mecanismos hormonales que lo controlan así como el funcionamiento de los productos usados para la sincronización.

El ciclo estral es el tiempo que ocurre entre dos periodos estrales, también llamado celo o calor, y varía normalmente entre 17 a 24 días, considerándose 21 días como el tiempo promedio. Ciclos estrales inferiores a este tiempo se consideran anormales mientras que los ciclos estrales más largos se consideran que se deben muy probablemente a una falla en la detección de calores mientras que ciclos

estral más largos se consideran como un fallo en la detección de celos (Duby and Prange, 2004).

## CONTROL NEUROLÓGICO Y ENDOCRINOLÓGICO DEL CICLO ESTRAL

El ciclo estral está regulado por la interacción de varios órganos: entre ellos están el eje hipotálamo-hipófisis, el ovario y el útero.

La figura 1 muestra un esquema simplificado de cómo los órganos y hormonas actúan durante el ciclo estral. Las hormonas sirven como mensajeros químicos que viajan por la sangre hacia órganos y tejidos específicos que contienen receptores para hormonas específicas y que regulan las fases del ciclo estral (Lamb et al., 2009).

## HIPOTÁLAMO

Forma parte de la base del cerebro y sus neuronas producen la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas o (**GnRH**); la GnRH se difunde a través de los capilares al sistema hipofisiario y de allí a las células de la hipófisis anterior, en donde su función es estimular la producción y secreción de las hormonas hipofisiarias Hormona Folículo Estimulante (**FSH**) y Hormona Luteinizante (**LH**) entre otras.

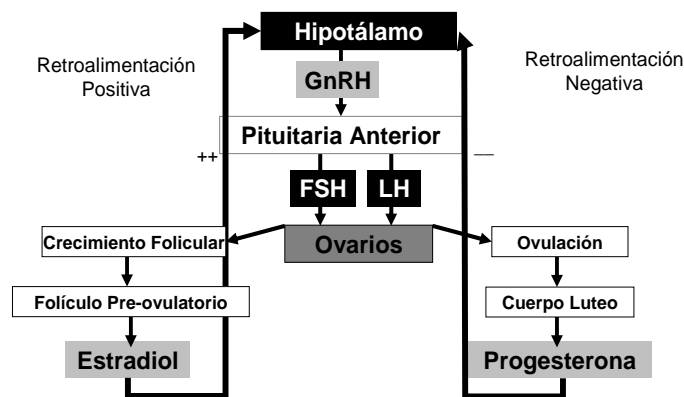


Figura 1. Esquema simplificado de las interacciones hormonales del eje Hipotálamo – Hipófisis – Ovario

## HIPÓFISIS

Consta de una parte anterior y otra posterior. La hipófisis anterior o adenohipófisis produce varios tipos de hormonas de las cuales la Hormona Foliculoestimulante (FSH) y la Hormona Luteinizante (LH) cumplen un papel relevante en el ciclo estral. La FSH es la encargada del proceso de esteroideogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular y la LH es la que interviene en el proceso de ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo luteo. La hormona oxitocina, que también es producida en el hipotálamo, es almacenada en la adenohipofisis e intervendrá en los procesos de parto, bajada de la leche, transporte de espermatozoides en el útero así como en el proceso de luteolisis o ruptura del cuerpo luteo en el ovario.

## OVARIOS

Son glándulas que tienen básicamente dos funciones: una exocrina, que es la liberación de óvulos, y otra endocrina, que es la producción y secreción de hormonas. Entre las hormonas que producen los ovarios podemos citar los estrógenos o estradiol, la progesterona y la inhibina. Los estrógenos son hormonas esteroideas producidas en el folículo ovárico y son los responsables de estimular la conducta sexual o de celo actuando sobre el sistema nervioso central del animal; además, tienen acción sobre otros órganos del aparato reproductivo como son las trompas de Falopio, el útero, la vagina y la vulva. Los estrógenos tienen un efecto de retroalimentación positiva sobre el hipotálamo produciendo la liberación de GnRH que a su vez inducirá la liberación de FSH y LH en la hipófisis anterior (Figura 1). La progesterona es también una hormona esteroide producida en el cuerpo luteo por acción de la LH; es responsable de la preparación del útero para permitir la implantación del embrión y de mantener la gestación. Produce un efecto de retroalimentación negativa sobre el hipotálamo (Figura 1). La inhibina es una hormona proteica producida en el folículo que interviene en el mecanismo de regulación de la secreción de FSH y tiene un efecto de retroalimentación negativa sobre la hipófisis anterior produciendo una menor secreción de FSH.

