https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss53.5632

Comportamiento reproductivo, volumen del cuerpo lúteo y niveles de progesterona durante el ciclo estral de vacas wagyu de una finca ubicada en el trópico alto de la Sabana de Bogotá

Edwin Ricardo Buitrago Horta[1] / Juan Sebastián Zárate Montes[2] / David Jesse González Arenas[3] / Carlos Andrés Acosta Benavides[4] / Javier Norberto Pérez Montenegro[5]

1 Médico veterinario, magíster en Salud Animal (UNAL). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Fundación Universitaria San Martín Bogotá, Grupo de investigación Prosavez, Bogotá, Colombia.
✉ edwin.buitrago@sanmartin.edu.co, erbuitragoh@unal.edu.co
https://orcid.org/0000-0002-6853-1292

2 Médico veterinario zootecnista (FUSM), especialista en Administración de Empresas Agropecuarias (U. Santo Tomás), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Fundación Universitaria San Martín Bogotá, Grupo de investigación Prosavez, Bogotá, Colombia.
✉ juan.zarate@sanmartin.edu.co
https://orcid.org/0000-0003-2750-3153

3 Médico veterinario, magíster en Salud Animal (UNAL). Fundación Universitaria San Martín Bogotá, Grupo de investigación Prosavez. Bogotá, Colombia.
✉ djgonzaleza@unal.edu.co
https://orcid.org/0000-0002-5109-1657

4 Médico veterinario zootecnista (FUSM), especialista en Administración de Empresas Agropecuarias (U. Santo Tomás), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Fundación Universitaria San Martín Bogotá, Grupo de investigación Prosavez. Bogotá, Colombia.
✉ carlos.acosta@sanmartin.edu.co
https://orcid.org/0000-0002-3011-6173

5 Médico veterinario, magíster en Salud Animal (UNAL), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Fundación Universitaria San Martín Bogotá, Grupo de investigación Prosavez. Bogotá, Colombia.
✉ javier.perez@sanmartin.edu.co.
https://orcid.org/0000-0002-9873-9000

Cómo citar este artículo: Buitrago-Horta ER, Zárate-Montes JS, González-Arenas DJ, Acosta-Benavides CA y Pérez-Montenegro JN. Comportamiento reproductivo, volumen del cuerpo lúteo y niveles de progesterona durante el ciclo estral de vacas wagyu de una finca ubicada en el trópico alto de la Sabana de Bogotá. *Rev Med Vet.* 2026;(53):e5632. https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss53.5632

Resumen

Este estudio analizó el comportamiento reproductivo durante el estro, además de los hallazgos reproductivos a la palpación y ultrasonografía para determinar dinámicas y tamaños en estructuras ováricas, así como el volumen del cuerpo lúteo (CL) y las concentraciones séricas hormonales de progesterona (P4), estimadas a través de técnicas de ELISA en 8 ciclos reproductivos de vacas wagyu de una finca ubicada en la Sabana de Bogotá. Una vez detectado el estro, se realizaron seguimientos reproductivos y toma de muestras sanguíneas para efectuar mediciones hormonales durante la fase lútea (diestro) cada 48 horas entre el día 6 y 18 del ciclo estral. En 8 ciclos observados, se determinó 37,5 % de comportamiento de estro con reflejo de permanencia y no hubo cambios físicos en los genitales externos compatibles con fase estrogénica. Se calculó el volumen del CL durante el diestro entre el día 6 (9202,08 $mm^3 \pm 90,10$) al 18 (4577,2 $mm^3 \pm 6784$) del ciclo estral y se relacionó con las mediciones de P4 (día 6: 6,29 ng/ml ± 1,3 vs. día 18: 7,86 ng/ml ± 3,2); lo que evidencia una relación significativa ($p > 0,05$), sin embargo, no se hallaron diferencias significativas entre la concentración de P4 y el volumen del CL de acuerdo con el día del ciclo estral. Estos resultados indican la funcionalidad lútea durante el estro, al vincular el volumen de CL con la cantidad de P4 producida en los animales, mientras se tiene en cuenta que, al final del diestro, puede existir una disminución de los niveles de P4 más rápida que la regresión anatómica del CL. A partir del estudio realizado, se concluye que hay una relevancia en la ultrasonografía como método de evaluación del CL en reproducción bovina, así como la relación del volumen del CL y su capacidad de producción de P4.

Palabras clave: bovinos, ciclo estral, cuerpo lúteo, progesterona, wagyu.

CC BY NC

Recibido: 24 de febrero del 2026. Aceptado: 8 de julio del 2026

Reproductive behavior, corpus luteum volume and progesterone levels during the estral cycle of wagyu cows located on a high tropic farm in the Bogotá Savannah

Summary

This study analyzed the reproductive behavior during estrus, reproductive findings by palpation and ultrasound to determine dynamics and sizes in ovarian structures, as well as the volume of the corpus luteum (CL) and serum hormonal concentrations of progesterone (P4) estimated through ELISA techniques in 8 reproductive cycles of Wagyu cows located on a farm located in the savannah of Bogotá. Once estrus was detected, reproductive monitoring and blood samples were taken for hormonal measurements during the luteal phase (diestrus) every 48 hours between days 6 and 18 of the estrous cycle. In 8 observed cycles, 37.5 % of estrous behavior with a permanence reflex was determined, no physical changes in the external genitalia compatible with the estrogenic phase were observed. The volume of the CL during diestrus was calculated between day 6 (9202.08mm3 ±90,10) to 18 (4577.2 mm3 ± 6784) of the estrous cycle and was related to progesterone measurements (day 6; 6.29 ng/ml ± 1.3 Vs day 18; 7.86 ng/ml ± 3.2); showing a significant relationship (P>0.05), however, no significant differences were seen between the concentration of P4 and the CL volume according to the day of the estrous cycle, these results indicate the luteal functionality during estrus relating the CL volume with the amount of P4 produced in the animals taking into account that at the end of diestrus there may be a decrease in P4 levels faster than the anatomical regression of the CL. The importance of ultrasonography as a method of evaluating the CL in bovine reproduction and the importance of the relationship between the CL volume and its P4 production capacity were concluded.

