



Viabilidad del cuerpo lúteo mediante ultrasonografía color doppler previo a la transferencia embrionaria

Viability of the corpus luteum by color Doppler ultrasonography prior to embryo transfer

Viabilidade do corpo lúteo por ecografia com doppler a cores antes da transferência de embriões

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.387>

Rubén Darío Mendoza Román 
ruben.mendoza.41@espam.edu.ec

Homero David Caicedo Ibarra 
homero.caicedo@espam.edu.ec

Jorge Ignacio Macías Andrade 
jmacias@espam.edu.ec

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”,
Calceta, Ecuador

Artículo recibido: 4 de marzo 2025 / Arbitrado: 21 de abril 2025 / Publicado: 1 de mayo 2025

RESUMEN

Este estudio se realizó para determinar el efecto de la ecografía Doppler de las transferencias de embriones a tiempo fijo sobre los parámetros reproductivos. La metodología incluyó un estudio experimental y observacional con enfoque cuantitativo en 100 vacas receptoras de embriones en un sistema de producción bovina en la República del Ecuador. Se evaluó la vascularización del cuerpo lúteo mediante ultrasonografía Doppler y los niveles de progesterona en sangre mediante radioinmunoensayo. Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y análisis de regresión logística para dilucidar la relación entre la vascularidad del cuerpo lúteo, la concentración sérica de progesterona y la tasa de concepción. Los resultados revelaron que el tamaño del cuerpo lúteo se correlaciona significativamente con la progesterona ($p = 0,026$), sin embargo, no existió una correlación evidente entre el flujo sanguíneo del cuerpo lúteo, la irrigación del cuerpo lúteo y la tasa de concepción ($p > 0,05$). No se observó ninguna asociación estadísticamente significativa entre las variables del estudio y la probabilidad de gestación en un análisis multivariante. Además, se confirma que la ultrasonografía Doppler es una herramienta eficaz para evaluar la vascularización del cuerpo lúteo, contribuyendo al conocimiento sobre su función, aunque la relación directa con la tasa de concepción requiere seguir siendo investigada.

Palabras clave: Biotecnología; Reproducción bovina; Progesterona; Gestación; Tasa de concepción; Ganadería ultrasonografía Doppler

ABSTRACT

This research was conducted with the objective of evaluating the impact of Doppler ultrasound in fixed-time embryo transfer programs on reproductive parameters. The methodology included an experimental and observational study with a quantitative approach, carried out in 100 embryo-recipient cows within a bovine production system in the Republic of Ecuador. The vascularization of the corpus luteum was assessed using Doppler ultrasonography, and blood progesterone levels were measured through radioimmunoassay. Analysis of variance (ANOVA) and logistic regression were employed to determine the relationship between corpus luteum vascularization, progesterone levels, and pregnancy rate. The results indicated that the size of the corpus luteum has a significant impact on progesterone levels ($p = 0.026$); however, neither blood flow nor corpus luteum irrigation showed a clear relationship with pregnancy rate ($p > 0.05$). The multivariate analysis revealed that the variables studied were not statistically significantly associated with the probability of pregnancy. Furthermore, it is confirmed that Doppler ultrasonography is an effective tool for evaluating corpus luteum vascularization, contributing to the understanding of its function, although its direct relationship with pregnancy rate requires further investigation.

Key words: Biotechnology; Bovine Reproduction; Progesterone; Gestation; Conception rate; Cattle breeding; Doppler ultrasonography; Livestock

RESUMO

Este estudo foi realizado com o objetivo de determinar o efeito da ultrasonografia Doppler nas transferências embrionárias em tempo fixo sobre os parâmetros reprodutivos. A metodologia incluiu um estudo experimental e observacional com abordagem quantitativa, envolvendo 100 vacas receptoras de embriões em um sistema de produção bovina na República do Equador. Avaliou-se a vascularização do corpo lúteo por meio de ultrasonografia Doppler e os níveis de progesterona no sangue através de radioimunoensaio. Foram realizadas análises de variância (ANOVA) e regressão logística para elucidar a relação entre a vascularização do corpo lúteo, a concentração sérica de progesterona e a taxa de concepção. Os resultados revelaram que o tamanho do corpo lúteo correlacionou-se significativamente com os níveis de progesterona ($p = 0,026$), entretanto, não se observou uma correlação evidente entre o fluxo sanguíneo e a irrigação do corpo lúteo com a taxa de concepção ($p > 0,05$). Não foi observada nenhuma associação estatisticamente significativa entre as variáveis do estudo e a probabilidade de gestação na análise multivariada. Além disso, confirma-se que a ultrasonografia Doppler é uma ferramenta eficaz para avaliar a vascularização do corpo lúteo, contribuindo para o conhecimento de sua função, embora a relação direta com a taxa de prenhez deva ser explorada em futuras pesquisas.

