

DINÁMICA FOLICULAR OVÁRICA DURANTE EL CICLO ESTRAL EN VACAS BRAHMAN

Ovarian Follicular Dynamics During the Estrous Cycle in Brahman Cows

D'Endel D'Enjoy^{*1}, Pedro Cabrera^{**}, Isis Vivas^{***} y Thaís Díaz^{**}

Laboratorio de Fisiología de la Reproducción Animal, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay, Aragua 4653, Venezuela. **Instituto de Reproducción Animal, *Cátedra de Estadística, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Aragua, 2101, Venezuela*

Correo-E: ddenjoy@inia.gob.ve

Recibido: 24/04/12 - Aprobado: 13/07/12

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar la dinámica folicular durante el ciclo estral (CE) en vacas Brahman, fueron evaluados 12 CE's con duración promedio de $21,3 \pm 0,7$ d (rango=19–24 d). Setenta y cinco porciento (9/12) de los CE's presentaron dos ondas de crecimiento folicular (CF), emergiendo los días $1,6 \pm 0,4$ y $8,4 \pm 0,4$ del ciclo, respectivamente. En CE's de una sola onda (2/12), la emergencia ocurrió el día $14,5 \pm 0,7$; mientras en el CE de tres ondas (1/12), las mismas emergieron los días 2, 10 y 17. Durante el CE ocurrieron cambios en las clases foliculares (Clase 1 [C1]: ≤ 5 mm; Clase 2 [C2]: 6–9 mm; Clase 3 [C3]: ≥ 10 mm). Disminuyó el número de folículos C1 mientras aumentó el número de folículos C2 durante el reclutamiento, y descendió el número de folículos C2 mientras aumentó el número de folículos C3 durante la selección. La tasa de crecimiento (TC) fue mayor ($P < 0,05$) para el folículo dominante ($FD1 = 0,78 \pm 0,1$ mm/d; $FD2 = 0,40 \pm 0,1$ mm/d), que en el folículo subordinado ($FS1 = -0,01 \pm 0,1$ mm/d; $FS2 = 0,22 \pm 0,1$ mm/d). No hubo diferencia en el máximo diámetro alcanzado por el FD ($FD1 = 12,2 \pm 0,4$ mm; $FD2 = 12,7 \pm 0,4$ mm). El diámetro del cuerpo lúteo (CL) aumentó (fase de crecimiento) hasta alcanzar su máximo tamaño (fase de meseta), disminuyendo hasta su

ABSTRACT

To characterize the follicular dynamics during the estrous cycle (EC) in Brahman cows, 12 ECs with a mean duration of 21.3 ± 0.7 d (range=19–24 d), were evaluated. Seventy five percent (9/12) of the EC's had two waves of follicular growth (FG; 20.6 ± 0.5 d), emerging on days 1.6 ± 0.4 and 8.4 ± 0.4 , respectively. In EC's of one wave of FG (2/12), emergence occurred on day 14.5 ± 0.7 ; whereas in EC's with three waves (1/12), waves emerged on days 2, 10 and 17, respectively. During the EC, the number of follicles (Class 1 [C1]= ≤ 5 mm, Class 2 [C2]= 6–9 mm; Class 3 [C3]= ≥ 10 mm) changed, showing a decrease in C1 follicles and an increase in C2 follicles, during the recruitment phase, and a decrease in C2 follicles during the selection phase, with an increase in C3 follicles. The growth rate of the dominant follicle (DF; $DF1 = 0.78 \pm 0.1$ mm/d; $DF2 = 0.40 \pm 0.1$ mm/d) was greater ($P < 0.05$) than the growth rate for subordinate follicles ($SF1 = -0.01 \pm 0.1$ mm/d; $SF2 = 0.22 \pm 0.1$ mm/d). There was no difference in size between $DF1$ and $DF2$ (12.2 ± 0.4 vs. 12.7 ± 0.4 mm). From the beginning the diameter of the corpus luteum (CL) increased (growth phase) until it reached the maximum size (plateau phase), to decrease due to its regression. Plasma progesterone (P_4) levels showed a positive correlation ($r = 0.54$; $P < 0.01$) with the diameter

¹ A quien debe dirigirse la correspondencia (To whom correspondence should be addressed)

desaparición (fase de regresión). Los niveles de P_4 mostraron correlación positiva con el diámetro del CL ($r=0,54$; $P<0,01$), aumentando los niveles de P_4 durante la fase de crecimiento del CL y disminuyendo durante su regresión, con poca variación durante la fase de meseta. Estos resultados permiten señalar que la dinámica folicular en vacas Brahman presenta los mismos patrones observados en ganado *Bos indicus*, previamente reportados.

