

EL CICLO ESTRAL BOVINO. REGULACIÓN NEUROENDOCRINA

MVZ. MC. Alejandro Jiménez J. 2016. Entorno Ganadero 76, BM Editores.

jimenezalejandro@comunidad.unam.mx

[linkedin.com/in/alejandroj2](https://www.linkedin.com/in/alejandroj2)

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Reproducción e inseminación artificial en cría y tambo](#)

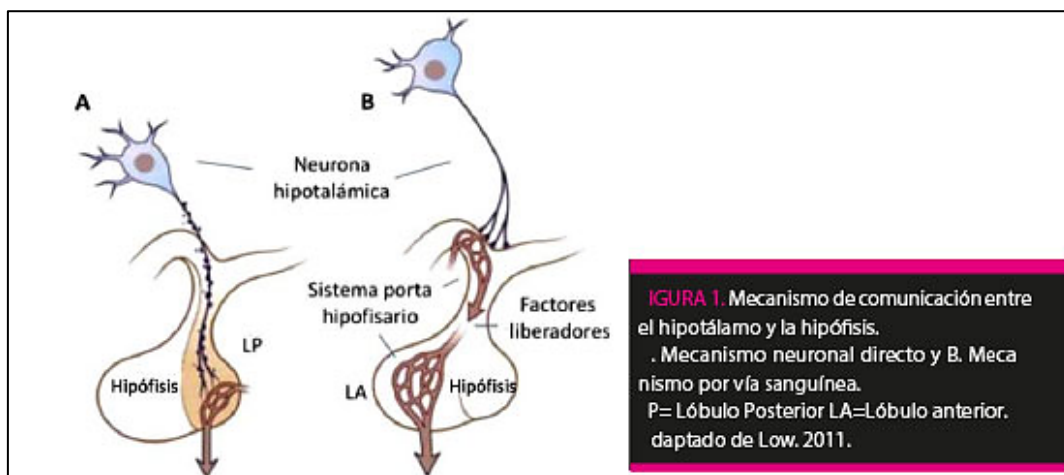
INTRODUCCIÓN

En el artículo “El ciclo estral bovino «Fases y etapas» publicado en la edición N° 75 de esta revista se trató de forma general los componentes de dicho ciclo, sus rangos de duración y lo que sucede en ellas. En esta ocasión corresponde hablar de su regulación neuroendocrina, hormonas involucradas y eventos que se desarrollan. El ciclo estral (CE) está gobernado de forma jerárquica por tres niveles: el hipotálamo, la hipófisis y el ovario comunicándose y retroalimentándose uno al otro constantemente.

MECANISMO DE COMUNICACIÓN ENTRE EL HIPOTÁLAMO, HIPÓFISIS Y OVARIO

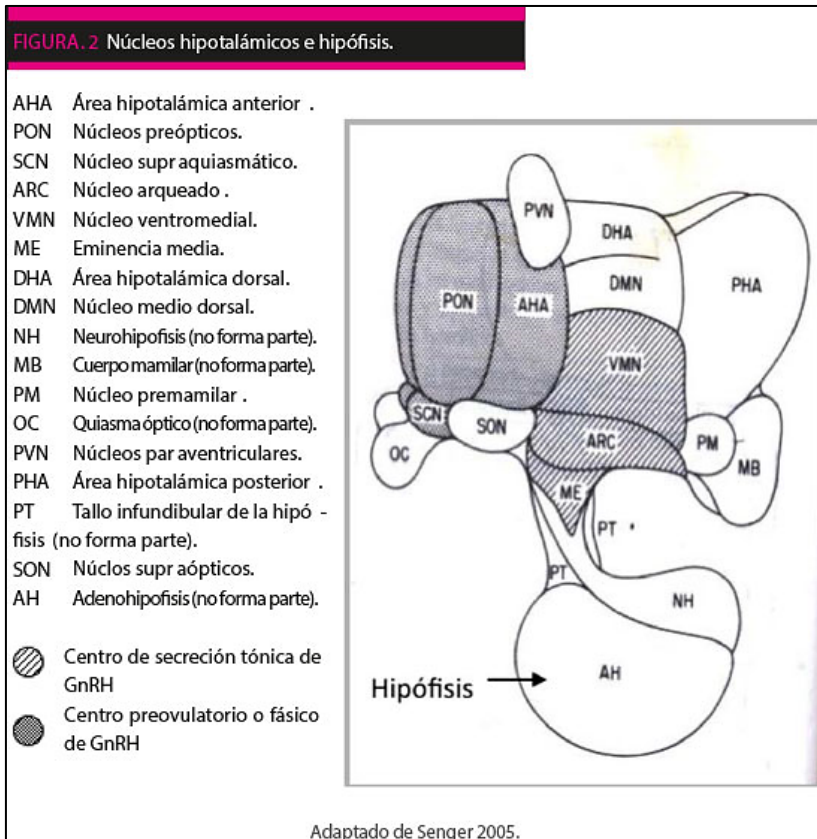
Cada uno de estos integrantes se comunican entre sí por medio de 2 vías: la sanguínea y la neuronal. La primera transporta factores liberadores producidos en el hipotálamo hasta el lóbulo anterior de la hipófisis (adenohipófisis), a través de una red capilar compleja localizada entre estas estructuras que facilita el paso de sustancias desde la eminencia media (en el hipotálamo) hasta la adenohipófisis sin pasar por la circulación general. Además, permite el flujo retrógrado de sustancias adenohipofisiarias, estableciendo una retroalimentación de onda corta hacia el hipotálamo. Esta red de vasos sanguíneos se conoce como el sistema porta hipotálamico-hipofisiario (Figura 1).

