

## Fisiología reproductiva y diferencias reproductivas entre el ganado europeo y cebú

**Germán Enrique Portillo Martínez, MV, M Sc, Ph D**

*Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia,  
Maracaibo-Venezuela ~ portillo@cantv.net*

El ganado cebú (*Bos indicus*) se caracteriza por su adaptabilidad a ambientes con temperaturas y humedad elevadas, su tolerancia a las enfermedades y a los parásitos y su habilidad en la utilización de forrajes con alto contenido de fibra. Es por eso el amplio uso del ganado mestizo con diferentes porcentajes de razas europeas (*Bos taurus*) y cebuinos o acebuados para la producción de carne y leche en regiones tropicales y subtropicales. Sin embargo, existen algunos problemas asociados a la detección del celo y a la respuesta a distintos tratamientos reproductivos en el ganado cebú. Esos problemas se relacionan a las diferencias reproductivas que existen entre los animales de razas taurinas y los cebuinos.

En este capítulo se describen de una forma muy general algunos conceptos de la fisiología reproductiva de los bovinos y las principales diferencias reproductivas descritas entre animales de razas europeas y cebú.

### **EL EJE HIPOTÁLAMO-HIPÓFISIS-OVARIOS Y LAS PRINCIPALES HORMONAS DE LA REPRODUCCIÓN**

En presencia de los factores liberatorios hipotalámicos, las hormonas de la glándula hipófisis y los ovarios ejercen un control mutuo sobre sus concentraciones en la sangre. Las complejas interacciones entre las hormonas del eje H-H-O y el útero involucran un mecanismo de control positivo y negativo para mantener el ciclo estral de la vaca. Las principales hormonas secretadas por esas estructuras son la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH), la hormona folículo estimulante (FSH), la hormona luteinizante (LH), el estradiol ( $E_2$ ), la progesterona ( $P_4$ ) y la prostaglandina  $F_{2\alpha}$  ( $PGF_{2\alpha}$ ).

La GnRH es secretada por el hipotálamo y se dirige a la hipófisis para inducir la síntesis y liberación de la FSH y la LH, que controlan la función del ovario. La FSH está involucrada en el desarrollo de los folículos ováricos, mientras que la LH conduce la maduración de esos folículos, induce la ovulación, la formación del cuerpo lúteo (CL), y mantiene la síntesis y la secreción de la progesterona por el CL.

Las concentraciones de LH entre los días 2 y 4 del ciclo estral no difieren entre las vacas Brahman (*Bos indicus*), Senepol (*Bos taurus tropical*) y Angus (*Bos taurus*). Sin embargo, se han reportado diferencias raciales entre el ganado cebú y el ganado europeo en la amplitud y el tiempo de liberación de la LH. El intervalo entre el inicio del celo y la liberación de LH es de aproximadamente 4 horas en las vacas Brahman (*Bos indicus*), 7 horas en las mestizas Brahman × Hereford y 5 horas en las Hereford (*Bos taurus*). Adicionalmente, el intervalo entre la liberación de la LH y la ovulación es de 19 horas en las vacas Brahman, 22 horas en las mestizas Brahman × Hereford y 23 horas en las Hereford. De este modo, las vacas cebú tienen intervalos más reducidos desde el celo hasta la secreción de LH y desde la secreción de LH hasta la ovulación en comparación con vacas de razas europeas y mestizas.

Los esteroides ováricos se agrupan en tres clases principales que incluyen la progesterona, los andrógenos y los estrógenos. Los estrógenos (estrona y estradiol) son los esteroides foliculares más importantes y la progesterona, la más importante de los esteroides producidos por el CL. Los estrógenos están directamente involucrados en varios procesos ováricos tales como la formación de los folículos, la producción de esteroides en el ovario, la ovulación y la formación y función del CL. Por otra parte, la secreción adecuada de progesterona por el cuerpo lúteo es crítica para el establecimiento de la duración del ciclo estral y para el mantenimiento de la preñez.

