

ESTUDIO DE LA DINÁMICA FOLICULAR EN NOVILLAS SIMMENTAL FLECKVIEH: PRIMERA PARTE

Alex Solís Corrales^{1*}; *Reinaldo de Armas*¹; *Juan Morales*²; *Ramón Denis García*³

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro de Investigaciones en Biotecnologías Agropecuarias (CIBA).

*alex.solis@up.ac.pa, reinaldo.dearmas@up.ac.pa

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Centro de Biotecnología de la Reproducción (CBR). Torreón Coahuila, México.

moralesnarrojm@gmail.com

³ Ministerio de la Agricultura, Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT). La Habana, Cuba. denis@cima-minag.cu



RESUMEN

El objetivo fue caracterizar la dinámica folicular en novillas de la raza Simmental Fleckvieh en condiciones de clima tropical de sabana. Se estudiaron 16 ciclos estrales en ocho animales (dos ciclos consecutivos por animal). Se observó un mayor número de ciclos estrales con dos ondas de desarrollo folicular (81.25%), seguido de los de tres y cuatro ondas. Se encontraron ciclos estrales más largos (23 días) en los patrones de cuatro ondas de desarrollo folicular, mientras que los patrones de dos y tres ondas presentaron ciclos más cortos (19 y 22 días respectivamente). El inicio de la onda folicular, para los tres patrones observados, ocurrió entre el día cero y uno del ciclo, en tanto que las siguientes ondas (dos y tres) emergieron siempre uno a tres días antes en los ciclos con patrones de mayor número de ondas. Se vio el CL entre el día tres y el día cinco del ciclo, el cual alcanzó un diámetro máximo de 2.23 cm en promedio, e inició su regresión alrededor del día 15.63. Concluimos que las novillas Simmental Fleckvieh bajo condiciones de clima tropical tienden a manifestar ciclos estrales en su mayoría con patrones de dos ondas de desarrollo folicular y, por lo tanto, dichos ciclos suelen ser más prolongados que el reportado ciclo de 21 días en la literatura clásica. Del mismo modo, estas presentaron un buen desarrollo luteal con capacidad de preparar al útero para la preñez y favorecer la implantación.

PALABRAS CLAVES: Ciclo estral, onda folicular, cuerpo lúteo.



STUDY OF THE FOLLICULAR DYNAMICS IN SIMMENTAL FLECKVIEH HEIFERS: FIRST PART

ABSTRACT

The objective of this research was to characterize the follicular dynamics in heifers of the Simmental Fleckvieh breed under Tropical savanna climate conditions. Sixteen estrous cycles were studied in eight animals (two consecutive cycles per animal). A greater number of estrous cycles were observed with two waves of follicular development (81.25%), followed by those of three and four waves. Longer estrous cycles (23 days) were found in the patterns of four waves of follicular development, while the patterns of two and three waves presented shorter cycles (19 and 22 days respectively). The beginning of the follicular wave, for the three observed patterns, occurred between the day zero and one of the cycle, while the following waves (two and three) always emerged one to three days earlier in the cycles with patterns of greater number of waves. The corpus luteum (CL), was seen between day three and day five of the cycle, which reached a maximum diameter of 2.23 cm on average, and began its regression around day 15.63. We conclude that Simmental Fleckvieh heifers under tropical climate conditions tend to manifest estrus cycles mostly with two wave patterns of follicular development and therefore, these **cycles** tend to be longer than the reported 21-day cycle in the classical literature. In the same way, they presented a good luteal development with the capacity to prepare the uterus for pregnancy and favoring implantation.

KEY WORDS: Simmental Fleckvieh heifers, follicular dynamics, estrous cycles, corpus luteum, pregnancy.

INTRODUCCIÓN

Se ha definido como onda folicular a la activación y crecimiento simultáneo de un grupo de folículos terciarios, donde uno de ellos llamado folículo dominante, continúa su crecimiento y diferenciación, mientras que los otros (folículos subordinados), se atresian (Gigli *et al.*, 2006).

A finales de la década del 80 y comienzo de los 90 con el empleo de la ultrasonografía en la especie bovina, se logró determinar, que a lo largo del ciclo estral existen patrones de dos o tres ondas de crecimiento folicular (Bo y Mapletoft, 1999; Gordon, 1996; Noakes *et al.*, 2009), aunque pueden existir patrones de una, o cuatro ondas, por lo general cuando se trata de animales *Bos indicus* (Ginther *et al.*, 1989; Savio *et al.*, 1988).