(Palabras clave: Vaca, razas (animales), Brahman, ciclo estral, folículos ováricos, edad, Aragua)

INTRODUCCIÓN

En hembras bovinas, la dinámica folicular (DF) ocurre en forma de ondas, siendo descritas dos o tres ondas de crecimiento folicular (CF) durante el ciclo estral (CE) (Borges *et al.*, 2001), aunque una (Viana *et al.*, 2000) o cuatro ondas (Borges *et al.*, 2004) pueden presentarse. Las ondas foliculares se observan durante el CE, pero pueden también presentarse previas a la pubertad (Adams *et al.*, 1994), durante la gestación (Ginther *et al.*, 1996) y durante el periodo postparto (Rajamahendran y Taylor, 1990). En CE's de dos ondas, la primera onda emerge el d 2 del ciclo y la segunda onda el d 11, siendo el intervalo entre emergencia de las ondas de 9 d. En ciclos de 3 ondas, las mismas emergen los d 2, 9 y 16 del ciclo con intervalos entre ondas de 7 d (Borges *et al.*, 2001). La concentración de P_4 en plasma influye sobre el número de ondas foliculares durante el CE (Savio *et al.*, 1993; Díaz *et al.*, 1998), por lo que ciclos de tres ondas tienen la fase luteal más larga (Fortune, 1993), y por ende intervalos inter estrales más largos, en comparación con ciclos de dos ondas de CF (Díaz *et al.*, 1998). El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar la dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral en vacas Brahman en Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en el Instituto de Reproducción Animal "Dr. Abraham Hernández Prado", Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela, estado Aragua, durante

of the CL. These results allowed to conclude that the follicular dynamics during the EC in Brahman cows had the same patterns observed in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle, previously reported.

(Key words: Cows, breeds (animals), Brahman, oestrous cycle, ovarian follicles, age, Aragua)

los meses de febrero–abril, bajo condiciones de temperatura, humedad y radiación promedio de 26,4°C, 50,3% y 639,3 gr.cal/cm², respectivamente. Para el estudio fueron utilizadas 6 vacas de la raza Brahman cíclicas de 6-9 años de edad, con condición corporal promedio de 6 (1-9; Wagner *et al.*, 1988), alimentadas *ad libitum* con heno de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) y suplementadas con alimento concentrado (14% proteína), a razón de 2 kg/vaca/d.

Sincronización del ciclo estral y detección de celos

Las vacas (n=6) fueron sincronizadas mediante la administración de una dosis de 100 µg de GnRH (Ovalyse®, Pfizer) vía i.m., seguida 7 d después por la aplicación de una dosis de 25 mg de PGF_{2alfa} (Lutalyse®, Pfizer), vía i.m. Para facilitar la detección del celo, se pintó la base de la cola con una tiza de cera de color, el día de la administración de la PGF_{2alfa} (Macmillan *et al.*, 1988), haciéndose dos observaciones diarias por espacio de una hora (06:00–07:00; 18:00–19:00 h), para evaluar signos de celo y grado de remoción de la cera (5 puntos = completa presencia de la cera, ningún signo de celo; 0 puntos = ausencia total de la cera, celo franco).

Evaluación ultrasonográfica

Para evaluar la actividad ovárica fue utilizado un aparato de ultrasonido (Pie Medical, modelo Scan VET 550), provisto de una sonda lineal de 7,5 MHz, para detallar las estructuras presentes en los ovarios (folículos ≥ 3 mm y cuerpos lúteos [CL's]), el día de la aplicación de GnRH y PGF_{2alfa}. Una vez observado el celo (d 0), se inició la evaluación

diaria e individual de las vacas (17:00 h) durante dos CE's consecutivos, observando en cada revisión los cambios en las estructuras de ambos ovarios, dibujando su tamaño y posición relativa en mapas ováricos, siguiendo el patrón de posición de las horas del reloj; y agrupando los folículos en clases foliculares según su diámetro (Clase 1 [C1]: ≤ 5 mm; Clase 2 [C2]: 6-9 mm; Clase 3 [C3]: ≥ 10 mm; Díaz *et al.*, 1998). El CL se evaluó desde el día en el cual se observó por vez primera hasta el día en el cual no se observó en el ovario. Las medidas de dos diámetros se promediaron para determinar su medida real, dibujando su posición relativa en el ovario de la forma descrita para los folículos ováricos. Durante el período de evaluación ecográfica, cada día se recolectó, de cada vaca una muestra de sangre (10 mL) a través de los vasos coccígeos, en tubos con EDTA, para la determinación de P_4 en plasma. Luego de colectadas, las muestras se mantuvieron en un baño de agua y hielo hasta el momento de su centrifugación (1800 xg durante 15 min). El plasma obtenido fue almacenado a -20°C hasta realizar la cuantificación de P_4 a través de la técnica de radioinmunoanálisis (RIA; *kits* de Diagnostic Products Company, Estados Unidos).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la descripción de la dinámica folicular se utilizaron los siguientes conceptos:

- a. Día de emergencia del folículo dominante (FD) de cada onda folicular: día del ciclo en el cual el FD aparece en el ovario y tiene al menos 5 mm en diámetro (Díaz *et al.*, 1998).
- b. Diámetro de emergencia del FD: diámetro del FD el día de su emergencia.
- c. Día de máximo reclutamiento durante la onda: día de la onda en el cual se presentó en el ovario, el máximo número de folículos Clase 2 (6 a 9 mm; Díaz *et al.*, 1998).
- d. Día de selección del FD: día de la onda en el cual se observa un aumento en el número de folículos Clase 3 y una disminución en el número de folículos Clase 2 (Lucy *et al.*, 1991).
- e. Día de la desviación del FD: día de la onda en el cual la diferencia entre el FD y el segundo folículo más grande (o folículo subordinado) fue ≥ 3 mm (Ginther *et al.*, 1996; 1999).
- f. Tasa de crecimiento del FD: se calculó a través de la regresión lineal del diámetro del FD

sobre los días de la onda, incluyendo los datos desde el primer día en el cual se observó el FD en el ovario, hasta el día en el cual alcanzó su máximo diámetro (Ginther *et al.*, 1996).