Las prostaglandinas juegan un papel importante en la fisiología y el metabolismo de los mamíferos. El útero es la fuente más importante de la prostaglandina  $F_{2\alpha}$  ( $PGF_{2\alpha}$ ) en el ganado vacuno, la cual está asociada con la regresión del CL y con la recuperación del útero posparto. Después del celo, el útero secreta  $PGF_{2\alpha}$  para inducir la regresión del CL y así iniciar un nuevo ciclo estral, si la vaca no se preña. En caso que la vaca resulte gestante, la liberación de la  $PGF_{2\alpha}$  por el útero es inhibida y el CL se preserva para mantener la preñez.

## **EL CICLO ESTRAL EN EL GANADO BOVINO**

La duración del ciclo estral en el bovino es de 17 a 25 días y resume una secuencia de eventos reproductivos predecibles comenzando por el estro o celo (período de recepción sexual) y finalizando con el subsiguiente celo. Se han reportado diferencias en la duración del ciclo estral entre animales de razas europeas y cebú. La duración del ciclo estral en el ganado europeo es típicamente de 21 días, con una pequeña variación. En contraste, hay una considerable variación en la duración del ciclo estral en el ganado cebú, para el cual se ha reportado un promedio de 28 días en novillas Brahman, 23 días en vacas de la raza Boran (cebú) y de 20 días en las vacas Brahman.

El celo se caracteriza por la receptividad sexual de la vaca y la aceptación de la monta siendo el estadio más identificable del ciclo estral. El estradiol es la hormona responsable de la inducción del comportamiento del celo. El celo es más corto y me-

nos evidente en los animales cebú, comparados con las razas europeas. En los animales de las razas europeas, la duración del celo varía entre 3 y 26 horas con un promedio de 14 horas, mientras que en los animales cebú el rango es de 2 a 22 horas con un promedio de 7 horas.

El metaestro es el período entre la ovulación y la formación de un CL funcional y su duración es entre 3 y 5 días. La ovulación ocurre entre 24 y 36 horas del inicio del celo en el ganado europeo. En forma similar, la ovulación en el ganado cebú ocurre alrededor de 25 horas después del inicio del celo. Adicionalmente, el 26% de las ovulaciones en el ganado cebú ocurren sin signos visibles de celo (celos silenciosos). El folículo recientemente ovulado sufre cambios celulares y estructurales que resultan en la formación del CL. El nuevo CL es rápidamente invadido por vasos sanguíneos los cuales suplen los sustratos necesarios para la producción de progesterona.

El diestro se caracteriza por la presencia de un CL funcional y el incremento en las concentraciones de progesterona, siendo el estadio más largo del ciclo estral con una duración entre 10 y 14 días. Este periodo finaliza con la secreción de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  ( $PGF_{2\alpha}$ ) del útero, lo cual resulta en la regresión del CL y en la reducción de la producción de progesterona. Dependiendo de si la preñez resulta o no, el CL se desarrollará en un órgano completamente funcional que produce grandes cantidades de progesterona necesaria para el mantenimiento de la gestación. En caso que el óvulo resulte fertilizado, el CL se mantendrá durante toda la preñez. Por el contrario, si el óvulo no es fertilizado, el CL permanece funcional hasta el día 17 ó 18 del ciclo cuando regresa y por lo tanto permite el inicio de un nuevo ciclo estral.

El proestro se caracteriza por el crecimiento de los folículos y la preparación de los mismos para la ovulación y por la producción de estradiol. Este periodo dura entre 2 a 3 días previos al inicio del celo en la vaca.

## **REGULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LOS FOLÍCULOS OVÁRICOS Y LA RESPUESTA OVULATORIA**

El desarrollo de los folículos en los ovarios se inicia durante la vida fetal, alcanzando durante la madurez del animal una progresión dinámica de eventos que se suceden en ondas de crecimiento y regresión de esos folículos durante el ciclo estral. El ganado bovino usualmente presenta 2 ó 3 ondas de crecimiento folicular durante un ciclo estral. Sin embargo, también se ha observado animales que presentan entre 1 y 4 ondas.