Palavras-chave: Biotecnologia; Reprodução bovina; Progesterona; Gestação; Taxa de concepção; Criação de bovinos; Ultrasonografia Doppler; Pecuária

INTRODUCCIÓN

La ultrasonografía Doppler ha emergido como una herramienta clave en el campo de la medicina veterinaria, particularmente en la reproducción bovina, debido a su capacidad para evaluar la hemodinámica y la vascularización de los órganos reproductivos. Si la ecografía en modo B proporciona una imagen estructural en blanco y negro, la ecografía Doppler permite analizar el flujo sanguíneo, lo que aporta información esencial sobre la funcionalidad de estructuras como los folículos ováricos y el cuerpo lúteo (1). En el campo de la ganadería, la eficiencia reproductiva es clave para la productividad, y la aplicación de esta tecnología en los programas de reproducción asistida ha pasado de ser una tendencia a un estándar bien establecido (2).

Investigaciones anteriores han demostrado la aplicabilidad del Doppler en la detección precoz en vacas no gestantes tras la inseminación artificial, así como en la observación del estado funcional del cuerpo lúteo y el sondeo del volumen de progesterona en sangre (3,4). Además, su aplicación en la selección de receptoras de embriones ha permitido una mayor concepción y una menor pérdida embrionaria al mejorar la identificación de cuerpos lúteos funcionales y bien perfundidos (5, 6). Sin embargo, aunque presenta numerosas ventajas, aún quedan cuestiones por abordar en el tema de cómo repercute en la optimización de la fertilidad, así como en la rentabilidad de los sistemas ganaderos (7).

Desde esta perspectiva, la investigación pretende evaluar el uso de la ecografía Doppler en la clasificación de los cuerpos lúteos de vacas receptoras, para determinar su viabilidad y funcionalidad según el nivel de vascularización. El objetivo es establecer la correlación entre la vascularización del cuerpo lúteo y la tasa de concepción post-transferencia y con el nivel de progesterona, así como la incidencia de pérdida embrionaria. La hipótesis principal de este estudio es que la ultrasonografía Doppler mejorará la elección de los receptores de embriones, optimizará los programas de transferencia de embriones y aumentará la eficiencia reproductiva en el ganado vacuno.

La importancia de este estudio radica en la posibilidad de desarrollar un protocolo estandarizado a partir del uso del Doppler para la selección de receptoras de embriones que podría traducirse en un aumento de las tasas de concepción y de la rentabilidad para los productores de vacuno. Su aplicación podría ser una solución novedosa y eficaz para mejorar la reproducción bovina y la productividad de los sistemas de producción, por lo que es significativo seguir investigando en este campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es de carácter experimental y observacional con un enfoque cuantitativo (8). Se efectuó un estudio transversal para evaluar la relación entre la vascularización del cuerpo

lúteo previo a una transferencia de embriones en tiempo fijo (TETF) y la tasa de concepción en bovinos mediante ecografía Doppler y análisis de progesterona en sangre (9). La población del estudio estuvo conformada por vacas F1 Girolando receptoras de embriones manejadas en un sistema de producción extensivo en la Hacienda "Santa Isabel", de la industria Kaeri, establecida en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en Ecuador, con coordenadas geográficas 0°15'11.0"S y 79°10'31.3"W.

Este sitio se encuentra dentro de una zona tropical húmeda, con una temperatura promedio anual de 22.9 °C, precipitaciones entre 3,000 y 4,000 mm anuales y una altitud de 655 msnm, (10, 11). Se trabajó con un total de 122 vacas receptoras, todas primíparas, con edades comprendidas entre 2.5 y 3 años y un peso promedio de 380 kg. La selección de los animales se realizó en dos etapas: primero, mediante una evaluación previa para determinar su idoneidad como receptoras de embriones, y posteriormente, el día de la transferencia embrionaria, donde se seleccionaron aquellas que presentaban cuerpo lúteo (CL). Solo se transfirieron los embriones a las vacas que presentaban irrigación en el CL, confirmada mediante ecografía Doppler.