g. Máximo diámetro del FD: mayor diámetro alcanzado por el FD antes de iniciarse su regresión u ovulación.

h. Duración de una onda folicular: diferencia, en días, entre el día de emergencia del FD de dos ondas consecutivas. La duración de la última onda folicular se calculó por la diferencia entre el día de la emergencia del folículo pre-ovulatorio y el día de la ovulación (Díaz *et al.*, 1998).

i. Duración de la dominancia: periodo durante el cual existe la dominancia de un folículo dominante, por lo que no se observa la emergencia de nuevos folículos ≥ 5 mm (Lucy *et al.*, 1992; Fortune, 1993).

j. Tasa de crecimiento del CL: fue calculada a través de la regresión lineal del diámetro del CL sobre los días del ciclo, incluyendo los datos desde el primer día en el cual el cuerpo lúteo se observó en el ovario, hasta el día en el cual se registró su máximo diámetro (Ginther *et al.*, 1996).

k. Los datos obtenidos para dinámica folicular y niveles de P_4 durante el ciclo, fueron analizados mediante análisis de varianza usando el Modelo Lineal Generalizado del Sistema de Análisis Estadísticos (SAS, 2001). El modelo estadístico incluyó los efectos de vaca, ciclo, día y la interacción día x ciclo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Duración del ciclo estral y número de ondas de crecimiento folicular

La duración promedio (\pm error estándar [EE]) de los CE's evaluados fue de $21,3 \pm 0,7$ d, con un rango entre 19–24 d. Setenta y cinco por ciento de los ciclos evaluados (9/12), tuvo una duración promedio de $20,6 \pm 0,5$ d y dos ondas de crecimiento folicular (CF). El 16,7% (2/12) presentó solo una onda de CF durante el CE, con duración de 23 d; mientras que uno de los ciclos (8,3%) presentó tres ondas de CF con duración de 24 d (Tabla 1). La duración del CE obedece al número de ondas de crecimiento folicular existentes durante el ciclo (Díaz *et al.*, 1998; Borges *et al.*, 2004), observándose que ciclos con tres ondas de CF, tienen intervalos inter estrales más

largos que CE's con dos ondas (Díaz *et al.*, 1998). Es evidente un predominio de CE's con dos ondas de CF, en concordancia con las observaciones hechas por Henao *et al.* (2000), en hembras Brahman. Pudiendo ir los rangos en la duración del CE desde 19,7 d (Henao *et al.*, 2000) hasta 23,1 d (Díaz *et al.*, 1986); sin embargo se pudiesen encontrar rangos mayores desde 18–31 d (Díaz *et al.*, 1986).

Tabla 1. Número de ondas de crecimiento folicular y duración (promedio ± EE) del ciclo estral en vacas Brahman

No. Ciclos Estrales	No. de ondas	Duración (d)	Rango (d)
9 (75%)	2	20,6 ± 0,5	19 – 23
2 (16,7%)	1	23	-
1 (8,3%)	3	24	-
12 (100%)	-	21,3 ± 0,7	19 – 24

Número de Foliculos Clase 1, Clase2 y Clase 3

Durante una onda, los foliculos cambian su diámetro en forma dinámica como consecuencia de su crecimiento, por lo que dejan una clase para ingresar en la siguiente (Lucy *et al.*, 1991). En el presente estudio, se observaron cambios dinámicos en las clases foliculares (Figura 1), iniciándose el d 2 del CE una disminución en el número de foliculos C1, al mismo tiempo que se registró un aumento en el número de foliculos C2, hasta alcanzar su mayor número el día 3 del CE. Esto obedece al aumento en el tamaño de los foliculos C1, los cuales dejan su clase de origen para ingresar en la C2. El día 9 se inicia una nueva disminución en el número de foliculos C1, acompañado de un aumento en el número de foliculos C2, registrándose el máximo número el d 11 del ciclo. Esto sugiere que el reclutamiento de la primera onda ocurre el d 2 del CE, mientras que el reclutamiento de la segunda onda se inicia el d 9 del ciclo. De igual forma, los d 4 y 12 del CE se observa una disminución en el número de foliculos C2, seguido de un aumento en el número de foliculos C3, asociado con la fase de selección folicular (Lucy *et al.*, 1991). Esto indica que la selección del FD1 ocurrió el d 4 del CE, mientras que el FD2 fue seleccionado el d 12 del ciclo. Finalmente, el día 11 del ciclo, se registra una