Los estudios de la dinámica folicular constituyeron la base de los trabajos utilizados para sincronizar el estro con mayor precisión, incrementar la respuesta superovulatoria y la cantidad de ovocitos colectados en las sesiones de OPU (Bridges y Fortune, 2003; Patterson *et al.*, 2003). De manera que los conocimientos sobre la dinámica folicular pueden ayudar a mejorar la eficiencia de las biotecnologías de la reproducción.

En tal sentido, este trabajo investigativo tuvo como objetivo caracterizar la dinámica folicular en novillas de la raza Simmental Fleckvieh en condiciones de clima tropical de sabana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como material experimental se emplearon 8 novillas cíclicas de la raza Simmental Fleckvieh, con edades entre 16 y 18 meses, peso de 350 a 400 Kg y condición corporal de 3.25 a 3.50 (en escala de 1 a 5).

Se estudiarán 16 ciclos estrales (dos ciclos consecutivos por animal). Se realizaron observaciones ecográficas diariamente a partir de las manifestaciones de celo.

El celo fue sincronizado empleando dispositivos intravaginales liberadores de progesterona (Sincrogest®), benzoato de estradiol (Over®), prostaglandina sintética (Sincroplex®) y PMSG (Folligon®), en un protocolo que se describe a continuación:

Día 0: Dispositivo intravaginal + 2 mg de benzoato de estradiol

Día 8: Retiro del dispositivo + 2 mL de prostaglandina + 300 UI de PMSG

Día 9: 1 mg de benzoato de estradiol

Día 10: Celos e inicio de la primera observación ultrasonográfica.

La exploración ovárica se realizó empleando un ultrasonido portátil, acoplado a un transductor lineal de 6.5 MHz, el cual fue introducido vía transrectal y colocado sobre la superficie de los ovarios, lo que permitió visualizar en la pantalla del ultrasonido las estructuras presentes (folículos y cuerpos lúteos) y evaluar su número y tamaño. Los folículos observados fueron medidos y clasificados en tres tamaños: pequeños (≤ 5.0 mm), medianos (6.0 a 10.0 mm) y grandes (≥ 11.0 mm).



Parámetros evaluados:

- Número de folículos
- Tamaño de los folículos
- Presencia y diámetro de cuerpos lúteos

Análisis estadístico:

Se utilizó estadística descriptiva para las variables: Prevalencia de los patrones de ondas foliculares, intervalo entre celo, día de la emergencia de la onda y para las variables indicadoras del desarrollo del cuerpo lúteo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se aprecia en la figura uno, en todos los ciclos analizados, se produjeron ondas de crecimiento folicular, encontrándose un predominio de los ciclos con dos ondas (81.25%), seguido de los de tres ondas (12.50%) y cuatro ondas (6.25%).

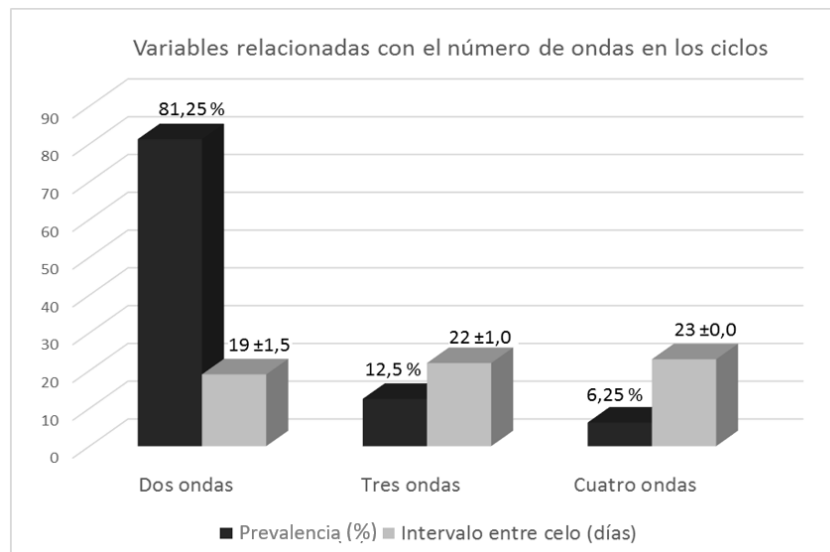


Figura 1. Prevalencia de los patrones de ondas en el ciclo e intervalo entre celos.