Introducción

La raza bovina wagyu, originaria de Japón, comprende un grupo de razas entre las que destacan la negra japonesa, que representa 97 % de la población wagyu, además de la japonesa café, *shorthorn* japonesa y *polled* japonesa [1]. En las últimas décadas, esta raza ha adquirido relevancia a nivel mundial debido a las características excepcionales de su carne, en particular por su elevado grado de marmoleo, terneza y perfil lipídico favorable, caracterizado por una mayor proporción de ácido oleico y una relación más alta de ácidos grasos monoinsaturados respecto a saturados (MUFA). Estas cualidades impulsan la expansión de sistemas de producción wagyu fuera de Japón e incrementan el interés por comprender su desempeño productivo y reproductivo.

La *eficiencia reproductiva* constituye uno de los principales determinantes de la rentabilidad en los sistemas de producción bovina. En este contexto, la evaluación clínica del tracto reproductivo permite determinar el estado funcional de ovarios y útero, así como identificar alteraciones que puedan comprometer la fertilidad [2, 3]. El *funcionamiento reproductivo* de la hembra bovina depende de una compleja interacción entre hormonas de origen hipotalámico, hipofisario y ovárico, incluidas la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la hormona luteinizante (LH), la hormona foliculoestimulante (FSH), los estrógenos (E2), la progesterona (P4), las inhibinas y las prostaglandinas (PG) [4, 5].

Dentro de la dinámica ovárica, el *cuerpo lúteo* (CL) representa una estructura endocrina transitoria cuya formación constituye evidencia de la ovulación. Durante su desarrollo y maduración, esta estructura es responsable de la producción de P4, hormona indispensable para la preparación del ambiente uterino, la producción de histótrofo y el mantenimiento de la gestación temprana [6]. Estudios han demostrado una relación positiva entre el volumen del CL, las concentraciones plasmáticas de P4 y la probabilidad de establecimiento y mantenimiento de la preñez [7]. En la luteolisis, se ha evidenciado que la regresión anatómica del CL en volumen es más lenta que la caída de los niveles de P4 [8].

La evaluación del CL tiende a realizarse mediante palpación transrectal y ultrasonografía reproductiva. Con la *palpación*, se identifican modificaciones en la morfología y tamaño ovárico, asociadas a la presencia de esta estructura, y se reportan valores de sensibilidad (de hasta 86,2 %) y de especificidad (de hasta 70,3 %) [9]. Sin embargo, con la *ultrasonografía*, se lleva a cabo una caracterización más precisa de la dinámica ovárica, al facilitar la medición de estructuras foliculares y luteales, así como el seguimiento de las ondas foliculares durante el ciclo estral.

Los hallazgos ultrasonográficos se han relacionado con la actividad endocrina ovárica. El tamaño de los folículos y del CL se ha asociado con la producción de hormonas y factores locales como E2, P4, androstenediona, inhibinas y factores de crecimiento similares a la insulina, los cuales participan activamente en la regulación del ciclo estral y reflejan el estado de salud reproductiva de los animales [4, 5]. Asimismo, se ha demostrado que las variaciones en la dinámica folicular influyen en la duración del periodo interovulatorio, con reportes de ciclos que oscilan entre 18,8 y 22,5 días y con un promedio cercano a los 21 días [10].

El conocimiento actual sobre la fisiología reproductiva bovina se ha generado principalmente en razas *Bos indicus*, como brahman y nelore [11], y en razas *Bos taurus*, como angus y senepol [12]. Estos estudios han permitido describir diferencias raciales en la dinámica folicular, el número de ondas foliculares por ciclo y los perfiles hormonales, incluidas las concentraciones séricas de progesterona, que pueden alcanzar valores cercanos a 10 ng/ml durante el diestro [11, 12]. No obstante, la información disponible sobre la fisiología reproductiva de la raza wagyu continúa siendo limitada, en especial bajo las condiciones ambientales y productivas del trópico alto colombiano.

Al considerar la creciente importancia económica de esta raza y la escasez de información disponible en sistemas de producción nacionales, resulta necesario generar conocimiento sobre su comportamiento reproductivo y endocrino. Con esta información se establecerán parámetros fisiológicos de referencia que contribuyan al diseño de programas de manejo reproductivo y mejoramiento genético adaptados a las condiciones locales. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es determinar el comportamiento reproductivo durante el estro, evaluar los hallazgos obtenidos mediante palpación transrectal y ultrasonografía reproductiva, para caracterizar los cambios anatómicos y las variaciones en el tamaño de las estructuras ováricas, así como determinar las concentraciones séricas de P4 durante el diestro en hembras wagyu mantenidas bajo condiciones del trópico alto de la Sabana de Bogotá.

Materiales y métodos

Sitio de estudio y animales

Para llevar a cabo el estudio, se usaron siete vacas del Centro de Investigación y Fomento Agropecuario (CIFAGROP), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en la Fundación Universitaria San Martín (finca El Refugio), en el municipio de Chocontá (Cundinamarca), a 70 km de la ciudad de Bogotá. Se encuentra ubicada a 2710 m s. n. m., 13 °C de temperatura promedio anual y una precipitación promedió anual de 985 mm.