La otra vía, consiste en la proyección directa de terminales axónicas desde el hipotálamo hasta el lóbulo posterior de la hipófisis (neurohipófisis), donde liberan sus productos directamente a la circulación general (Figura 1). De esta manera el hipotálamo se comunica con la hipófisis y ésta a su vez lo hace con el ovario por vía sanguínea de forma sistémica.



HIPOTÁLAMO Y GNRH

Anatómicamente, el hipotálamo es una parte del encéfalo situada en la zona central de la base del cerebro, está debajo del tálamo y es el regulador central del sistema neuroendocrino dado que él coordina funciones esenciales relacionadas con el mantenimiento del cuerpo y su relación con el entorno, lo forman núcleos neuronales especializados, la mayoría secretoras llamados núcleos hipotalámicos. Y es aquí donde se encuentran los centros de secreción tónica y preovulatoria de GnRH (Figura 2), cuyas neuronas producen la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), que estimula la secreción de las hormonas FSH y LH por parte de la hipófisis.



CENTRO DE SECRECIÓN PEOVULATORIO O FÁSICO DE GNRH

Lo componen: el área hipotalámica anterior, los núcleos preópticos y el supraquiasmático del hipotálamo (Figura 2); es responsable de la liberación en forma cíclica de un pico preovulatorio de esta hormona, en respuesta de altas concentraciones de estrógenos (E2) proveniente de folículos maduros y bajas de progesterona (P4). Esta condición es alcanzada durante el estro, produciendo una retroalimentación positiva sobre este centro que responde liberando mayor cantidad de GnRH ocasionando que la hipófisis anterior reaccione secretando el pico preovulatorio de LH. En condiciones naturales, dicho centro es estimulado únicamente una vez en el CE. Por el contrario, el diestro cuando las concentraciones de E2 son bajas y las de P4 altas, hay una retroalimentación negativa sobre dicho centro inhibiéndolo. En resumen, elevadas concentraciones de GnRH son esenciales para iniciar la fase folicular del CE (ver artículo “El ciclo estral bovino «Fases y etapas»”).