## ÚTERO

Produce la Prostaglandina  $F_{2\alpha}$  ( $PGF_{2\alpha}$ ) la cual interviene en la regulación del ciclo estral mediante su efecto de luteolisis o regresión del cuerpo luteo. También interviene en los procesos de ovulación y parto.

## FASES DEL CICLO ESTRAL

A continuación describiremos los eventos principales que ocurren durante el ciclo estral. El ciclo estral se puede dividir en tres fases:

1. Fase Folicular o de regresión del cuerpo luteo (Proestro)
2. Fase Periovulatoria (Estro y Metaestro)
3. Fase Luteal (Diestro)

El día 0 del ciclo estral es el día del celo o calor aparente con signos manifiestos y se considera el día del comienzo del nuevo ciclo; sin embargo, y para efectos de mejor entendimiento, la descripción se realizara a partir de la destrucción del cuerpo luteo del ciclo estral anterior y finalizara con el día de celo del siguiente ciclo.

### Fase Folicular o Proestro

La fase del proestro se inicia con la regresión del cuerpo luteo del ciclo anterior o luteolisis y termina con el inicio del estro o celo; dura alrededor de dos o tres días. La destrucción del cuerpo luteo ocurre gracias a la acción de la  $PGF_{2\alpha}$  de origen uterino. Con la caída de los niveles de progesterona, el efecto de retroalimentación negativa que ejercía a nivel hipotalámico desaparece y comienza a aumentar la frecuencia pulsátil de las hormonas FSH y LH las cuales estimulan el crecimiento folicular (Figura 1). Durante el proestro o fase folicular ya existe un folículo dominante que llegara a ser una estructura de  $\frac{3}{4}$  a 1 pulgada de grande y con la apariencia de una ampolla llena de líquido folicular y el ovulo que será ovulado. Muchos folículos pueden llegar a desarrollarse durante el proceso de dinámica folicular que explicaremos mas adelante, pero solo 1 (2 o 3 en el caso de gemelos o trillizos) será el folículo dominante seleccionado para ser ovulado. Este folículo dominante se diferencia de los demás en que es estimulado coordinadamente por las hormonas FSH y LH para producir estrógenos. (Lamb et al., 2009). La pared del folículo consta de dos filas de células: una interna que esta en contacto con el ovulo llamada células de la granulosa y otra mas externa llamada células de la teca; entre las dos hay una membrana llamada membrana basal. Estos dos tipos de células trabajan coordinadamente durante el desarrollo del folículo para producir estrógenos. El incremento en los niveles de estrógenos del folículo preovulatorio alcanzan los centros nerviosos del hipotálamo que controlan las manifestaciones externas de celo. Aquí se inicia la fase de celo o estro (Figura 2).