Estos resultados coinciden con las afirmaciones de Sirois y Fortune (1988), Townson *et al.* (2002) y Sartori *et al.* (2010), quienes indicaron que los animales provenientes del *Bos taurus* presentan



de dos a cuatro ondas de desarrollo folicular, con un predominio de ciclos con dos ondas y muy pocas veces cuatro ondas.

Además, otros autores han indicado que el ciclo estral bovino presenta patrones de crecimiento folicular que pueden ser de una (Ginther *et al.*, 1989; Savio *et al.*, 1988), dos, tres, cuatro (Motta *et al.*, 2011; Rivadeneira, 2013) y hasta cinco ondas en animales *Bos indicus* (Viana *et al.*, 2000), con un mayor porcentaje en patrones de dos y tres ondas (95%), pudiendo tener una preponderancia mayor a 80% en cualquiera de los dos casos, ya sea en el patrón de dos o en el de tres ondas (Adams *et al.*, 2008).

Investigaciones realizadas por Adams *et al.* (2008), Colazo *et al.* (2007), y Rivadeneira (2013), han indicado que la duración del ciclo estral está relacionada con la cantidad de ondas, de manera que los intervalos entre celos son menores en ciclos estrales con dos ondas. Nuestros resultados respaldan estos hallazgos, al encontrar ciclos estrales más largos (23 días) en los patrones de cuatro ondas de desarrollo folicular, seguido de los de tres ondas (22 días) y dos ondas (19 días).

En cuanto al día de la emergencia de la onda de desarrollo folicular, como se aprecia en la tabla uno, se encontró para los ciclos de dos, tres y cuatro ondas, que la primera emergió entre el día cero y el día uno del ciclo. Resultados similares fueron reportados por Colazo *et al.* (2007) y Adams *et al.* (2008), quienes encontraron que, en los ciclos de dos y tres ondas, la emergencia de la primera onda folicular ocurre alrededor del día de la ovulación (día cero).

Tabla 1. Días en que emergen las ondas de desarrollo folicular.

Día de la emergencia de las ondas	Ciclos				
	Dos Ondas		Tres Ondas		Cuatro Ondas
	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE	\bar{X}
Primera Onda	0.50	0.45	1.00	0.00	0.00
Segunda Onda	9.75	2.42	8.67	1.53	7.00
Tercera Onda			16.33	0.58	13.00



Nota: Solo se observó un ciclo con cuatro ondas por lo que no se pudo determinar la DE.

En los ciclos estrales de dos ondas, la segunda onda emergió alrededor de los 9.75 días. En los ciclos de tres ondas la segunda onda surgió alrededor del día 8.67 y la tercera onda a los 16.33 días. En los ciclos de cuatro ondas, la segunda, tercera y cuarta onda aparecieron los días 7, 13 y 19 respectivamente.

En coincidencia con nuestros resultados, algunos autores indicaron que, en ciclos de dos ondas, la segunda onda emerge entre los días 9 o 10, en ciclos de tres ondas, la segunda onda emerge los días 8 o 9 y la tercera onda emerge los días 15 o 16. (Adams *et al.*, 2008; Colazo *et al.*, 2007). Por su parte Rivadeneira (2013), indicó que la emergencia de las ondas, en los patrones de tres ondas, ocurre en promedio durante los días 0, 9 y 16 y la segunda onda emerge 1 a 2 días más temprano en los ciclos con dos ondas.

Algunos trabajos han demostrado que alrededor del momento del celo hay dos picos de FSH muy cercanos entre sí. El primero ocurre al mismo tiempo que el pico preovulatorio de LH y es inducido por la liberación de GnRH desde el hipotálamo. El segundo pico ocurre cerca del momento de la ovulación y es responsable del reclutamiento de los folículos de la primera onda folicular (Del Valle, 1999; Turzillo y Fortune, 1990). De igual manera, las otras ondas de crecimiento folicular surgen a consecuencia de un aumento transitorio en la secreción de FSH (Adams *et al.*, 1992; Sunderland *et al.*, 1994).

Frandsen *et al.* (2013) indicaron que la cavidad folicular donde ocurre la ovulación, es revestida principalmente por células de la granulosa que inician su multiplicación por influencia de la LH, hasta formar el cuerpo lúteo, cuya producción endocrina primaria es la progesterona. Dicha hormona, durante esta parte del ciclo tiene la función principal de preparar al útero para la preñez, incrementando las secreciones endocrinas del útero e inhibiendo la motilidad uterina para favorecer la implantación. También señalaron que cuando el cuerpo lúteo alcanza su máximo desarrollo la producción de progesterona es máxima y los niveles en plasma se estabilizan.