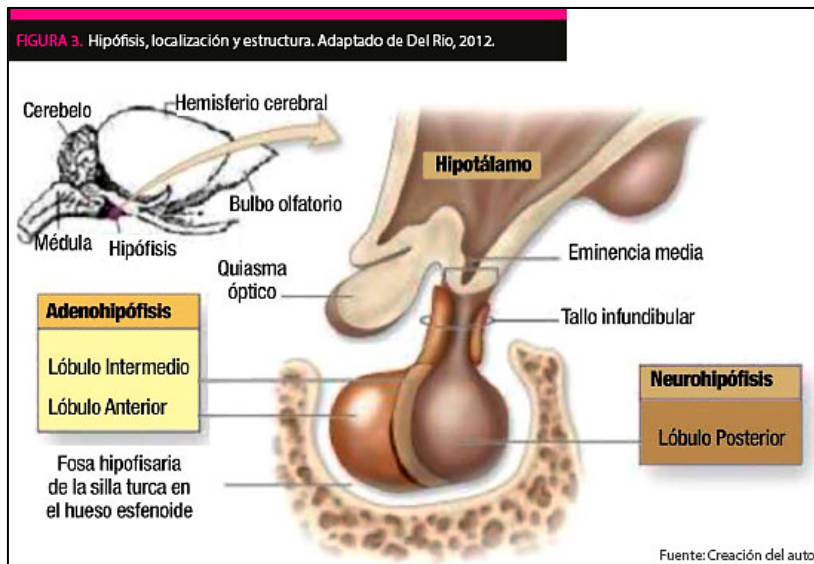
CENTRO DE SECRECIÓN TÓNICA DE GNRH

Lo componen: el núcleo ventromedial, el núcleo arqueado y la eminencia media (Figura 2), es el responsable de la producción basal en forma de pequeños pulsos (producción de pequeños tonos de forma constante) de esta hormona, liberados a intervalos de tiempo regulares como días o semanas; cuya frecuencia y amplitud puede variar dependiendo de la época del año, etapa del CE, edad del animal y estado nutricional, entre otros. En realidad, los pequeños pulsos de GnRH ocurren cada 1.5 a 2.0 h durante la fase folicular y durante la fase lútea ocurren cada 4 a 8 h. Dependiendo de la frecuencia de esta secreción se produce un mayor o menor desarrollo folicular durante todo el ciclo.

El GnRH actúa principalmente a nivel adenohipofisiario, aunque puede tener funciones importantes a nivel cerebral, mediando procesos en el inicio de la pubertad, receptividad sexual, así como algunos efectos directos a nivel gonadal. En forma terapéutica, el GnRH se utiliza como un inductor de la ovulación, del desarrollo folicular y, en la vaca ha probado su efectividad en el tratamiento de quistes foliculares.

HIPÓFISIS Y GONADOTROPINAS

La hipófisis o glándula pituitaria está formada por la adenohipofisis o lóbulo anterior, neurohipofisis o lóbulo posterior y el lóbulo intermedio. Se ubica en la parte ventral del cerebro debajo del hipotálamo (Figura 3).



La adenohipófisis es una estructura de origen epitelial derivada del epitelio del paladar, posee células especializadas en la producción de gonadotropinas (FSH y LH) llamados gonadotropos. Además, produce otras sustancias como péptidos opioides (cuadro 1). Su acción está sujeta al control hipotalámico por medio de hormonas liberadoras y/o inhibitoras que llegan a la adenohipófisis por la circulación portal ya mencionada. En el cuadro 1 se resume los efectos de las hormonas producidas en la adenohipófisis, sus órganos blanco y las hormonas hipotálamica que las regulan.

CUADRO 1. Resumen de las hormonas adenohipofisarias.