La raza wagyu seleccionada es negra, entre 5 y 9 años, con número de partos en promedio de 1,2, con una condición corporal promedio de 6/9, clínicamente sanas.

Con el examen de sanidad reproductiva previo aprobado, se determinó que estaban ciclando normalmente mediante palpación transrectal y ultrasonografía, y se determinó la presencia de CL. Las vacas fueron alimentadas con forraje verde kikuyo (*Cenchrus clandestinum)* a voluntad, 4 kg/día de silo de maíz, 3 kg/día de concentrado, sal mineralizada al 4 % y agua *ad libitum*. El uso de los animales fue aprobado por el comité de ética de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Fundación Universitaria San Martín (FUSM).

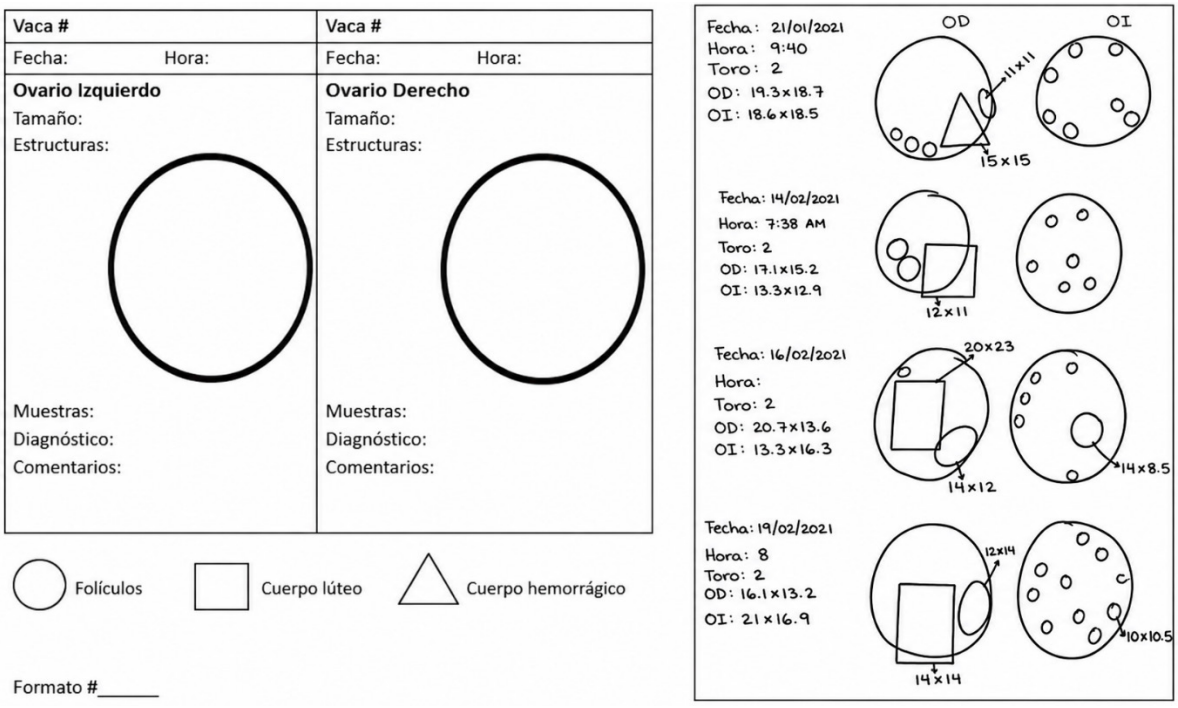
Detección del estro

Por 48 días se detectaron los signos de celo mediante observación directa cada 6 horas (6 a. m., 12 m., 6 p. m. y 12 a. m.), a cargo de un mismo operario, quien estableció los signos compatibles con fase folicular (inquietud, moco transvaginal, olfateo de genitales e intento de monta de otras vacas). Se determinó como inicio del celo (hora 0 del estro) la detección del reflejo de permanencia o quietud al intento de monta de otras vacas (monta estática) [13, 14].

Seguimiento reproductivo por palpación y ultrasonografía

Se registraron los hallazgos de comportamiento, signos clínicos respectivos al estro. Una vez se observó el estro comportamental y la ovulación, se marcó como momento 0 (día 0) y, a partir del día 6, se tomaron muestras de sangre, así como se efectuaron palpación transrectal y ultrasonografía en cada paciente, con un ecógrafo Kaixin RKU-10 de transductor lineal rectal y frecuencia de 7,5 MHz, cada 48 horas durante el diestro hasta el día 18 del ciclo. En cada palpación y ultrasonografías, se trazaron mapas ováricos donde se obtuvieron datos de tamaño y tono uterino, tamaño ovárico, CL (medida y volumen), para registrar la dinámica reproductiva por individuo según lo descrito en literatura (figura 1) [15].