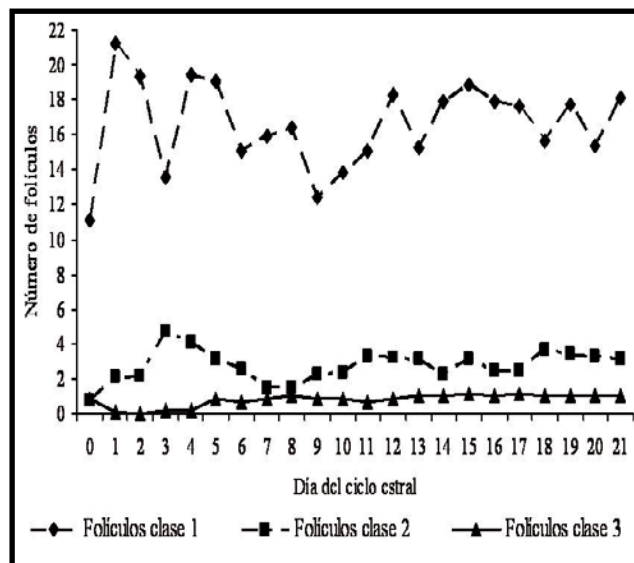


Figura 1. Número de foliculos por clase folicular, Clase 1 (C1: < 5 mm), Clase 2 (C2: 6–9 mm) y Clase 3 (C3: > 10 mm), durante ciclos estrales con dos ondas de crecimiento folicular

disminución en el número de foliculos de C3, lo cual indica que el FD1 perdió su dominancia funcional, marcando el final de la primera onda de CF (Fortune, 1993), habiendo ocurrido la emergencia de una nueva onda el d 9 del CE.

Día de la Emergencia del Foliculo Dominante en cada Onda Folicular

El día de inicio de la onda folicular es definido como el día en el cual el FD es observado en el ovario, con un diámetro entre 4-5 mm (Burke *et al.*, 2000). En CE's de una onda, la emergencia ocurrió durante la segunda mitad del ciclo (14,5±0,7 d), teniendo un diámetro del FD de 5,0 ± 0,5 mm. En CE's con dos ondas de CF, la emergencia del FD1 ocurrió el día 1,6 ± 0,4 del ciclo, mientras que el FD2 lo hizo el d 8,4 ± 0,4; siendo el diámetro el día de la emergencia igual (5,8±0,2 mm) para ambos foliculos. En el CE de tres ondas, los foliculos dominantes hicieron su emergencia los d 2 (FD1: 6 mm), 10 (FD2: 5 mm) y 17 (FD3: 6 mm) del CE, respectivamente (Figura 2). Se puede observar, que en ciclos de dos ondas, la emergencia de las mismas ocurre a intervalos de 7 d, a diferencia de los reportes hechos por Borges *et al.* (2001), quienes observaron intervalos de 9 d. De igual forma, el patrón de emergencia en CE's de tres ondas muestra diferencia con los reportes hechos por Viana *et al.* (2000) en hembras *Bos indicus*, en los cuales el intervalo entre ondas es de 7 d. A pesar de

que se ha descrito que la emergencia de la onda, en ciclos de una sola onda, ocurre el día de la ovulación del FD del ciclo estral anterior (Borges *et al.*, 2001), los resultados de esta investigación señalan que la onda emerge a mediados del diestro ($14,5 \pm 0,7$ d) para finalizar el día 23 del CE, con la ovulación del FD.

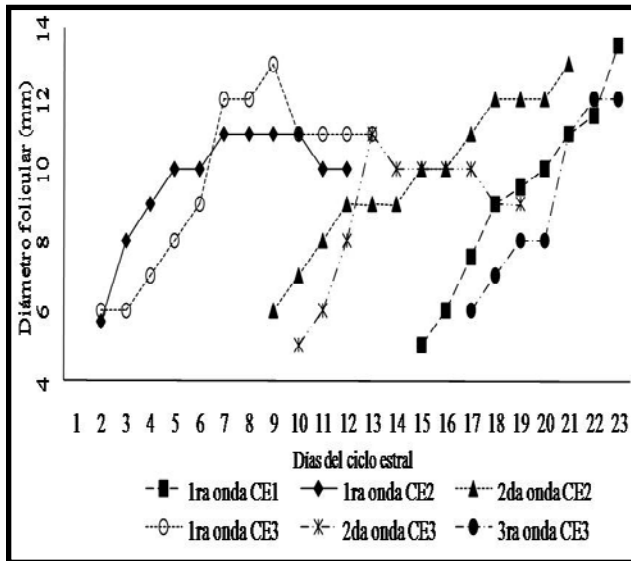


Figura 2. Crecimiento del fólculo dominante (FD) en vacas Brahman con ciclos estrales de una (1ra onda CE1), dos (1ra onda CE2, 2da onda CE2) y tres ondas (1ra onda CE3, 2da onda CE3, 3ra onda CE3) de crecimiento folicular

Día de selección y desviación del fólculo dominante

Entre los días 3-6 de la onda, ocurre la selección del FD (Sunderland *et al.*, 1994), la cual está asociada con el momento en el que finaliza la fase de crecimiento común (Ginther *et al.*, 2003). Durante esta fase, el fólculo seleccionado inhibe el desarrollo de los fólculos que lo acompañan en la cohorte, al mismo tiempo que favorece su propio crecimiento (Sunderland *et al.*, 1994), además de inhibir el crecimiento de una nueva cohorte de fólculos. Durante la desviación, el tamaño del FD y el FS que lo acompaña, divergen gradualmente, incrementándose significativamente su diferencia, llegando a ser ≥ 3 mm (Ginther *et al.*, 1996) cuando el FD tiene un diámetro entre 8,0 y 8,9 mm (Beg *et al.*, 2002). En CE's con dos ondas de CF, la selección del FD1 y el FD2 no mostró diferencias, ocurriendo los días $3,5 \pm 0,2$ y $3,4 \pm 0,2$ de la onda respectivamente. Por otra parte, la desviación del FD1 ocurrió el d 5 de la onda, existiendo una diferencia en el diámetro del FD1 (9,1 mm) y el FS1 (6,1 mm) de 3 mm. En la

segunda onda, la desviación ocurrió más tardíamente, el d 6 de la onda, cuando el FD2 tenía 8,8 mm de diámetro y el FS2 medía 5,8 mm, existiendo 3 mm de diferencia entre el FD1 y el FS1.