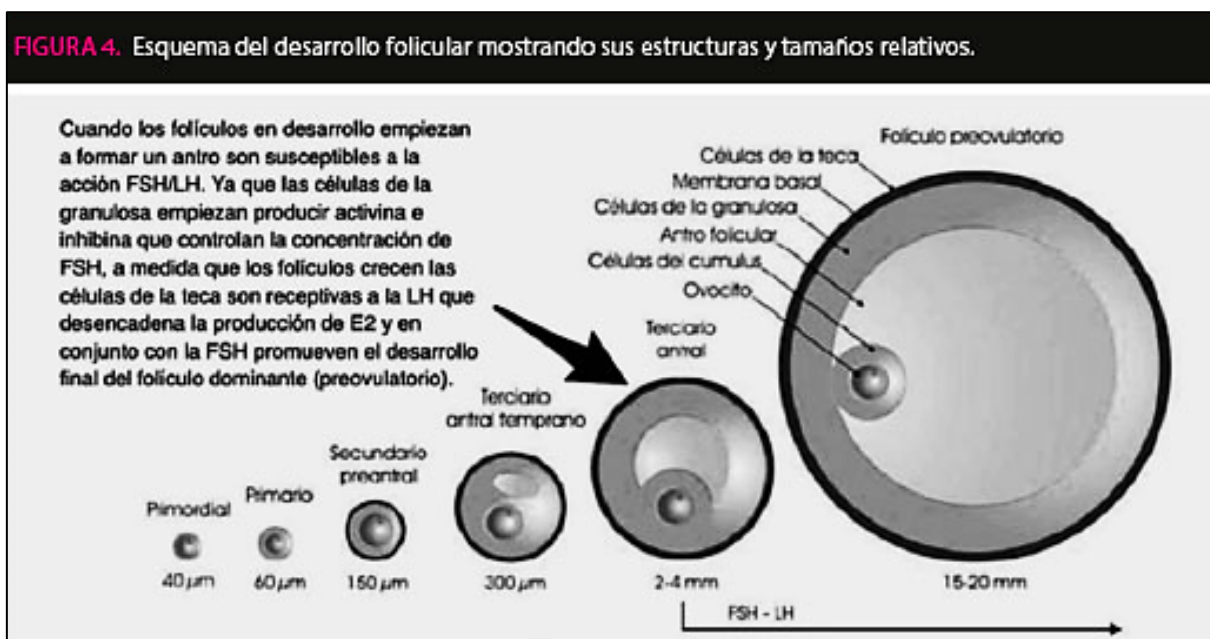
Hormona Hipotalámica Reguladora (Abrev.)	Hormona Adenohipofisaria (Abrev.)	Sinonimias	Estructura Química	Células Secretoras	Órgano Blanco	Efectos Principales
Hormona liberadora de corticotropina (CRH)	Hormona adrenocorticotrópica (ACTH)	Corticotropina	Polipéptido	Corticotropos	Glándula adrenal	Secreción de glucocorticoides
	Betaendorfina (b-endorfina)		Polipéptido		Receptores de opioides	Inhibe los receptores del dolor
Hormona liberadora de tirotrópina (TRH)	Hormona estimulante de la tiroides (TSH)	Tirotropina	Glicoproteína	Tirotropos	Glándula tiroides	Secreción de hormonas tiroideas
	Hormona folículo estimulante (FSH)	Foliculotropina	Glicoproteína	Gonadotropos	Gónadas	Crecimiento de Folículos en el ovario (células de la granulosa)
Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)	Hormona luteinizante (LH)	Luteotropina	Glicoproteína			Producción de estrógenos (células de Sertoli en el testículo)
Hormona liberadora de somatotropina (STH)	Hormona del Crecimiento (GH; STH)	Somatotropina	Polipéptido	Somatotropos	Hígado, tejido adiposo, huesos, músculos	Promueve el crecimiento; metabolismo de lípidos, proteínas y carbohidratos
Factor inhibidor de la liberación de prolactina (PIF)	Prolactina (PRL)	Hormona lactogénica	Polipéptido	Lactotropos	Ovarios, glándulas mamarias	Secreción de estrógenos/progesterona; producción de leche.

La neurohipófisis es una estructura de origen nervioso compuesta principalmente por prolongaciones de neuronas hipotalámicas provenientes del núcleo paraventricular cuyos axones se extienden hasta la hipófisis posterior,

donde se almacena y posteriormente se libera hacia la circulación general las neurohormonas provenientes del hipotálamo. Como ejemplo están la oxitocina (OT) y la hormona antidiurética (ADH), la primera tiene efecto sobre las contracciones uterinas, y de la glándula mamaria durante la lactación, además promueve la secreción de prostaglandina F2 alfa ($PGF2\alpha$) que causa la regresión del cuerpo lúteo (CL) al final del diestro; y la segunda regula la retención de líquidos y la vasoconstricción. Por último, la parte intermedia es poco importante en mamíferos, aunque en otros vertebrados es relevante por su secreción de la hormona estimulante de los melanocitos (MSH) que regula los cambios en la pigmentación de la piel.