# Hormonas del Ciclo Estral

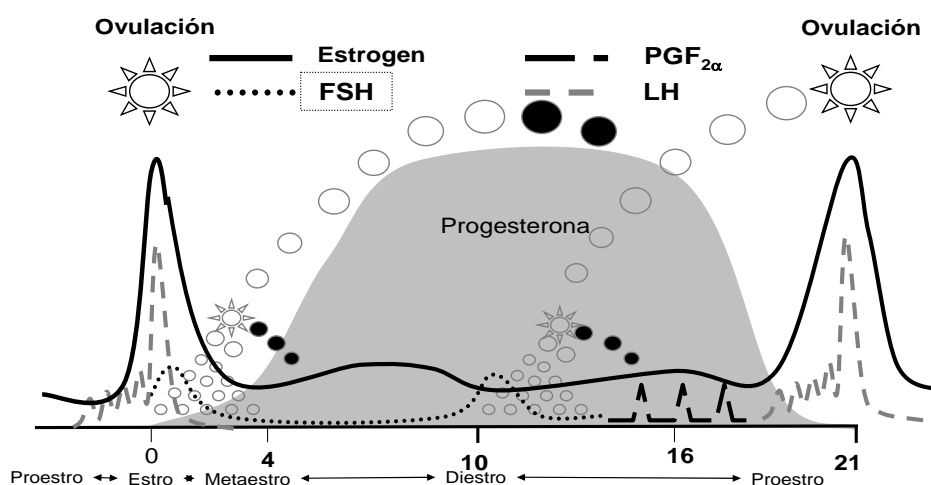


Figura 2. Esquema de las hormonas del ciclo estral

## Fase Periovulatoria (ESTRO – METAESTRO)

El estro se define como un periodo de actividad y receptividad sexual en donde el signo principal es que el animal se mantiene en pie y quieto al ser montado por otro. También se observa, entre otros signos, inquietud, inflamación de la vulva, secreción de moco claro y transparente que sale por la vulva (Shearer, 2003): el olor del moco atrae y excita al toro debido a la presencia de feromonas. La duración de celo es muy variable entre grupos de animales variando entre 30 minutos a más de 30 horas (Lucy, 2006), pero se considera que  $16 \pm 4$  horas es el tiempo promedio.

Los signos de estro ocurren gracias a la presencia de los estrógenos provenientes del folículo. En cierto momento los niveles de estrógenos son lo suficientemente altos en concentración y duración como para inducir los síntomas de celo o calor (Wiltbank et al., 2002), así como para incrementar las contracciones del tracto reproductivo facilitando el transporte del esperma y del ovulo; estos altos niveles de estrógenos afectan también a centros endocrinos en el hipotálamo que controlan la liberación de GnRH del hipotálamo y esta a su vez la liberación de FSH y LH de la adeno-hipófisis (Figura 1). El incremento de LH se inicia después de que se hayan iniciado los signos de celo e inicia el proceso de ovulación. (Lucy, 2006). La LH es generalmente considerada como la gonatropina primaria responsable de la ovulación, sin embargo, la FSH también ha sido observada como causante de

ovulación y de formación de tejido luteal (Galway et al., 1990 citado por Lamb et al., 2009). Los niveles de FSH se incrementarán en amplitud unas horas después del pico de LH, relacionándose con el inicio de la primera oleada folicular que describiremos más adelante en la dinámica folicular (Figura 2).

De 12 a 24 horas desde el comienzo del celo, el sistema nervioso central del animal se hace refractario a los estrógenos y todas las manifestaciones de celo o calor desaparecen. Inmediatamente después de finalizado el celo se inicia el metaestro que puede durar de 3 a 5 días. Durante el metaestro ocurre la ovulación, que tiene lugar entre 28 a 32 horas después de haberse iniciado el celo, o entre 10 a 15 horas de haber cesado los signos de celo en respuesta al pico preovulatorio de LH. Después de la ovulación se produce una hemorragia y el folículo se llena de sangre, convirtiéndose en una estructura conocida como cuerpo hemorrágico. El proceso siguiente es la luteinización de las células foliculares que se transformarán en células luteales; estos cambios ocurren entre el día 5 a 7 del ciclo, finalizando así la fase de metaestro e iniciándose la fase lútea o diestro (Figura 2).

## Fase Luteal o Diestro

Esta fase se caracteriza por la presencia y dominio del cuerpo luteo en el ovario y la producción de progesterona, y está regulada por las secreciones de la glándula pituitaria anterior, útero, ovario y la

presencia de un embrión (Niswender et al., 1976 citado por Lamb et al., 2009), y va desde el día 5 del ciclo estral hasta el día 18. La regulación de la secreción de progesterona esta probablemente controlada por un equilibrio de estímulos: uno luteotrópico o que estimula la progesterona y otro luteolítico o que inhibe la progesterona; ambos estímulos son secretados al mismo tiempo durante el ciclo estral (Lamb et al., 2009). La hormona LH que es considerada primariamente luteotrópica y la concentración de receptores luteales a la LH están directamente relacionados con los cambios en los niveles de progesterona y el crecimiento del cuerpo luteo en el ovario (Niswender et al., 2000 citado por Lamb et al., 2009) La hormona FSH también interviene uniéndose a receptores en el cuerpo luteo y provocaría un aumento en la secreción de progesterona. El cuerpo luteo recibe la mayoría del flujo sanguíneo del ovario y la cantidad de flujo recibido esta altamente relacionado con la cantidad de progesterona producida y secretada.