El estudio consistió en la recopilación de datos sin intervención experimental directa. La vascularización del cuerpo lúteo fue evaluada mediante ecografía Doppler color, considerando la

presencia y distribución del flujo sanguíneo en la estructura. Además, se obtuvo plasma sanguíneo de cada vaca receptora para la cuantificación de los niveles circulantes de progesterona (P4). Esta información permitió correlacionar los parámetros fisiológicos con la tasa de concepción obtenida tras la transferencia embrionaria.

Los datos recopilados se estructuraron y evaluaron a través de análisis descriptivo e inferencial, utilizando herramientas apropiadas para la evaluación de correlaciones entre la vascularización del CL, las concentraciones de P4 y la tasa de concepción en las receptoras.

Los criterios de inclusión consideraron vacas con historial reproductivo documentado, sin patologías evidentes y con un cuerpo lúteo visible al ultrasonido (12). En contraste, se excluyeron animales con trastornos reproductivos, infecciones activas o sin un desarrollo adecuado del cuerpo lúteo. La muestra de 122 vacas fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, eligiendo aquellas disponibles y aptas dentro del sistema de producción para garantizar la viabilidad del estudio.

Variables y mediciones

Las variables independientes del estudio fueron la vascularización sanguínea del cuerpo lúteo, la irrigación del cuerpo lúteo y el tamaño del cuerpo lúteo, mientras que las variables dependientes resultaron las concentraciones

de progesterona en sangre, medidos en ng/mL, y la tasa de concepción post-transferencia. Para la medición de estas variables, se utilizaron diversos instrumentos. La evaluación de la vascularización, irrigación y tamaño del cuerpo lúteo se realizó mediante un ecógrafo Doppler (Easy-Scan: Go IMV). La evaluación de los valores de progesterona en el torrente sanguíneo se llevó a cabo mediante radioinmunoanálisis (RIA) en el laboratorio SEMGENEX dedicado al diagnóstico reproductivo animal. Las imágenes de ecografía fueron procesadas y analizadas con el software ImageJ. Los equipos empleados fueron calibrados antes de cada medición, siguiendo protocolos estandarizados para garantizar la precisión y repetibilidad de los datos (13).

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se realizó un ultrasonido transrectal Doppler color a cada vaca seleccionada en el día 7 post celo, previo a la transferencia de embriones para evaluar la vascularización del cuerpo lúteo. Las imágenes obtenidas fueron registradas y analizadas con el software ImageJ. Posteriormente, se realizó la recolección de muestras sanguíneas mediante punción en la vena coccígea, almacenando la sangre en tubos vacutainer de la marca BD Vacutainer con anticoagulante. Las muestras fueron centrifugadas

y analizadas mediante radioinmunoanálisis (RIA) para determinar los niveles de progesterona. Finalmente, a los 60 días post-transferencia, se realizó un chequeo ecográfico con el ecógrafo Easi Scan Go, para determinar la gestación de las vacas receptoras (14).

Los datos fueron analizados utilizando estadística descriptiva para calcular medidas de tendencia central y de variabilidad. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de examinar la influencia de las variables independientes sobre las dependientes.

Además, se aplicó un modelo de regresión logística para determinar la relación entre la vascularización del cuerpo lúteo y la tasa de concepción. Se realizaron pruebas de correlación de Pearson para evaluar asociaciones entre las variables. El procesamiento estadístico se llevó a cabo utilizando el SPSS (15). Se definió un valor de significancia estadística de $p \leq 0.05$.

El estudio se realizó bajo el reglamento de bioética de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Se garantizó el manejo adecuado y el bienestar de los animales durante todo el proceso. Los datos recolectados fueron utilizados exclusivamente con fines de investigación y tratados con estricta confidencialidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Viabilidad del cuerpo lúteo mediante el nivel de vascularización

Para evaluar la funcionalidad del cuerpo lúteo en las vacas receptoras de embriones, se

analizaron distintos parámetros relacionados con la vascularización, el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona sérica.