Las características principales del crecimiento de los folículos ováricos pueden variar entre animales. Aparentemente no hay diferencias en el número de ondas de crecimiento folicular entre el ganado cebú y las razas europeas. Sin embargo, las vacas Gyr (*Bos indicus*) presentan una mayor incidencia de ciclos estrales con tres (60%) y hasta cuatro (27%) ondas de crecimiento folicular. La dinámica de una onda de crecimiento folicular durante el ciclo estral consiste en una serie de procesos donde al final se desarrolla un folículo maduro llamado “dominante”, el cual tiene la capacidad de ovular.

La duración del ciclo estral depende del número de ondas de crecimiento folicular que presente. La duración promedio del ciclo estral en animales europeos con

dos ondas de crecimiento folicular es de 20 días, comparable con lo reportado para vacas mestizas *Bos taurus* x *Bos indicus* y Gir (*Bos indicus*). Sin embargo, la duración del ciclo estral en animales con tres ondas de crecimiento folicular parece ser mas corta en el ganado cebú (<21 días) que en las razas europeas y en el ganado mestizo *Bos taurus* x *Bos indicus* (22 a 25 días). En cualquier caso, el rango del tamaño promedio del folículo pre-ovulatorio es de 12 a 15 mm para el ganado europeo y cebú.

La importancia de la diferencia entre animales en cuanto al número de ondas foliculares radica en la fertilidad de los animales. Mientras mayor sea el número de ondas de crecimiento folicular, el folículo ovulatorio tendrá un período de dominancia menor, lo cual está relacionado con la fertilidad del óvulo presente en dicho folículo. A menor periodo de dominancia del folículo ovulatorio, mayor fertilidad. Lo antes expuesto, hace pensar que el ganado cebú pudiera tener una mayor proporción de animales con tres y hasta cuatro ondas de crecimiento folicular, lo cual no ha sido comprobado hasta el presente. Por otro lado, al haberse comprobado que la duración del ciclo estral es menor en estos animales en comparación con animales de razas europeas, ello significaría que el ganado cebú pudiera tener una mayor fertilidad.

## **OVULACIÓN, DESARROLLO DEL CUERPO LÚTEO Y LUTEOLISIS**

La ovulación se define como la degradación de la membrana del folículo, resultando en la liberación del óvulo. La degradación y subsiguiente remodelación del tejido folicular son procesos importantes asociados con la ruptura del folículo al momento de la ovulación y con la formación eventual del cuerpo lúteo. Este proceso es iniciado y controlado por la secreción pre-ovulatoria de LH. El establecimiento de nuevos vasos sanguíneos a partir de arterias y venas pre-existentes juega un papel importante en la formación, desarrollo y mantenimiento del CL. El desarrollo inicial del CL toma aproximadamente 3 días en los bovinos (día 2 al 5 del ciclo estral). El tamaño del CL incrementa más de 20 veces durante su desarrollo y tiene una de las tasa más altas de flujo sanguíneo por unidad de tejido que cualquier órgano en el cuerpo.

Los ovarios del ganado de razas cebú son más pequeños que los del ganado europeo. Igualmente, el diámetro del CL es menor en el ganado cebú que en el ganado europeo (7 a 20 mm en el cebú y 25 a 30 mm en el ganado europeo). El diámetro del CL de vacas y novillas mestizas de doble propósito (18 y 19 mm, respectivamente) es similar al del ganado cebú. En relación con estos hallazgos, las concentraciones de progesterona durante el diestro son menores en el ganado cebú y en el ganado mestizo *Bos indicus* x *Bos taurus* que en el ganado europeo.