Los niveles de progesterona mas altos se alcanzan en torno al día 10 del ciclo estral y se mantienen hasta el día 16 o 18 del ciclo dependiendo de la presencia o no de un embrión. Si la vaca esta preñada, el cuerpo luteo se mantiene, los niveles de progesterona son altos y se bloquea la reaparición de celos. El embrión alcanza el útero entre los días 3 a 4 del ciclo estral; durante los siguientes 10 a 12 días el embrión crecerá rápidamente y comenzara la formación de la placenta. La presencia de estas células embrionarias son las responsables de producir una señal probablemente química, que bloquea la producción de  $PGF_{2\alpha}$  por parte del útero, bloqueando la regresión del cuerpo luteo en torno al día 16 del ciclo estral; este proceso se conoce con el nombre de “reconocimiento maternal”. Por tanto el mantenimiento del cuerpo luteo y los altos niveles de progesterona dependen de la presencia de un embrión en desarrollo en el útero.

Si la vaca no esta preñada el cuerpo luteo es inducido a degenerar por la acción de la  $PGF_{2\alpha}$ . En este caso la ausencia de un embrión y de las señales químicas que el produce provoca que las concentraciones de  $PGF_{2\alpha}$  se incrementen durante la parte final de la fase luteal o diestro (Figura 2; día 16). La  $PGF_{2\alpha}$  producida por el útero es transportada por la vena útero-ovárica a la arteria ovárica por un mecanismo llamado a contracorriente y de allí al cuerpo luteo. La  $PGF_{2\alpha}$  tiene una acción directa e indirecta causando la luteolisis o regresión del cuerpo luteo en rumiantes (Lamb et al., 2009). Con la regresión del cuerpo luteo, comienza la disminución de los niveles de progesterona y con ello el final de la fase luteal o diestro y el reinicio del proestro o fase de regresión del cuerpo luteo.

### Dinámica Folicular

Se conoce como dinámica folicular al proceso de crecimiento y regresión de folículos primordiales que conllevan al desarrollo de un folículo preovulatorio (Sintex, 2005). En vacas, el desarrollo folicular ocurre en forma de ondas y se observan tanto en animales jóvenes como adultos, en vacas preñadas (excepto durante los últimos 30 días de gestación), durante el postparto y durante el ciclo estral. Entre 1 y 4 ondas de crecimiento y desarrollo folicular ocurren dentro un ciclo estral y el folículo preovulatorio se origina a partir de la ultima onda.

El proceso por el cual los folículos se desarrollan en la vaca consta de 3 estados que son: Reclutamiento, Selección y Dominancia; para entender la dinámica folicular bovina debemos definir estos conceptos:

**Tabla 1.** Fases del Ciclo Estral<sup>a</sup>

Fase	Día	Duración	Evento
Estro	0	10-12 hrs.	Maduración Folicular, altos niveles de Estrógeno y pico de LH
Metaestr o	1-3	5-7 días	Ovulación (dentro de las 12-18 hrs.) formación del Cuerpo hemorrágico que no responde a la $PGF_{2\alpha}$
Diestro	5-18	10-15 días	Maduración del Cuerpo Lúteo - Altos niveles de Progesterona
Proestro	19-21	3 días	Regresión del Cuerpo Lúteo, maduración del folículo e incremento de estrógenos

<sup>a</sup>Traducido de: Shearer, 2003.

### **Reclutamiento**

Una cohorte de folículos de aproximadamente 3 mm de diámetro es estimulado por un aumento transitorio de la hormona FSH (Figura 2- FSH). El pico de FSH ocurre cuando el futuro folículo dominante alcanza un tamaño de aproximadamente 4 mm y luego los niveles de FSH disminuyen. El proceso por el cual la FSH declina es desconocido. (Lamb et al., 2009).