Tabla 1. Resultados de estadística descriptiva de las distintas variables.

| Variable | N | Media | Desviación Estándar | Mínimo | Mediana | Máximo |
|-------------------|----|-------|---------------------|--------|---------|--------|
| Doppler | 33 | 2.7mm | 0.47 | 2 | 3 | 3 |
| IAF 1, P4 ng/mL | 33 | 6.54 | 2.76 | 2.58 | 5.64 | 11.96 |
| IAF 2, P4 ng/mL | 33 | 6.48 | 2.73 | 2.55 | 5.62 | 11.54 |
| IAF, P4/ ng/mL | 33 | 6.52 | 2.75 | 2.57 | 5.63 | 11.75 |
| Tamaño, CL /mm | 33 | 26.7 | 4.1 | 20 | 30 | 30 |
| Irrigación/ CL /% | 33 | 2.67 | 0.48 | 2 | 3 | 3 |

Nota: Doppler: Escala semicuantitativa de irrigación del ovario mediante ecografía Doppler color (1: baja, 2: moderada, 3: alta).

IAF 1, 2 y promedio: Concentración de progesterona (P4) en ng/mL medida en dos momentos distintos (IAF 1 y IAF 2); el promedio refleja el valor medio entre ambas tomas.

Tamaño CL: Tamaño promedio del cuerpo lúteo funcional medido por ecografía.

Irrigación CL: Grado de vascularización del cuerpo lúteo evaluado por Doppler (1: baja, 2: moderada, 3: alta).

Los resultados muestran que el tamaño promedio del cuerpo lúteo fue de 26,7 mm, con un mínimo de 20 mm y un máximo de 30 mm, lo que indica una variabilidad en el desarrollo de esta

estructura. Además, la irrigación del cuerpo lúteo mostró una media de 2.67%, con un valor máximo de 3, lo que sugiere que algunas vacas receptoras presentaban niveles más altos de vascularización.

Tabla 2. Tasa de concepción.

| | Número de animales | Porcentaje | Irrigación | Tamaño CL |
|----------------|--------------------|---------------|------------|-------------|
| Vacas Vacías | 57 | 46,7% | 2,3 | 23,3 |
| Vacas Preñadas | 65 | 53,3% | 2,5 | 22,9 |
| Total | 122 | 100,0% | 2,4 | 23,1 |

En relación con el estado reproductivo de las vacas evaluadas, se registró la variable categórica "tasa de concepción", el 53.3% fueron diagnosticados como preñados. Esta distribución evidencia una proporción ligeramente superior de

gestaciones confirmadas al momento del chequeo, lo cual representa un dato relevante para el análisis de la asociación entre las variables fisiológicas evaluadas.

Tabla 3. Tasa de concepción por nivel de irrigación del cuerpo lúteo.

| Irrigación | Baja 1 | % | Media 2 | % | Alta 3 | % | Total |
|----------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|------------|
| Vacas Vacías | 7 | 12% | 27 | 47% | 23 | 40% | 57 |
| Vacas Preñadas | 4 | 6% | 24 | 37% | 37 | 57% | 65 |
| Total | 11 | 9% | 51 | 42% | 60 | 49% | 122 |

Los resultados muestran que de las vacas preñadas el 6% presentaban un nivel de irrigación bajo (1), el 37% presentaban un nivel de irrigación medio (3) y el 57% presentó un nivel de irrigación alto (3), siendo este último el que se presentó con mayor frecuencia en vacas preñadas. En las vacas vacías el 7% presentaron un nivel de irrigación bajo (1), el 47% presentaron un nivel de irrigación medio (2) y el 40% presentó un nivel de irrigación alto (3), siendo el nivel de irrigación medio el que se presentó con mayor frecuencia en vacas vacías. Estos hallazgos resaltan la importancia de evaluar no solo el tamaño del cuerpo lúteo, sino también su irrigación como un indicador de su funcionalidad.

Relación entre la vascularización sanguínea del cuerpo lúteo, el tamaño del cuerpo lúteo, la irrigación con los niveles de progesterona y tasa de concepción

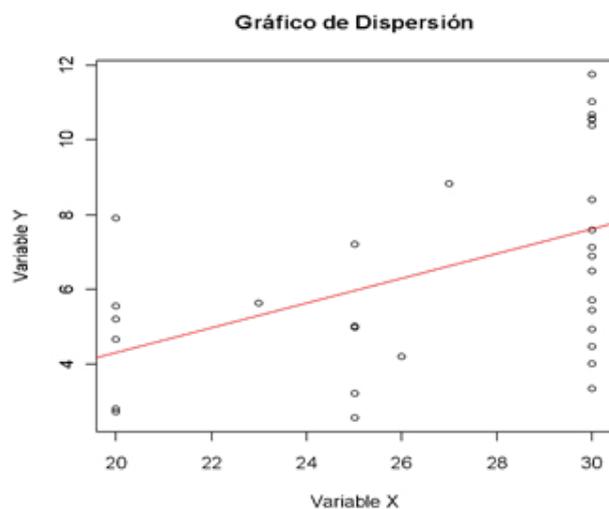
Para determinar si la vascularización del cuerpo lúteo, el tamaño del cuerpo lúteo y la irrigación del cuerpo lúteo influyen en los niveles de progesterona y en la tasa de concepción, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Esto permite evaluar si existen diferencias significativas en estas variables dependientes en función de los factores analizados.