Tasa de crecimiento y máximo diámetro del fólculo dominante

La tasa de crecimiento del FD es un indicador del efecto inhibitorio que éste tiene sobre el crecimiento del FS, por lo que una vez iniciada la desviación folicular, se incrementa la tasa de crecimiento del FD, al mismo tiempo que disminuye la del FS, resultando mayor la tasa de crecimiento del FD, y por ende el diámetro final en comparación con el FS (Henao *et al.*, 2000). En ciclos de dos ondas (Figura 3), se evidencia una mayor tasa de crecimiento del FD1 ($0,77516 \pm 0,1$ mm/día; $R^2=0,58$) en comparación con la del FS1 ($-0,007 \pm 0,1$ mm/día; $R^2=0,0003$), alcanzando el FD1 su máximo diámetro ($12,2 \pm 0,4$ mm) el día 10 de CE (día $8,9 \pm 0,6$ de la onda). De igual forma, se observa una mayor tasa de crecimiento para el FD2 ($0,40 \pm 0,1$ mm/día; $R^2=0,50$) que para el FS2 ($0,22 \pm 0,05$ mm/día; $R^2=0,24$) alcanzando el máximo diámetro el FD2 ($12,7 \pm 0,4$ mm) el día $12,9 \pm 0,6$ de la onda (Figura 4). La diferencia existente entre el FD1 y el FS1 (6,2 mm) en comparación con la diferencia existente entre el FD2 y el FS2 (5,2 mm), demuestra que el FD1 ejerció un mayor efecto dominante ($P>0,05$) que el FD2, visto a través de la mayor tasa de crecimiento ($0,77 \pm 0,1$ mm/d versus $0,40 \pm 0,1$ mm/d). Esta diferencia hace que la desviación folicular de la primera onda ocurra más temprano y el FD1 alcance un mayor diámetro, en comparación con la desviación de la segunda onda, en la que el FD2 además requiere tiempo adicional para alcanzar su máximo diámetro (d 13 de la onda). En *Bos indicus*, se han observado tasas de crecimiento del FD de 0,8 mm/d (Viana *et al.*, 2000) pudiendo ser mayor (1,55 mm/d: Álvarez *et al.*, 2000; 1,81 mm/d: Gaur y Purohit, 2007).

Duración de las ondas foliculares y de la dominancia folicular

La duración de las ondas de crecimiento folicular varía dependiendo del número de ondas que se presenten durante el CE, siendo observado en ciclos estrales con una fase luteal larga, un mayor número de ondas de CF (Fortune, 1993; Díaz *et al.*, 1998). Los resultados de esta investigación señalan que en

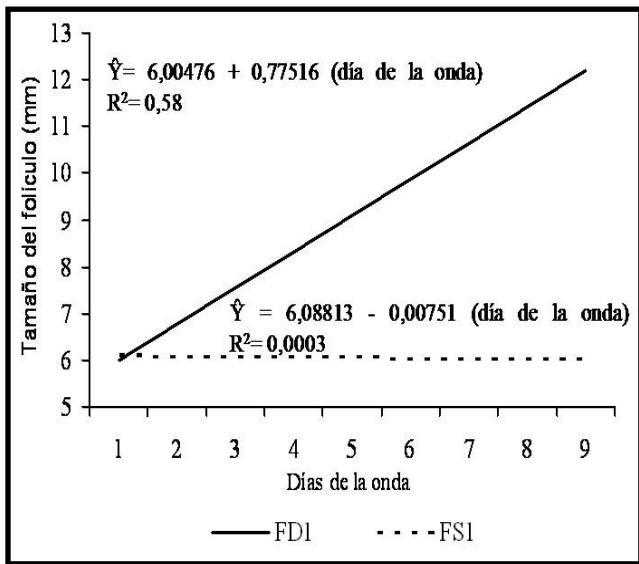


Figura 3. Crecimiento del foliculo dominante 1 (FD1) y el foliculo subordinado 1 (FS1) durante la primera onda de crecimiento folicular en ciclos estrales de dos ondas

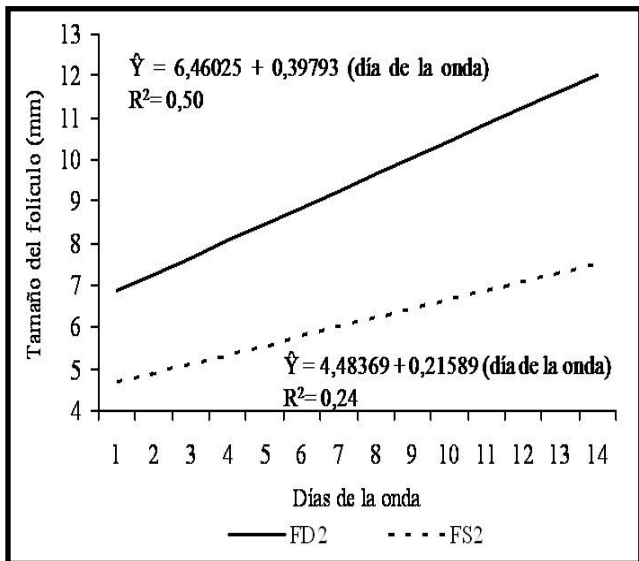


Figura 4. Crecimiento del foliculo dominante 2 (FD2) y el foliculo subordinado 2 (FS2) durante la segunda onda de crecimiento folicular en ciclos estrales de dos ondas