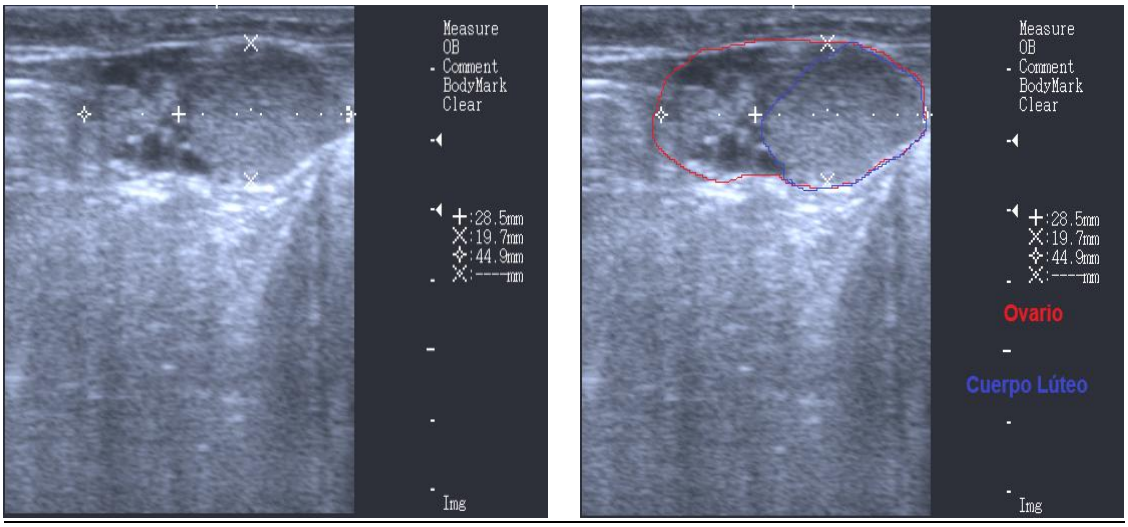
Figura 1. Mapas ováricos con gráficas de estructuras ováricas



Fuente: elaboración propia.

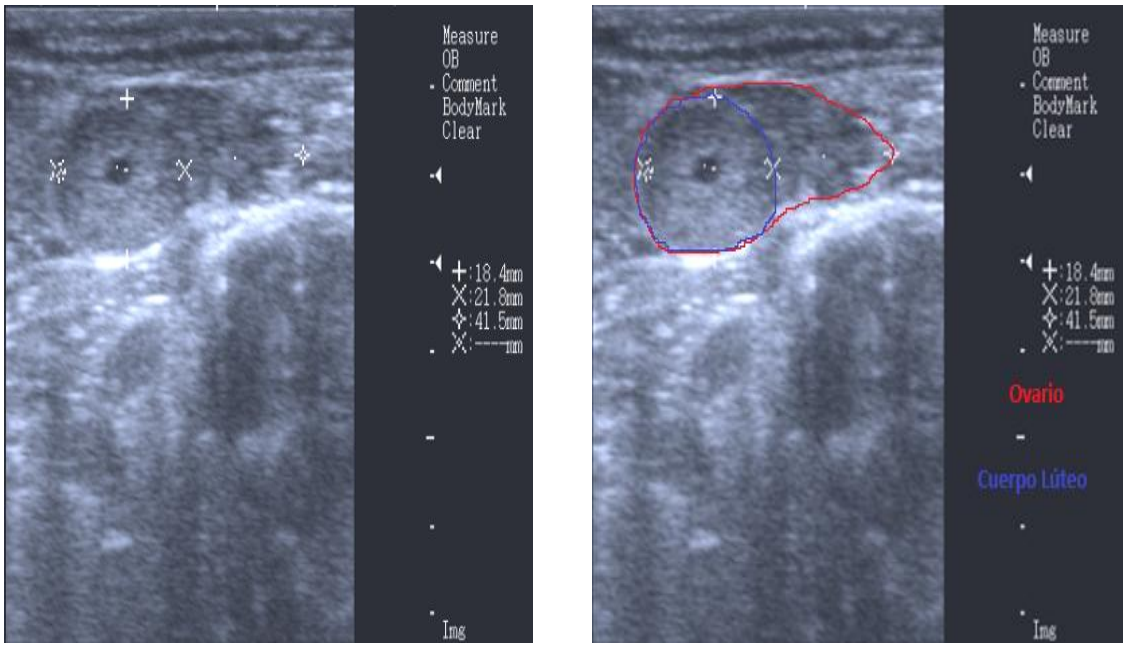
Las mediciones de estructuras se hicieron por el programa obstétrico del equipo de ultrasonografía, con un diámetro folicular estimado en milímetros (mm); mientras que el volumen del CL se calculó a partir de sus medidas con la fórmula 4/3 *n*r³ (*n* es una constante y *r* es el radio, con un diámetro dividido en 2) del CL estimado en mm [16]. Las figuras 2 y 3 muestran las ecografías ováricas que ejemplifican esta idea.

Figura 2. Ecografía ovárica (1)



Nota: se identifica la presencia y el tamaño de las estructuras lúteas. En rojo se señala el ovario y su medición en longitud; en azul se aprecia un CL
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Ecografía ovárica (2)



Nota: se identifica la presencia y el tamaño de las estructuras lúteas En rojo se señala el ovario y su medición en longitud; en azul se aprecia un CL
Fuente: elaboración propia.

Manejo de muestras y análisis hormonal

Posterior a la palpación, se tomaron muestras de sangre de la vena yugular y la vena coxígea, con una aguja BD Vacutainer de 20 g x 1,5'' (0,9 x 38 mm) PrecisionGlide, camisa para Vacutainer y tubos tapa roja (BD Vacutainer Serum) de 6 ml, en los que se extrajeron 4 ml de sangre total. Siempre que se tomaba la muestra, se dejó reposar por unas 2 horas antes de iniciar la centrifugación a 3000 x gramo durante 5 minutos, en una centrífuga Clay Adams Dynac. Posterior a este procedimiento, se tomaron alícuotas de suero sanguíneo con una micropipeta (1000 µL) y se transfirieron a tubos Eppendorf de 2 ml, que se congelaron a -70º C. Para determinar los valores hormonales de P4, se usó un kit de ELISA competitiva (AccuBind ELISA, Monobind Inc., 100 N. Pointe Dr., Lake Forest, CA 92630 EE. UU.). Para detectar y validar los datos, se empleó el *software* Gen 5 BioTek®.