Tabla 4. Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) para Progesterona y Tasa de Concepción.

| Variable Independiente | Variable Dependiente | F-valor | p-valor | Conclusión |
|-----------------------------|----------------------|---------|---------|------------------|
| Vascularización (Doppler) | Progesterona (ng/mL) | 0.141 | 0.709 | No significativo |
| Tamaño del Cuerpo Lúteo | Progesterona (ng/mL) | 3.050 | 0.026 | Significativo |
| Irrigación del Cuerpo Lúteo | Progesterona (ng/mL) | 3.080 | 0.089 | No significativo |
| Vascularización (Doppler) | Tasa de Concepción | 0.506 | 0.482 | No significativo |
| Tamaño del Cuerpo Lúteo | Tasa de Concepción | 0.298 | 0.910 | No significativo |
| Irrigación del Cuerpo Lúteo | Tasa de Concepción | 0.059 | 0.808 | No significativo |

Los resultados del ANOVA muestran que el tamaño del cuerpo lúteo tuvo un efecto significativo sobre los niveles de progesterona ($p = 0.026$), lo que sugiere que vacas con cuerpos lúteos más grandes, al tener una mayor cantidad

de células lúteas producen una mayor cantidad de esta hormona. Así mismo en la Correlación de Pearson estas variables obtuvieron un valor $r = 0,4919326$ que corresponde a una Correlación moderada.



| Correlación de Pearson | |
|----------------------------|-----------------------|
| p-value | 0.003641 |
| Intervalo de confianza 95% | 0.1788244 - 0.7145628 |
| R | 0.4919326 |
| Interpretación | Correlación Moderada |

Figura 1. Correspondencia de Variables entre cuerpo lúteo y nivel de progesterona.

En la Figura 1, la variable X corresponde al tamaño del cuerpo lúteo y la variable Y al nivel de progesterona.

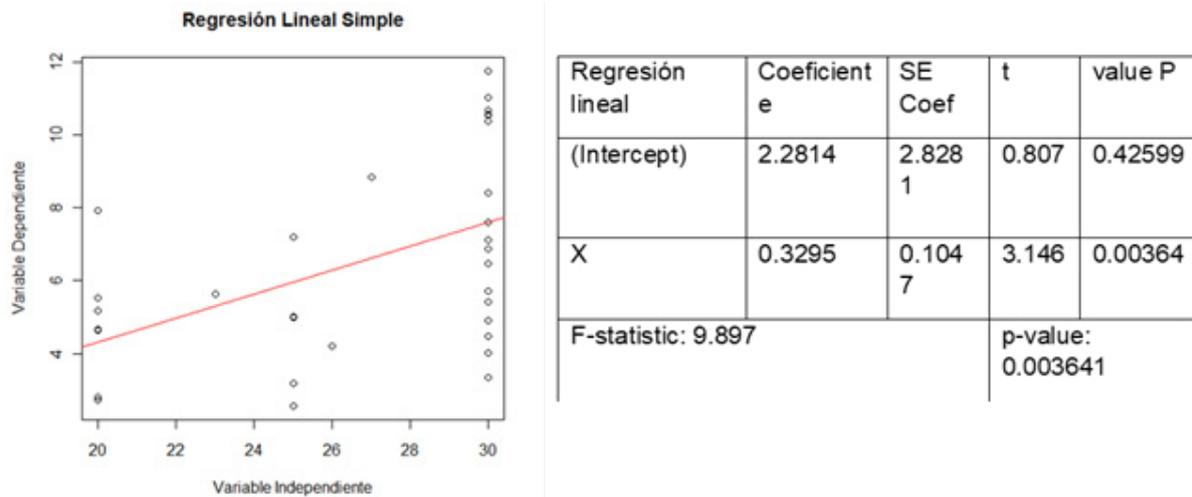


Figura 2. Resultados de Regresión Lineal en niveles de progesterona.