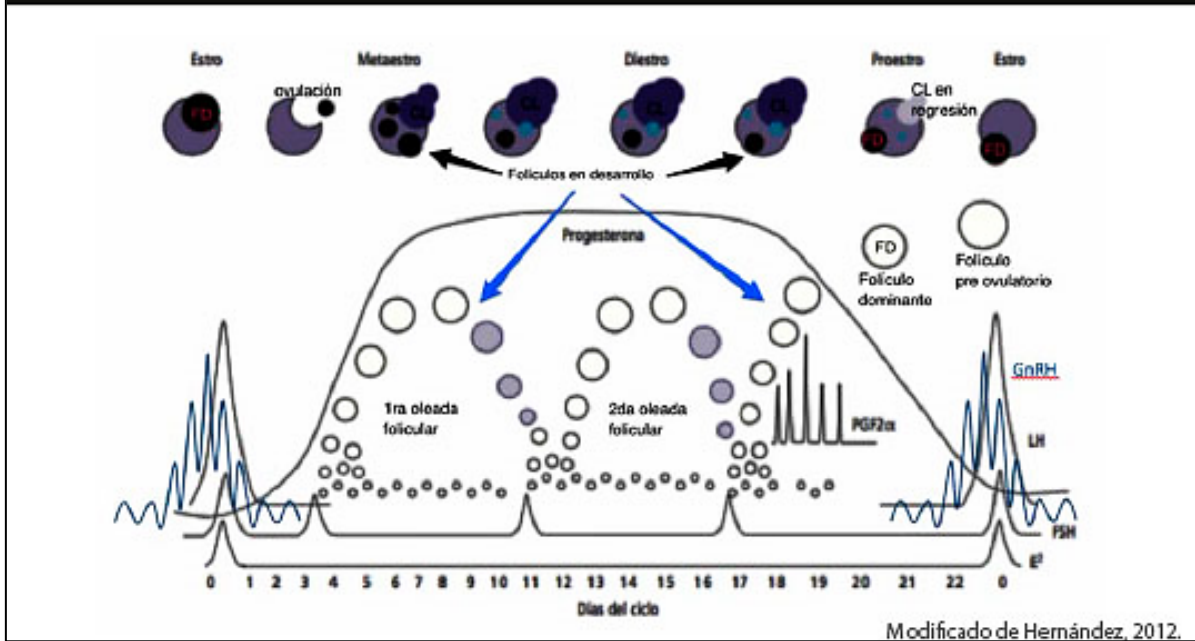
ACCIÓN DE LAS GONADOTROPINAS SOBRE LOS FOLÍCULOS DEL OVARIO

Durante la mayor parte del CE éstas son secretadas en forma tónica e inducen el crecimiento folicular, la maduración de los ovocitos, secreción de E2, ovulación, desarrollo del CL y secreción de P4. Al respecto, cabe mencionar que el desarrollo folicular ocurre en grupos llamados oleadas foliculares; en la vaca se registran de 2 ó 3 oleadas por CE, siendo el último grupo el que produce la ovulación (Fig. 5). Cuando los folículos se encuentran etapas tempranas de desarrollo las células de la granula producen activina que retroalimenta positivamente a la hipófisis para liberar FSH pero a medida que crecen se produce una reducción en las concentraciones circulantes de FSH ya que las mismas células que antes estimularon su secreción ahora producen inhibina la cual retroalimenta negativamente sobre la hipófisis; resultando en una baja de FSH pues han aparecido en las células de la teca interna receptores para LH que estimula la producción de andrógenos (testosterona), mientras que la FSH se requiere para realizar la conversión de éstos a E2 en las células de la granulosa y tanto E2 como FSH promueven el crecimiento del folículo, estimulando la mitosis de las células de la granulosa y la secreción de líquido folicular por lo tanto, los folículos entran en una etapa dependiente de gonadotropinas hasta la maduración final del folículo (Figura 4).



Conforme las células esteroideogénicas del folículo que ovulará aumentan en número y actividad; es decir, crece el E2 es producido en cantidades crecientes lo que desencadena la conducta de estró (ver artículo "El ciclo estral bovino «Fases y etapas»") y durante el metaestro alcanza un umbral que retroalimenta positivamente el centro de secreción preovulatoria de GnRH, provocando la liberación de un gran pico de esta hormona, que a su vez induce la secreción del pico preovulatorio de LH. Como respuesta, el folículo dominante sufre una serie de cambios que resultan en la ovulación. Adicionalmente, el pico preovulatorio de LH también inicia el proceso de luteinización de las células foliculares. El E2 y la inhibina disminuyen súbitamente después de esto, permitiéndose el incremento en las concentraciones FSH que estimula el desarrollo de más folículos. Sin embargo, se mantiene una secreción tónica de pequeños pulsos de LH que son necesarios para completar la formación del CL y estimular la secreción de P4 (Figura 5).

FIGURA 5. Esquema del ciclo estral bovino mostrando etapas, estructuras ováricas, desarrollo folicular y concentraciones hormonales relativas.



Durante el diestro la P4 producida por el CL inhíbe al hipotálamo, pero entre los 14-16 días del ciclo ocurre una desensibilización programada a sus efectos (aun en animales gestantes). Pues la secreción de E2 de los folículos en desarrollo facilitan la síntesis endometrial de receptores para OT, entonces el hipotálamo libera un pico de OT y en respuesta el endometrio secreta PGF2 α en un patrón pulsátil que eventualmente causa la lisis del CL ya que éste también; en respuesta secreta su propia OT (OT lútea) lo que retroalimenta positivamente al endometrio y finalmente la P4 disminuye por debajo de 1 ng/ml marcando el fin del diestro. Al término de esta etapa los niveles de LH son muy bajos y la FSH tiene incrementos que coinciden con el desarrollo de la siguiente oleada folicular (Figura 5).