Análisis estadístico

La información obtenida de cada una de las variables (volumen de CL y valores séricos de P4), en principio se analizó mediante una estadística descriptiva, con los valores promedio, la desviación estándar (DE), los valores máximos y mínimos, así como se compararon los promedios con la prueba *t* de Student.

Para efectuar el análisis estadístico, los datos se normalizaron con base en la presentación del celo (estro) en las vacas (considerado día 0). Se realizó un análisis de comparación de medias (ANOVA) y se tuvieron en cuenta los días 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18 del ciclo para estudiar la fase lútea. Luego, se utilizó un modelo general lineal de medidas repetidas, en el que las mediciones fueron los días 6, 8, 10, 12, 14, 16 y 18, mientras que las variables de respuesta fueron los niveles séricos de P4 y el volumen del CL. Las diferencias significativas entre los niveles se analizó con la prueba de polinomios ortogonales y la normalidad se evaluaron de acuerdo con la prueba de Scheffe (Martínez et al., 2011), con el programa estadístico IBM SPSS Statistics, versión 28.0 (IBM Corp.).

Resultados

Los promedios de duración del ciclo estral fueron 21,6 días ± 2,6, con presencia de 2 ondas foliculares por ciclo (5 de 8 ciclos) y un diámetro máximo de CL por ciclo de 25,75 mm ± 1,89. Se evidenció celo con reflejo de permanencia en 3 de 8 celos detectados por observación directa (37,5 %); en cuanto a signos secundarios de celo, no se encontró moco en la vulva o edema vulvar en ninguno de los animales evaluados (tabla 1).

Tabla1. Parámetros asociados al comportamiento reproductivo durante el ciclo estral

Parámetro	Valor
Duración del ciclo estral (días)	21,60 +/- 2,65
Ciclos detectados	8
Reflejo permanencia	3/8 (37,5 %)
Secreción y edema vulvar	0
Diámetro máximo del CL en el ciclo (mm)	25,75 +/- 1,89

Fuente: elaboración propia.

No se evidenciaron diferencias significativas entre la concentración de P4 en las vacas de acuerdo con el día del ciclo estral; tampoco en el volumen de CL de vacas respecto al día del ciclo estral evaluado (tabla 2). Ahora bien, en la regresión lineal de medidas repetidas, la relación entre el volumen de CL y la concentración de P4 resultó significativa ($p < 0,05$), como se aprecia en la tabla3.

Tabla 2. Volumen de CL y promedio de producción de P4 en vacas durante el diestro

Día del ciclo	n	Volumen de CL (mm^3) - DE	Promedio P4 ng/ml - DE
6	8	9202,8 +/- 90,10	6,29+/- 1,31
8		8939,9 +/- 107,81	8,44 +/- 2,10
10		6970,2 +/- 74,19	9,21 +/- 2,28
12		7466,8 +/- 48,54	9,95 +/- 2,22
14		9097,0 +/- 45,36	9,23 +/- 2,91
16		6838,7 +/- 61,60	9,91 +/- 2,58
18		4577,2 +/- 67,84	7,86 +/-

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Volumen de CL y promedio de producción de P4 en vacas durante el diestro

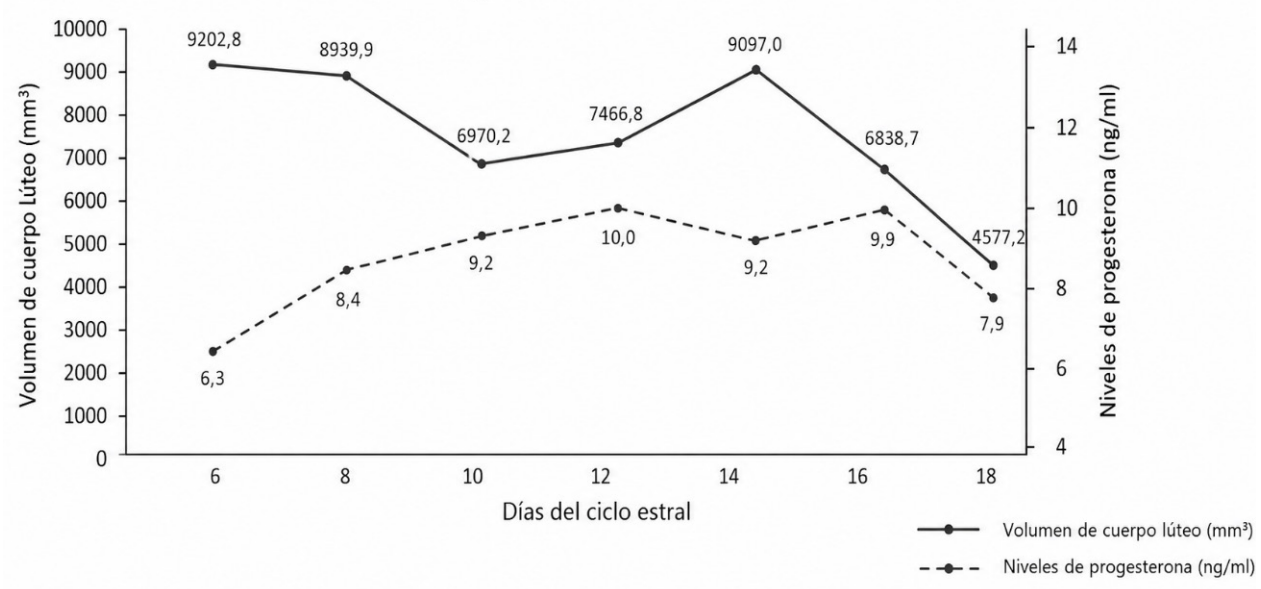
Variable	n	Promedio + DE	DE	Valor *p*
Volumen de CL (mm³) día 6	8	9202,8[A]	90,10	**0,001**
Día 10		6970,2[A]	74,19	0.316
Día 14		9097,0[A]	45,36	0.895
Día 18		4577,2[A]	67,84	0.426
P4 (ng/ml) día 6	8	6,29[B]	1,31	**0,001**
Día 10		9,21[A]	2,28	0.316
Día 14		9,23[A]	2,91	0.895
Día 18		7,86[A]	3,23	0.426

Nota: el valor $p < 0,05$, de la prueba multivariante, fue significativo entre el volumen y la concentración de P4 producida por el CL.
Los supernumerarios refieren a la diferencia significativa entre volumen de CL y P4 por día del ciclo.