### **Selección**

Es el proceso por el cual un folículo es elegido para ser dominante y evita la atresia, los demás folículos de esa cohorte se vuelven atrésicos, tal vez por la disminución en los niveles de FSH.

### **Dominancia**

Es el proceso por el cual el folículo dominante ejerce un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos. Este efecto inhibitorio se mantiene hasta que esta dominancia desaparece bien porque el folículo muere o porque el folículo es ovulado (Lamb et al., 2009). Este folículo que alcanza un tamaño marcadamente mayor que los demás es el responsable de la secreción de estradiol y adquiere la capacidad de continuar creciendo incluso en presencia de otras hormonas que crean un medio adverso para el resto de los folículos (Syntex, 2005). Con la ovulación o destrucción del folículo dominante, se produce un nuevo incremento de FSH y una nueva onda folicular se inicia.

El ciclo estral bovino consta básicamente de 2 ondas foliculares y cada una de ellas comienza con el reclutamiento de una cohorte de folículos antrales a partir de un grupo de pequeños folículos. Solo uno de ellos será seleccionado de esta cohorte y continuara creciendo convirtiéndose en el folículo dominante; los demás se convertirían en folículos atrésicos. Inmediatamente después de la ovulación, una nueva onda folicular comienza (Figura 2 – Metaestro), el folículo dominante de esta onda no podrá ser ovulado por la presencia de altos niveles de progesterona y se volverá atrésico; inmediatamente una nueva onda folicular se inicia (Figura 2 – Diestro). El folículo dominante de la segunda onda folicular que esta presente cuando la luteolisis ocurre, generalmente llegara a ser el folículo ovulatorio del celo (Adams, G.P., citado por Lamb et al., 2009) (Figura 2 – Proestro). Los ciclos estrales en vacas con 3 ondas foliculares son generalmente mas largos (20 – 24

días) comparados con los ciclos estrales de vacas con 2 ondas foliculares (8 – 20 días) (Lamb et al., 2009)

### **CONCLUSIONES**

El ciclo estral de la vaca es un proceso dinámico, continuo y dependiente de la interacción de órganos como el cerebro y el tracto reproductivo de la vaca, varias hormonas y efectos medioambientales; el crecimiento y desarrollo de los folículos y del cuerpo luteo esta regulado por la interacción coordinada de todos estos elementos y hormonas. Para todos aquellos que intervienen en los programas reproductivos y de manejo en las lecherías, es de vital importancia el entendimiento de cómo es el ciclo estral y de como todos estos elementos interactúan, lo que nos permite mejorar los diferentes programas de sincronización de celos lo cual se reflejara en un aumento de la fertilidad y rentabilidad de las explotaciones lecheras.

### **REFERENCIAS**

- Ball, P.J.H., and A.R. Peters. 2004. *Reproduction in Cattle*. 2004. Blackwell Publishing Professional, Ames – Iowa.
- Duby, R.T., and R.W. Prange. 1996. *Physiology and Endocrinology of the Estrous Cycle*. Dairy Integrated Reproductive Management. University of Massachusetts. IRM- 2.
- Lamb, G.C., M.F. Smith, G.A. Perry, J.A. Atkins, M.E. Risley, D.C. Busch, and D.J. Patterson. 2009 *Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous Cycle*. North Florida Research and Education Center, University of Florida.
- Lucy, M.C. 2006. Estrus: Basic Biology and Improving Estrus Detection. Proc. Dairy Cattle Reproductive Conference. pp 29-37.
- Perry, G. 2004. The Bovine Estrous Cycle. South Dakota State University – Cooperative Extension Service – USDA. Pub. FS921A.
- Shearer, J.K. 2003. *Reproductive Anatomy and Physiology of Dairy Cattle*. Animal Science Department, Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. Original publication date September 1992. Reviewed June 2003. Publication #DS 57
- Sintex, 2005 – *Fisiología Reproductiva del Bovino*. Laboratorio de Especialidades Veterinarias. Sitio Argentino de Producción Animal. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Wiltbank, M.C, A. Gümen, and R. Sartory. 2006. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. Proc. Bovine Reproduction: Education and Discussion. Solutions for the Practicing Veterinarian. Pp 93-125.