Durante la fase de diestro tardío ocurre la regresión del CL (luteólisis) para que la hembra no gestante retorne al estro o celo. El endometrio uterino libera  $\text{PGF}_{2\alpha}$  y si hay presente un embrión, este envía las señales apropiadas para bloquear la producción de  $\text{PGF}_{2\alpha}$ . La luteólisis es un mecanismo que involucra un intercambio de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  entre la vena uterina y la arteria ovárica y su regulación es particularmente compleja. La  $\text{PGF}_{2\alpha}$  ejerce su acción no sólo sobre las células del CL, sino también sobre otros tipos de células tales como las de los vasos sanguíneos.

Algunas de las alteraciones del CL durante la luteólisis ocurren sobre el componente vascular del CL. Esto resulta en una disminución del flujo sanguíneo dentro del

CL. Sin embargo, esos cambios sanguíneos no ocurren cuando se induce la luteólisis durante las fases tempranas del desarrollo del CL.

Todos los cambios que ocurren en el cuerpo lúteo durante la luteólisis, conducen primero al cese de la producción de progesterona por el CL (luteólisis funcional) y luego a la muerte del componente celular (luteólisis estructural). En cualquier caso, la luteólisis funcional ocurre antes que cualquier cambio morfológico en las células del CL, y es muy probable que sea un proceso reversible siempre y cuando exista un soporte anti-luteolítico suficiente durante el proceso.

Algunos investigadores sugieren que la falta de síntesis de algunas enzimas (Ej. endotelina-1) podría hacer al CL refractario a la acción luteolítica de la  $\text{PGF}_{2\alpha}$ . Por lo tanto, los vasos sanguíneos de los CL en sus fases tempranas de desarrollo no responden a la acción de la  $\text{PGF}_{2\alpha}$ . Existe una correlación positiva entre la cantidad de vasos sanguíneos y el diámetro del CL. Además, el ganado cebú responde menos a la acción luteolítica de la  $\text{PGF}_{2\alpha}$  que el ganado europeo. Como se mencionó anteriormente, los ovarios y el CL del ganado cebú y sus mestizos son más pequeños que los del ganado europeo. Por lo tanto, estos hallazgos sugieren que la respuesta menor del CL en sus fases tempranas en el ganado cebú a la  $\text{PGF}_{2\alpha}$  en comparación con el ganado europeo puede estar relacionada con el tamaño del CL y la falta de vascularización. Sin embargo, no está claro si existen diferencias en la vascularización del CL entre el ganado cebú y sus mestizos y el ganado europeo, pero es una hipótesis interesante y requiere de una investigación más detallada.

## LECTURAS RECOMENDADAS

Alvarez P, Spicer LJ, Chase Jr CC, Payton ME, Hamilton TD, Stewart RE, Hammond AC, Olson TA, Wettemann RP. Ovarian and endocrine characteristics during an estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *J Anim Sci* 78:1291-1302. 2000.

Galina CS, Arthur GH. Review on cattle reproduction in the tropics. Part 4. Estrous cycles. *Anim Breed Abst* 58:697-707. 1990.

Galina CS, Orihuela A, Rubio I. Behavioral characteristics of zebu cattle with emphasis on reproductive efficiency. In Fields MJ, Sand RS (eds): *Factors Affecting Calf Crop*. Boca Raton: CRC Press, 1994;345-361. 1987.

Griffin J, Randel RD. Reproductive studies of Brahman cattle. II. Luteinizing hormone patterns in ovariectomized Brahman and Hereford cows before and after injection with GnRH. *Theriogenology* 9:437-443. 1978.

Lamothe-Zavaleta, C, Fredriksson G, Kindahl H. Reproductive performance in zebu cattle in Mexico. 1. Sexual behavior and seasonal influence on estrus cyclicity. *Theriogenology* 36:887-896. 1991.

Randel RD. Unique reproductive traits of Brahman and Brahman-based cows. En Fields MJ, Sands RS (eds): *Factors affecting calf crop*. Boca Raton: CRC Press. 23. 1994.

Vaca LA, Galina CS, Fernandez-Baca S, Escobar FJ, Ramirez B. Estrous cycles and ovulation of the zebu in the Mexican tropics. *Vet Rec* 117:434-437. 1985.