Fuente: elaboración propia.

El volumen del CL máximo se evidenció los días 6 y 14 del ciclo estral (9202,08 ± 90,10 y 9097 ± 45,36 respectivamente), los niveles de P4, a partir del día 6 posterior a la ovulación, estuvieron por encima de 6 ng/ml, lo que refleja un nivel más alto hacia la mitad del ciclo (9,953 +/- 2,2 ng/ml); los niveles en estro, en cambio, estuvieron por debajo de 1 ng/ml en todos los ciclos detectados (figura 4).

Fig 4. Volumen de CL (mm3) y promedio de producción de P4



Nota: proceso evidenciado en ocho ciclos reproductivos de vacas durante el diestro.
Fuente: elaboración propia.

Discusión

La duración del ciclo estral de las vacas wagyu evaluadas en la Sabana de Bogotá osciló entre 19 y 22 días, con un promedio de 21,6 ± 2,65 días. Estos valores se encuentran dentro de los rangos fisiológicos descritos para bovinos y coinciden con reportes previos [10]. En los animales evaluados, 12,5 % presentó ciclos de 19 días, otro 12,5 % ciclos de 21 días y 75 % ciclos de 22 días. La duración del ciclo estral está determinada por complejas interacciones endocrinas y fisiológicas que regulan la dinámica folicular, la ovulación y la función luteal, lo que se manifiesta, conductualmente, mediante los signos asociados al estro, como el reflejo de permanencia. A pesar de ello, la identificación del estro puede verse afectada por diversos factores: fallas en la observación, presencia de celos silenciosos o alteraciones reproductivas, que limitan la expresión de los signos comportamentales [17]. A lo largo de este estudio, se identificaron ocho ciclos reproductivos en cuatro animales, confirmados, *a posteriori*, por la presencia de cuerpos lúteos funcionales. Sin embargo, únicamente tres de estos eventos se hallaron durante observación directa del comportamiento estral (con una tasa de detección de 37,5 %). Esta proporción es inferior a la reportada en otros estudios, en los que la detección, basada en el reflejo de permanencia, varía entre 50-90 % [18-20]. Asimismo, no se observaron signos secundarios de estro: secreción mucosa vulvar, edema vulvar u otras modificaciones físicas evidentes.

La baja intensidad de los signos observados podría asociarse con características de la raza o con factores ambientales. En bovinos wagyu, se ha descrito una disminución en la expresión de los signos de celo durante periodos de mayor estrés térmico, situación vinculada al incremento de la temperatura corporal y del estrés oxidativo [21]. Tres animales no fueron observados en celo durante el periodo de seguimiento, aunque sí presentaron dinámica folicular. En dos de ellos se diagnosticaron estructuras compatibles con quistes foliculares, condición que altera la presentación de estros y compromete la detección de la actividad reproductiva.

Estos hallazgos implican la importancia del entrenamiento del personal encargado de la detección de celo. Las fallas en la identificación pueden atribuirse a la falta de coincidencia entre los horarios de observación y la manifestación del estro, a la ocurrencia de celos silenciosos o a errores de interpretación por parte de los operarios. Al respecto, ya se reportaron tasas de detección de apenas 12 % cuando únicamente se consideró el reflejo de permanencia, hasta incrementar a 74 % al incorporar signos secundarios de celo dentro de los criterios de observación [19]. La expresión del estro presenta, además, una baja heredabilidad (0,21), aunque existen variaciones puntuales entre individuos e, incluso, entre ciclos consecutivos de un mismo animal [22-23]. Factores genéticos, fisiológicos y ambientales pueden influir sobre la intensidad de los signos estrales, como el grupo racial, el color del pelaje, el estado posparto, el número de lactancias, la producción láctea, la presencia de patologías podales, los tratamientos hormonales, la nutrición, la presencia de machos reproductores y las condiciones de manejo [24].

Respecto a la evaluación ovárica, la palpación transrectal y la ultrasonografía fueron los métodos diagnósticos complementarios. La palpación transrectal continúa siendo una herramienta utilizada para evaluar el tracto reproductivo, con el se identifican cambios sobre el estado reproductivo y se reconocen, de forma parcial, estructuras como folículos y cuerpos lúteos. Sin embargo, presenta limitaciones en la determinación precisa de tamaños y volúmenes [25]. Por el contrario, la ultrasonografía permitió identificar con mayor exactitud estructuras sólidas y líquidas de diferentes ecogenicidades, lo que facilitó la medición de cuerpos lúteos y la evaluación de la dinámica ovárica. Estos resultados coinciden con lo descrito por diversos autores que consideran la ultrasonografía como la herramienta diagnóstica de elección para evaluar integralmente el sistema reproductivo bovino debido a su carácter no invasivo, rapidez y precisión diagnóstica [26, 27].