Se evaluaron además algunos indicadores del desarrollo del CL, el cual se observó ecográficamente a partir del día tres, hasta el día cinco del ciclo (tabla dos). En coincidencia con



nuestros hallazgos, Gutiérrez y Báez, (2014) y Miyamoto *et al.* (2009), indicaron que el cuerpo lúteo bovino se desarrolla rápidamente dos o tres días después de la ovulación y es identificable por ecografía a partir del día tres (Corredor y Páez, 2012). D'Enjoy *et al.* (2012) al emplear vacas Brahman de dos ondas de desarrollo folicular observaron el cuerpo lúteo el día cuatro del ciclo.

Tabla 2. *Indicadores del desarrollo del cuerpo lúteo (CL) en los ciclos estrales evaluados.*

Variables	n	\bar{X}	DE	CV	Mín.	Máx.
Día de la detección	16	4.23	0.83	19.70	3.00	5.00
Día del diámetro máximo alcanzado	16	11.19	2.20	19.64	9.00	17.00
Diámetro máximo alcanzado (cm)	16	2.23	0.19	8.40	1.93	2.65
Día de inicio de la regresión	16	15.63	1.36	8.70	13.00	18.00
Intervalo regresión-celo (días).	16	5.00	1.15	23.09	3.00	7.00

D'Enjoy *et al.* (2012) reportaron una alta correlación entre el diámetro del cuerpo lúteo y las concentraciones de progesterona en plasma. Es decir que cuanto mayor sea el tamaño alcanzado por el cuerpo lúteo, mayor será la producción de progesterona y la capacidad del animal de preparar al útero para la preñez y favorecer la implantación.

En nuestro estudio, dicha estructura promedió un tamaño máximo de 2.23 cm alrededor del día 11.19 del ciclo. Corredor y Páez (2012), indicaron que este alcanza su máximo tamaño alrededor del día 9 en ciclos estrales de 21 días y este tamaño osciló entre 2 y 3 cm. Denis *et al.* (2007a) con vacas Siboney de Cuba, reportaron diámetros máximos alrededor de los 9.0 a los 11.82 días del ciclo estral, con valores de 2.30 a 2.31 cm, mientras que D'Enjoy *et al.* (2012) con vacas Brahman, encontraron que el cuerpo lúteo presentó su mayor tamaño el día 9 y este fue de 1.95 cm.

La regresión del cuerpo lúteo comenzó alrededor del día 15.63. Al respecto Corredor y Páez (2012), señalaron que dicho fenómeno ocurrió a partir del día 17.0. Denis *et al.* (2007a) encontraron que la regresión ocurrió los días 14.93 y 17.33 en ciclos con dos y tres ondas de desarrollo folicular respectivamente. El intervalo regresión celo encontrado en este estudio fue de 5 días y del mismo modo Denis *et al.* (2007a), encontraron intervalos menores al nuestro, que oscilaron desde los 3.11 a 3.51 días.



Conclusiones

Las novillas de la raza Simmental Fleckvieh presentan un mayor porcentaje de ciclos con patrones de desarrollo folicular de dos ondas, seguido de los de tres y cuatro ondas.

Los patrones de dos ondas de desarrollo folicular presentan ciclos estrales más cortos que los de tres y cuatro ondas.

La emergencia de la primera onda ocurre independientemente del patrón de desarrollo folicular, en tanto que la segunda onda inicia antes en los patrones de cuatro ondas, seguido de los de tres y dos ondas.

Los indicadores estudiados permitieron caracterizar el tiempo de aparición, crecimiento y regresión del cuerpo lúteo en el genotipo evaluado, el cual denotó un buen desarrollo luteal con capacidad de preparar al útero para la preñez y favorecer la implantación.

Recomendación

Utilizar los resultados de este estudio como base para el desarrollo de los trabajos biotecnológicos más empleados en reproducción animal, a saber: el diagnóstico reproductivo por ecografía, sincronización del estro para inseminación y transferencia de embriones en tiempo fijo, superovulación y aspiración folicular *in vivo*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, G. P., Jaiswal, R., Singh, J. y Malhi, P. (2008). Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. *Theriogenology*, 69(1), 72-80.

Adams, G. P., Matteri, R. L., Kastelic, J. P., Ko, J. C. y Ginther, O. J. (1992). Association between surges of follicle-stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*, 94, 177-188.

Bo, G. A. y Mapletoft, R. J. (1999). Control del desarrollo folicular y su aplicación en programas de superovulación de donantes de embriones. *Taurus*, 1(4), 14-27.