CE's de una sola onda, su duración promedio fue de $9,5 \pm 0,7$ d, teniendo la dominancia del FD una duración de 5 días (Tabla 2). En CE's con dos ondas de CF se observó que la segunda onda presentó mayor duración ($13,1 \pm 0,6$ d) que la primera onda ($9,9 \pm 0,6$ d; $P < 0,01$), siguiendo el patrón señalado por Pérez *et al.* (2003); pese a que la duración de la dominancia mostró similitud ($P > 0,05$) entre ondas (FD1: $9,6 \pm 0,7$ d; FD2: $10,2 \pm 0,7$ d). En el ciclo estral de tres ondas, se observa una menor

duración de la tercera onda (8 d) al compararse con la segunda (9 d) y la primera onda (12 d), como se describe en hembras Gir y Nelore (Borges *et al.*, 2004); sin embargo, se observó un periodo de dominancia corto en las tres ondas (FD1: 6 d; FD2: 4 d; FD3: 4 d). Debido a que el FD1 se desarrolla bajo un ambiente con niveles crecientes de P4, tiene un periodo de dominancia de mayor duración y con ello una mayor duración de la onda, mientras que el FD2 crece bajo la influencia de altas concentraciones de P4 (diestro), lo que ejerce un efecto negativo sobre los pulsos de LH (baja frecuencia), que conlleva a la regresión del FD (Savio *et al.*, 1992), acompañado de menor duración de la onda (Borges *et al.*, 2004). Finalmente, el FD3 se desarrolla durante la onda ovulatoria, que coincide con la disminución en los niveles de P4 (luteólisis), por lo que hay un incremento en la frecuencia de liberación de los pulsos de LH, seguido de un continuo crecimiento del FD3 (Savio *et al.*, 1993) hasta ovular, haciendo que la onda sea más corta (Ferreira *et al.*, 2004).

Tabla 2. Duración (d, promedio \pm error estándar) de las ondas y la dominancia folicular (d, promedio \pm error estándar) en ciclos estrales con 1, 2 y 3 ondas de crecimiento folicular

	Número de ondas	Primera	Segunda	Tercera
Duración (d) de la onda (promedio \pm error estándar)	1	$9,5 \pm 0,7$		
	2	$9,9 \pm 0,6$	$13,1 \pm 0,6$	
	3	12,0	9,0	8,0
Duración (d) de la dominancia folicular (promedio \pm error estándar)	1	$5,0 \pm 0,7$		
	2	$9,6 \pm 0,7$	$10,2 \pm 0,7$	
	3	6,0	4,0	4,0

Cuerpo lúteo

El CL se observó por primera vez en ciclos estrales de una onda, el d 3, teniendo un diámetro de $13,0 \pm 2,4$ mm. En CE's de dos ondas, se observó el d 4 del ciclo, teniendo un diámetro de $16,7 \pm 0,7$ mm; mientras que en el ciclo estral de tres ondas, el CL fue observado más temprano, el día 2 con un diámetro de 15 mm. En hembras *Bos indicus* se ha

observado el CL por primera vez entre los d 2 y 3 del ciclo (Viana *et al.*, 1999; Álvarez *et al.*, 2000).

Tamaño del cuerpo lúteo y niveles de progesterona

Luego de la ovulación se forma el CL, el cual crece linealmente, obedeciendo a un proceso de hipertrofia de las células luteales grandes e hiperplasia de las células luteales pequeñas, responsables del 40% y 20%, respectivamente, de su volumen total (Wiltbank, 1994). Durante la evaluación ecográfica del CL, pueden observarse cambios en su diámetro y en su ecotextura, estando la ecogenicidad del CL muy relacionada con su funcionalidad (Battocchio *et al.*, 1999). En los resultados de esta investigación, se observó una alta correlación ($r=0,54$; $P<0,01$) entre el diámetro del CL y las concentraciones de P_4 en plasma (Figura 5), como ha sido descrito por otros autores ($r=0,26-0,56$; Figueiredo *et al.*, 1997) en hembras *Bos indicus*, lo que permite asociar las concentraciones de P_4 en plasma con los cambios ocurridos durante la fase de crecimiento y regresión del CL. Desde el día de su aparición (d 4 del CE: $16,7\pm0,7$ mm) el CL incrementó su tamaño linealmente, a una tasa de $0,47\pm0,1$ mm/d ($R^2=0,25$) hasta alcanzar su máximo diámetro el d 9 del CE ($19,5\pm0,6$ mm). Tasas de crecimiento similares ($0,42$ mm/d) han sido descritas por Viana *et al.* (1999), en vacas de la raza Gir. Una vez alcanzado su máximo diámetro, el CL mantuvo su tamaño (fase de *plateau*) hasta el d 12 del ciclo ($19,5\pm0,6$ mm), momento a partir del cual inició una lenta disminución en su tamaño, hasta registrarse su menor diámetro el d 19 del CE ($14,1\pm0,7$ mm). Del mismo modo, ocurrieron cambios en las concentraciones de P_4 en plasma durante el CE; mostrando un aumento progresivo desde el d 1 ($0,1$ ng/mL), hasta alcanzar su máxima concentración el d 14 del ciclo ($6,8$ ng/mL), coincidiendo con la fase de *plateau* del CL. Esto repite el patrón de aumento en los niveles plasmáticos de P_4 descrito por Díaz *et al.* (1986) en hembras Brahman, que van desde $0,5$ ng/mL el día del celo (d 0), hasta alcanzar su mayor concentración el d 13 del ciclo ($9,2$ ng/mL), manteniéndose los valores similares hasta el día 17. El día 15 del CE, se observó un rápido descenso en los niveles de P_4 , alcanzando un valor de $0,9$ ng/mL el d 18, hasta llegar finalmente a $0,1$ ng/