El desarrollo del CL tiene relación estrecha con las características del folículo ovulatorio previo. Se ha propuesto que folículos de mayor tamaño generan una mayor

cantidad de células luteales después de la ovulación, lo cual favorece la formación de cuerpos lúteos de mayor volumen y una potencial mayor producción de P4 [28, 29]. Tras la ovulación, ocurre la transformación del folículo preovulatorio en un cuerpo hemorrágico que, luego, se luteiniza bajo la influencia de la LH y da origen a un CL funcional alrededor de cinco días posteriores a la ovulación. Durante este proceso, se produce hipertrofia celular, incremento de la vascularización y aumento progresivo de la secreción de P4, hormona indispensable en la preparación endometrial y el establecimiento de la gestación [30]. En el diestro avanzado, se desarrollan cambios histológicos caracterizados por regresión vascular, incremento del tejido conectivo y pérdida progresiva de células luteales funcionales [31].

En el presente estudio, se identificó una relación significativa entre el volumen del CL y las concentraciones séricas de P4 durante las etapas iniciales de su desarrollo ($p < 0,05$), que confirma la funcionalidad endocrina de la estructura. Las concentraciones de P4 aumentaron progresivamente desde la ovulación hasta la consolidación del CL alrededor del día 6 del ciclo. No obstante, entre los días 6 y 18 no se evidenció una asociación significativa entre el tamaño luteal y las concentraciones hormonales circulantes, lo que indica que el volumen del CL no refleja su capacidad secretora durante todo el diestro. Este hallazgo coincide con lo reportado por otros autores [7], quienes sugieren que el tamaño luteal no influye sobre las concentraciones circulantes de P4, así como con estudios realizados en la Sabana de Bogotá, que describen una relación lineal únicamente durante la fase inicial del diestro [32].

Los mayores volúmenes luteales fueron observados en los días 6 y 14 del ciclo estral, con valores de 9202,08 ± 90,10 mm^3 y 9097 ± 45,36 mm^3, respectivamente. Por su parte, las concentraciones de P4 superaron los 6 ng/ml a partir del día 6 posterior a la ovulación y alcanzaron sus valores máximos alrededor del día 12 (9,95 ± 2,2 ng/ml). Aunque estos resultados reflejan una adecuada funcionalidad luteal, fueron inferiores a los reportados para la raza wagyu, cuyos niveles máximos oscilaron entre 11,35 ± 0,39 ng/ml durante el invierno y 12,72 ± 0,54 ng/ml durante el verano [21]. En la fase folicular, las concentraciones de P4 permanecieron por debajo de 1 ng/ml, que reflejan la luteólisis fisiológica y la regresión estructural del CL previas al inicio de un nuevo ciclo.

En conclusión, las vacas wagyu evaluadas presentaron ciclos estrales con duración comparable a la descrita para otras poblaciones *Bos taurus*. Sin embargo, la expresión de signos conductuales de estro fue limitada y de difícil detección, debido a la escasa presentación de signos secundarios evidentes. En adición, se confirmó la existencia de una relación entre el desarrollo temprano del CL y la producción de P4, asociación que desaparece en las fases más avanzadas del diestro. Estos resultados contribuyen al conocimiento de la fisiología reproductiva de la raza wagyu bajo las condiciones ambientales de la Sabana de Bogotá y aportan información útil para mejorar las estrategias de monitoreo reproductivo y detección de celo en sistemas de producción especializados.

Conclusiones

El estudio ratifica el uso de la ultrasonografía como método de análisis del comportamiento del CL, el cual requiere volúmenes y acción fisiológica con la producción de P4, ayudado a fortalecer el conocimiento de su comportamiento, en función de comprender el ciclo estral en bovinos. El tamaño de muestra no permite sacar conclusiones robustas respecto a la raza, pero propicia avanzar en la recopilación de datos científicos y comportamentales sobre la aplicación de biotecnologías reproductivas.

Referencias

1. Motoyama M, Sasaki K, Watanabe A. Wagyu and the factors contributing its beef quality: A Japanese industry overview. Meat Sci. 2016 oct.;120:10-18. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.026.

2. Adams GP, Matteri RL, Kastelic JP, Ko JC, Ginther OJ. Association between surges of follicle-stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. J Reprod Fertil. 1992 en.;94(1):177-188. https://doi.org/10.1530/jrf.0.0940177

3. Saroti RA, Barros CM. Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. Anim Reprod Sci. 2011 ab.;124(3-4):244-250. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.006

4. Badinga L, Driancourt MA, Savio JD, Wolfenson D, Drost M, De La Sota RL, *et al*. Endocrine and ovarian responses associated with the first-wave dominant follicle in cattle. Biol Reprod. 1992 nov.;47(5):871-883. https://doi.org/10.1095/biolreprod47.5.871

5. Guilbault LA, Rouillier P, Matton P, Glencross RG, Beard AJ, Knight PG. Relationships between the level of atresia and inhibin contents (α subunit and α-β dimer) in morphologically dominant follicles during their growing and regressing phases of development in cattle. Biol Reprod. 1993 feb.;48(2):268-276. https://doi.org/10.1095/biolreprod48.2.268

6. Bazer FW, Wu G, Spencer TE, Johnson GA, Burghardt RC, Bayless K. Novel pathways for implantation and establishment and maintenance of pregnancy in mammals. Mol Hum Reprod. 2010 mar.;16(3):135-152. https://doi.org/10.1093/molehr/gap095

7. Mann GE. Corpus luteum size and plasma progesterone concentration in cows. Anim Reprod Sci. 2009 oct.;115(1-4):296-299. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.11.006

8. Kamimura S, Ohgi T, Takahashi M, Tsukamoto T. Postpartum resumption of ovarian activity and uterine involution monitored by ultrasonography in Holstein cows. J Vet Med Sci. 1993 ag.;55(4):643-647. https://doi.org/10.1292/jvms.55.643