- Bridges, P. J. y Fortune J. E. (2003). Characteristics of developing prolonged dominant follicle in cattle. *Reprod. Domestic. Animal.* 38, 405-409.
- Colazo, M. G., Mapletoft, R. J., Martinez, M. F. y Kastelic, J. P. (2007). El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. *Revista Ciencia Veterinaria*, 9(1), 4-7.
- Corredor, E. S. C. y Páez, E. M. B. (2012). Aplicaciones de la ultrasonografía en la reproducción bovina: revisión. *Revista Ciencia y Agricultura.* 9(2), 29-37.
- D'Enjoy, D., Cabrera, P., Vivas, I. y Díaz, T. (2012). Dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral en vacas Brahman. *Revista Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV*, 53(1), 39-47.
- Del Valle, D. T. (1999). Dinámica del desarrollo folicular ovárico durante el ciclo estral en el bovino. *Revista Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV*, 40(1), 3-18.
- Denis, R. G., Gil, A. D., Fuentes, D. S., Lliteras, E. y Chog, M. (2007a). Dinámica y sincronización de las ondas foliculares en vacas del genotipo Siboney de Cuba. *Ciencia y Tecnología Ganadera*, 1(1-2), 23-33.
- Frandsen, R. D., Wilke, W. L. y Fails, A. D. (2013). *Anatomy and physiology of farm animals*. John Wiley & Sons. 7a Ed. 434 p.
- Gigli, I., Russo, A. y Agüero, A. (2006). Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. *Investigación Veterinaria*, 8(1), 183-204.
- Ginther, O. J., Kastelic, J. P. y Knopf, L. (1989). Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Animal Reproduction Science*, 20(3), 187-200.
- Gordon, I. (1996). *Controlled Reproduction in Cattle and Buffaloes*. CAB International. Dublin,



Ireland. 523 p.

- Gutiérrez, D. E. y Báez, G. M. (2014). La Ultrasonografía en Bovinos. *Revista Respuestas*, 19(1), 99-106.
- Miyamoto, A., Shirasuna, K. y Sasahara, K. (2009). Local regulation of corpus luteum development and regression in the cow: impact of angiogenic and vasoactive factors. *Domestic Animal Endocrinology*, 37(3), 159-169.
- Motta, P. Ramos, N. González, C. y Castro, E. (2011). Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *Veterinaria y Zootecnia*, 5(2), 88-99.
- Noakes, D. E., Parkinson, T. J. y England, C. W. (2009). *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics*. Elsevier. 8a Ed. 868 p.
- Patterson, D. J. F., Kojima, N. y Smith, M. F. (2003). A review of methods to synchronize estrus in replacement beef heifers and postpartum cows. *Journal of Animal Science*, 81(2), 166-177.
- Rivadeneira, V. (2013). *El ciclo estral bovino. Sistema de Revisiones en Investigación Veterinaria de San Marcos*. Lima, Perú. 15 p.
- Sartori, R., Bastos, M. R., Baruselli, P. S., Gimenes, L. U., Ereno, R. L. y Barros, C. M. (2010). *Physiological differences and implications to reproductive management of Bos taurus and Bos indicus cattle in a tropical environment*. *Reproduction in Domestic Ruminants VII*, 357.
- Savio, J. D., Keenan, L., Boland, M. P. y Roche, J. F. (1988). Pattern of growth of dominant follicles during the estrous cycle of heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*, 83, 663-671.



- Sirois, J. y Fortune, J. E. (1988). Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biology of Reproduction*, 39(2), 308-317.
- Sunderland, S. J., Crowe, M. A., Boland, M. B., Roche, J. F. y Ireland, J. J. (1994). Selection, dominance and atresia of follicles during the oestrous cycle of heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*, 101, 547-555.
- Townson, D. H., Tsang, P. C. W., Butler, W. R., Frajblat, M., Griel, L. C., Johnson, C. J. y Pate, J. L. (2002). Relationship of fertility to ovarian follicular waves before breeding in dairy cows. *Journal of animal science*, 80(4), 1053-1058.
- Turzillo, A. M. y Fortune, J. E. (1990). Suppression of the secondary FSH surge with bovine follicular fluid is associated with delayed ovarian follicular development in heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*, 89, 643-653.
- Viana, J. H. M., Ferreira, A. D. M., Sá, W. F. D. y Camargo, L. S. D. A. (2000). Follicular dynamics in zebu cattle. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(12), 2501-2509.