Luego, en el proestro conforme los folículos crecen y se desarrolla un nuevo folículo destinado a ovular se incrementa la frecuencia de los pulsos de secreción de LH que conducen a la maduración del folículo ovulatorio provocando el estro y por retroalimentación positiva al hipotálamo por los E2 se desencadena el pico preovulatorio de GnRH y LH respectivamente, cerrándose así el ciclo (Figura 5).

RESUMEN DE HORMONAS REPRODUCTIVAS IMPLICADAS EN EL CICLO ESTRAL DE LOS MAMÍFEROS

CUADRO 2. Resumen de algunas hormonas reproductivas. Fuente: Creación del autor.

NOMBRE DE LA HORMONA (ABREV.)	CLASIFICACIÓN QUÍMICA	FUENTE	ÓRGANO BLANCO (TEJIDO DIANA)	ACTIVIDADES PRINCIPALES
Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH)	Neuropéptido (decapéptido)	Centros hipotalámicos de control de secreción preovulatoria y tónica de GnRH	Lóbulo anterior de la hipófisis (gonadotrofos)	Activa la secreción de FSH y LH por lóbulo anterior de la hipófisis
Oxitocina (OT)	Neuropéptido (octapéptido)	Sintetizada en el hipotálamo, almacenada en el lóbulo posterior de la hipófisis; sintetizada por el cuerpo lúteo	Miometrio y endometrio, células mioepiteliales de la glándula mamaria	Motilidad uterina, promueve la síntesis uterina de PGF2a, secreción láctea
Hormona Luteinizante (LH)	Glicoproteína	Lóbulo anterior de la hipófisis (gonadotrofos)	Ovario (células de la teca interna y células lúteas)	Estimula la ovulación, formación del cuerpo lúteo y secreción de progesterona
Hormona Folículo Estimulante (FSH)	Glicoproteína	Lóbulo anterior de la hipófisis (gonadotrofos)	Ovario (células de la granulosa)	Desarrollo folicular y síntesis de estradiol por las células de la granulosa
Estradiol (E2)	Esteroides	Células de la granulosa del folículo, placenta, células de Sertoli	Hipotálamo, aparato reproductor y glándula mamaria	Comportamiento sexual, estimula el centro pre ovulatorio de GnRH, actividad secretora elevada del aparato reproductor, intensifica la motilidad uterina
Progesterona (P4)	Esteroides	Cuerpo lúteo y placenta	Edometrio y miometrio, glándula mamaria, hipotálamo	Secreción edometrial, inhibe la activación de GnRH, inhibe el comportamiento reproductivo promueve y mantiene la gestación
Testosterona (T)	Esteroides	Células intersticiales de Leyding, células de la teca interna del folículo ovárico	Cerebro, músculo esquelético, células de la granulosa	Sustrato para la síntesis de E2 masculinización anormal
Inhibina	Glucoproteína	Células de la granulosa (hembra) y células de Sertoli (macho)	Gonadotrofos del lóbulo anterior de la hipófisis	Inhibe la secreción de FSH
Activina	Glucoproteína	Células placentarias (mujer), células de la granulosa (hembra), células de Sertoli (macho)	Gonadotrofos del lóbulo anterior de la hipófisis	Estimula la secreción de FSH
Prostaglandina F2a (PGF2a)	Prostaglandina (C-20 ácido graso)	Endometrio uterino, glándulas vesiculares	Cuerpo lúteo, miometrio, folículos	Luteolisis, promueve el tono y las contracciones uterinas, ovulación.

LITERATURA CITADA Y RECOMENDADA

- ◆ Hernández Cerón Joel. (2012). Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros. México D.F.
- ◆ Low, M.J. (2011). En Williams textbook of endocrinology (eds. Melmed, S., Polonsky, K.S., Larsen, P.R. & Kronenberg, H.M.). Saunders/Elsevier, Philadelphia, USA.
- ◆ Del Rio, Diana Cecilia. (2012). Distribución y caracterización de la respuesta de [Ca²⁺] de tirotrópos a TRH en rebanadas de hipófisis de ratón macho adulto. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- ◆ Hernández J. y Zavala J. (Eds) (2007). Reproducción bovina. México D.F.: FMVZ-UNAM.
- ◆ Galina C. y Valencia J. (Eds) (2009). Reproducción de los animales domésticos. México D.F.: Limusa.
- ◆ Senger P.L. (2005). Pathways to Pregnancy and Parturition. Washington State, USA: Current Conceptions Inc.

Volver a: [Reproducción e inseminación artificial en cría y tambo](#)