9. Zdunczyk S, Janowski T, Raś A, Barański W. Accuracy of ultrasonography and rectal palpation in the diagnosis of silent heat in cows compared to plasma progesterone concentration. Bull Vet Inst Puławy. 2009;53:407-410. https://tinyurl.com/26gpddv3

10. Noseir WMB. Ovarian follicular activity and hormonal profile during estrous cycle in cows: The development of 2 versus 3 waves. Reprod Biol Endocrinol. 2003 jun. 21;1:50. https://doi.org/10.1186/1477-7827-1-50

11. Bó GA, Baruselli PS, Martínez MF. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. Anim Reprod Sci. 2003 oct. 15;78(3-4):307-326. https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00097-6

12. Alvarez P, Spicer LJ, Chase Jr. CC, Payton ME, Hamilton TD, Stewart RE, *et al*. Ovarian and endocrine characteristics during an estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. J Anim Sci. 2000 may.;78(5):1291-1302. https://doi.org/10.2527/2000.7851291x

13. Britt JH, Scott, RG, Armstrong JD, Whitacre MD. Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. J Dairy Sci. 1986 ag.;69(8):2195-2202. https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(86)80653-1

14. Palmer MA, Olmos G, Boyle L, Mee JF. A comparison of the estrous behavior of Holstein-Friesian cows when cubicle-housed and at pasture. Theriogenology. 2012 en. 15;77(2):382-388. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.08.010

15. Pierson RA, Ginther OJ. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. Theriogenology.

1988;29(1):21-37. https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90029-5.

16. Lynch CO, Kenny DA, Childs S, Diskin MG. The relationship between periovulatory endocrine and follicular activity on corpus luteum size, function, and subsequent embryo survival. Theriogenology. 2010 en. 15;73(2):190-198. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.08.012

17. Roelofs JB, van Eerdenburg FJ, Soede NM, Kemp B. Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. Theriogenology. 2005 mzo. 15;(63)5:1366-1377. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.07.009

18. Van Vliet JH, van Eerdenburg FJ. Sexual activities and estrus detection in lactating Holstein cows. Appl Anim Behav Sci. 1996 oct.;(50)1:57-69. https://doi.org/10.1016/0168-1591(96)01068-4

19. van Eerdenburg FJ, Loeffler HSH, van Vliet JH. Detection of estrus in dairy cows: A new approach to an old problem. Vet Quart. 1996;18(2):52-54. https://doi.org/10.1080/01652176.1996.9694615

20. Hall JG, Branton C, Stone EJ. Estrus, estrus cycle, ovulation time, time of service, and fertility of dairy cattle in Louisiana. J Dairy Sci. 1959;(42)6:1086-1094. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(59)90693-9

21. Sakatani M, Balboula AZ, Yamanaka K, Takahashi M. Effect of summer heat environment on body temperature, estrous cycles and blood antioxidant levels in Japanese Black cow. Anim Sci J. 2012 may.;83(5):394-402. https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2011.00967.x

22. Rottensten K, Touchberry RW. Observations on the degree of expression of estrus in cattle. J Dairy Sci. 1957;(40)11:1457-1465. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(57)94656-8

23. Roxström A, Strandberg E, Berglund B, Emanuelson U, Philipsson J. Genetic and environmental correlations among female fertility traits, and between the ability to show oestrus and milk production in dairy cattle. Acta Agric Scand. 2001;51(3):192-199. https://doi.org/10.1080/09064700118617

24. Roelofs J, López-Gatius F, Hunter RHF, van Eerdenburg FJ, Hanzen CH. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. Theriogenology. 2010 ag.;74(3):327-344. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.02.016

25. Roberts SJ. Veterinary obstetrics and genital diseases. 2.ª ed. Ithaca: The Autor. 1971.

26. Meziane R, Boughris F, Benhadid M, Niar A, Mamache B, Meziane T. Comparative evaluation of two methods of pregnancy diagnosis in dairy cattle in the East of Algeria: Proteins associated with pregnancy and ultrasonography. Biol Rhythm Res. 2019 ab. 15;52(2): 237-245. https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1592348

27. Jyoti S, Subedi D, Adhikar BK, Kaphle K. Ultrasonographic descriptions of reproductive tracts of cattle, history of veterinary ultrasound and its current practice in Nepal. EAS J Vet Med Sci. 2019;1(3):48-53. https://www.easpublisher.com/get-articles/1743

28. Sartori R, Rosa GJM, Wiltbank MC. Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. J Dairy Sci. 2002 nov.;85(11):2813-2822. https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74368-3

29. Machado LF, Bonilla SC, Schneider A, Schmitt E, Nunes M. Effect of the ovulatory follicle diameter and progesterone concentration on the pregnancy rate of fixed-time inseminated lactating beef cows. R Bras Zootec. 2012 ab.;41(4):1004-1008. https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000400024

30. Schams D, Berisha B. Regulation of corpus luteum function in cattle. Reprod Domest Anim. 2004 ag.;39(4):241-251. https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2004.00509.x

31. Tamura H, Takasaki A, Taniguchi K, Matsuoka A, Shimamura K, Sugino N. Changes in blood-flow impedance of the human corpus luteum throughout the luteal phase and during early pregnancy. Fertil Steril. 2008 dic.;90(6):2334-2339. https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2007.10.056

32. Monroy GM, Jiménez EC, Hernández VA. Morfometría folicular y luteal, concentración de progesterona y éxito de la gestación en vacas Holstein (*Bos taurus*) en el trópico alto (Colombia). Rev MVZ Córdoba. 2018 may. 1;(23)2:6681-6695. https://doi.org/10.21897/rmvz.1342