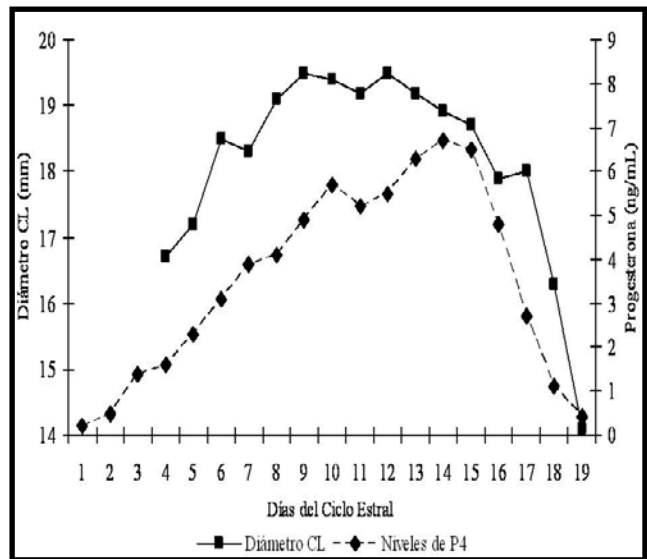


Figura 5. Diámetro del cuerpo lúteo (■) y niveles de progesterona (◆) durante el ciclo estral en vacas Brahman con ciclos estrales de dos ondas de crecimiento folicular

mL el d 21 del CE. Esto indica el fin de la fase luteal, lo cual obedece a cambios degenerativos en las células luteales (luteólisis), por efecto de la $PGF_{2\alpha}$ liberada en el endometrio uterino al final del diestro (Correa, 1992).

Estos resultados permiten concluir que en vacas Brahman, en Venezuela, existe una mayor tendencia a presentarse ciclos estrales con dos ondas de crecimiento folicular y con menor frecuencia, ciclos con una y tres ondas foliculares, siguiendo el mismo patrón reportado en algunas razas *Bos indicus*. Existe una correlación positiva entre niveles de P_4 y diámetro del CL, aumentando los niveles de P_4 en plasma a medida que aumenta el diámetro del CL y disminuyendo la P_4 , a medida que se observa la regresión del tamaño del CL, para finalizar la fase luteal el día 21 del ciclo, lo cual guarda estrecha relación con el número de ondas foliculares observadas durante el ciclo estral.

REFERENCIAS

Adams, G.P.; Evans, A.C.O.; Rawlings, N.C. 1994. Follicular waves and circulating gonadotropins in 8-month-old prepuberal heifers. *J. Reprod. Fert.*, 100:27-33.
 Álvarez, P.; Spicer, L.J.; Chase, C.C. Jr; Payton, M.E.; Hamilton, T.D.; Stewart, R.E.; Hammond, A.C.; Olson, T.A.; Wettemann, R.P. 2000. Ovarian and

- endocrine characteristics during an estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *J. Anim. Sci.*, 78:1291-1302.
- Battocchio, M.; Gabai, G.; Mollo, A.; Veronesi, M.C.; Soldano, F.; Bono, G.; Cairoli, F. 1999. Agreement between ultrasonographic classification of the CL and plasma progesterone concentration in dairy cows. *Theriogenology*, 51:1059-1069.
- Beg, M.A.; Bergfelt, D.R.; Kot, K.; Ginther, O.J. 2002. Follicle selection in cattle: dynamics of follicular-fluid factors during development of follicle dominance. *Biol. Reprod.*, 66:120-126.
- Borges, A.M.; Torres, C.A.A.; Ruas, J.R.M.; Rocha, V.R. Jr; Carvalho, G.R. 2001. Dinámica folicular ovariana em novilhas mestiças Holandês-Zebu. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 53:595-604.
- Borges, A.M.; Torres, C.A.A.; Rocha, V.R. Jr; Ruas, J.R.M.; Gioso, M.M.; Fonseca, J.F.; Carvalho, G.R.; Maffili, N.N. 2004. Dinâmica folicular e momento da ovulação em vacas não lactantes das raças Gir e Nelore durante duas estações do ano. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 56:346-356.
- Burke, C.R.; Day M.L.; Bunt C.R.; Macmillan K.L. 2000. Use of a small dose of estradiol benzoate during diestrus to synchronize development of the ovulatory follicle in cattle. *J. Anim. Sci.*, 78: 145-151.
- Correa, J. 1992. Regulación hormonal del ciclo estral en rumiantes. Resumen. I Curso Internacional de Transferencia de Embriones Bovinos. Universidad Austral de Chile. JICA. 203-214.
- Díaz, T.; Manzo, M.; Trocóniz, J.; Benacchio, N.; Verde, O. 1986. Plasma progesterone levels during the estrous cycle of Holstein and Brahman cows, Carora type and cross-bred heifers. *Theriogenology*, 26:419-432.
- Díaz, T.; Schmitt, E.J.P.; de la Sota, R.L.; Thatcher, M.J.; Thatcher, W.W. 1998. Human chorionic gonadotropin-induced alterations in ovarian follicular dynamics during the estrous cycle of heifers. *J. Anim. Sci.*, 76:1929-1936.
- Ferreira, A.M.; Viana, J.M.H.; Camargo, L.S.A.; Sá, W.F.; Pereira, P.C.A. 2004. População folicular ovariana durante o ciclo estral em vacas da raça Gir. *Rev. Bras. Zootec.*, 33(Suppl.):1689-1694.
- Figueiredo, R.A.; Barros, C.M.; Pinheiro, O.L.; Soler, J.M.P. 1997. Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (*Bos indicus*) cattle. *Theriogenology*, 47:1489-1505.
- Fortune, J.E. 1993. Follicular dynamics during the bovine estrous cycle: A limiting factor in improvement of fertility? *Anim. Reprod. Sci.*, 33:111-125.
- Gaur, M.; Purohit, G.N. 2007. Follicular dynamics in Rathi (*Bos indicus*) cattle. *Vet. Arhiv.*, 77:177-186.
- Ginther, O.J.; Wiltbank, M.C.; Fricke, P.M.; Gibbons, J.R.; Kot, K. 1996. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biol. Reprod.*, 55:1187-1194.
- Ginther, O.J.; Bergfelt, D.R.; Kulick, L.J.; Kot, K. 1999. Selection of the dominant follicle in cattle: establishment of follicle deviation in less than 8 hours through depression of FSH concentrations. *Theriogenology*, 52:1079-1093.
- Ginther, O.J.; Beg, M.A.; Donadeu, F.X.; Bergfelt, D.R. 2003. Mechanism of follicle deviation in monovular farm species. *Anim. Reprod. Sci.*, 78:239-257.
- Henaio, G.; Olivera, A.M.; Maldonado, E.J.G. 2000. Follicular dynamics during postpartum anestrus and the first estrous cycle in suckled or non-suckled Brahman (*Bos indicus*) cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 63:127-136.
- Lucy, M.C.; de la Sota, R.L.; Staples, C.R.; Thatcher, W.W. 1991. Effect of dietary calcium salts of long chain fatty acids (CaLCFA), energy intake, and lactation on ovarian follicular dynamics in Holstein dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 69(Suppl. 1):451 (Abstr.).
- Lucy, M.C.; Savio, J.D.; Badinga, L.; de la Sota, R.L.; Thatcher, W.W. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J. Anim. Sci.*, 70:3615-3626.
- Macmillan, K.L.; Taufa, V.K.; Barnes, D.R.; Day, A.M.; Henry, R. 1988. Detecting estrus in synchronized heifers using tailpaint and an aerosol raddle. *Theriogenology*, 30:1099-1114.
- Pérez, C.C.; Rodríguez, I.; España, F.; Dorado, J.; Hidalgo, M.; Sanz, J. 2003. Follicular growth patterns in repeat breeder cows. *Veterinary Medicine-Czech.*, 1-2:1-8.
- Rajamahendran, R.; Taylor, C. 1990. Characterization of ovarian activity in postpartum dairy cows using ultrasound imaging and progesterone profiles. *Anim. Reprod. Sci.*, 22:171-180.
- SAS. 2001. SAS/STAT TM User's Guide. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Savio, J.D.; Thatcher, W.W.; Morris, G.R. 1992. Terminal follicular development and fertility in cattle is regulated by concentration of plasma progesterone. 12th International Congress on Animal Reproduction, The Hague. *Proceedings*, 2:999-1002.
- Savio, J.D.; Thatcher, W.W.; Badinga, L.; de la Sota, R.L.; Wolfenson, D. 1993. Regulation of dominant follicle turnover during the oestrous cycle in the cow. *J. Reprod. Fert.*, 97:197-203.
- Sunderland, S.J.; Crowe, M.A.; Boland, M.B.; Roche, J.F.; Ireland, J.J. 1994. Selection, dominance and atresia of follicles during the oestrous cycle of heifers.

- J. Reprod. Fert.*, 101:547-555.
- Viana, J.M.H.; Ferreira, A.M.; Sá, W.F.; Camargo, L.S.A. 1999. Características morfológicas e funcionais do corpo lúteo durante o ciclo estral em vacas da raça Gir. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 51:251-256.
- Viana, J.M.H.; Ferreira, A.M.; Sá, W.F.; Camargo, L.S.A. 2000. Follicular dynamics in Zebu cattle. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:2501-2509.
- Wagner, J.J.; Lusby, K.S.; Oltjen, J.W.; Rakestraw, J.; Walters, L.E. 1988. Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *J. Anim. Sci.*, 66:603-612.
- Wiltbank, M.C. 1994. Cell types and hormonal mechanisms associated with mid cycle corpus luteum function. *J. Anim. Sci.*, 72:1873-1883.