En la Figura 2, observamos los resultados de la regresión lineal con una pendiente positiva es decir que a mayor tamaño del cuerpo lúteo incrementa los niveles de progesterona, de acuerdo los resultados por cada incremento en 0,10 mm del tamaño del cuerpo lúteo los niveles de progesterona se elevarán en 2,82 ng/mL.

Discusión

Los hallazgos de este estudio evidencian que el tamaño del cuerpo lúteo tiene un efecto significativo sobre los niveles de progesterona sérica en vacas receptoras de embriones, presentando una correlación moderada ($r = 0,49$) y una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,026$). Este resultado coincide con lo reportado por (16), quienes señalan que un mayor volumen de tejido lúteo funcional está asociado con una mayor producción de progesterona, lo que favorece la implantación embrionaria y el

mantenimiento de la gestación temprana.

Aunque la irrigación y la vascularización evaluadas mediante ecografía Doppler color no mostraron asociaciones significativas con la progesterona ni con la tasa de concepción, los datos descriptivos muestran que las vacas preñadas presentaron con mayor frecuencia niveles altos de irrigación. Este patrón coincide con las observaciones de (17), quienes indican que una mejor perfusión sanguínea del cuerpo lúteo podría optimizar su función secretora, aunque no siempre se traduzca en diferencias estadísticamente significativas en poblaciones reducidas.

En cuanto a la tasa de concepción (53,3%), estos valores se sitúan dentro de rangos considerados aceptables para programas de transferencia de embriones (18). La distribución observada de los niveles de irrigación sugiere que una evaluación combinada del tamaño y la vascularización del cuerpo lúteo podría mejorar

la predicción del éxito reproductivo. Sin embargo, tal como sugieren (19), será necesario ampliar el tamaño muestral y aplicar análisis multivariados para confirmar la influencia conjunta de estas variables en la eficiencia reproductiva.

CONCLUSIÓN

Los resultados evidencian que el tamaño del cuerpo lúteo tiene un efecto significativo sobre los niveles de progesterona, confirmando su papel determinante en la funcionalidad ovárica y en el soporte hormonal de la gestación temprana. Si bien la irrigación del cuerpo lúteo no mostró una asociación estadísticamente significativa con la progesterona ni con la tasa de concepción, se observó que valores más altos de irrigación se relacionaron con una mayor proporción de vacas preñadas, lo que sugiere un valor diagnóstico complementario.

Desde una perspectiva aplicada, la evaluación conjunta del tamaño y la irrigación del cuerpo lúteo mediante ecografía Doppler podría mejorar la selección de hembras receptoras en programas de transferencia de embriones, incrementando la eficiencia reproductiva. Futuras investigaciones deberían explorar la interacción de estos parámetros con otros indicadores fisiológicos y ambientales, así como su potencial en la predicción temprana del éxito reproductivo, optimizando así la toma de decisiones en sistemas de producción bovina.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

AGRADECIMIENTOS. A los colaboradores de empresas privadas Cristian Santiago Sosa Jarrín de Dairy Farm Solution Santo Domingo, Ecuador; Juan Diego Bautista Torres de Reprogenec Santo Domingo, Ecuador y Fernando Puato Vieira Pupim de Embryotrac São Paulo, Brasil quien formaron parte de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guerra-Castillo Y. Análisis del uso de la ultrasonografía Doppler color y Power en vacas preñadas para validar si existe correlación de la irrigación del cuerpo lúteo con la gestación bovina. 2023 <https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/16cc1f78-5355-4c78-947e-fd7665b6f413>
2. Yáñez U, Becerra J, Herradón P, Peña A, Quintela L. Doppler Ultrasonography and its application in bovine reproduction: a review. 2022. <https://n9.cl/0pn7d>
3. Dubuc J, Houle J, Rousseau M, Roy J, Buczinski S. Accuracy of corpus luteum color flow Doppler ultrasonography to diagnose nonpregnancy in dairy cows on day 21 after insemination. *J Dairy Sci.* 2020;103(2):2019-23. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31759602/>
4. Pugliesi G, de Melo G, Ataíde J, Pellegrino C, Silva J, Rocha C, et al. Uso de la ultrasonografía Doppler en programas de transferencia de embriones: viabilidad y resultados de campo. *Anim Reprod.* 2018;15(3):239. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/8836bf86-b5db-4df6-a99d-58982619623d/content>
5. Nogueira E, Cardoso G, Marques Junior H, Dias A, Ítavo L, Borges J. Effect of breed and corpus luteum on pregnancy rate of bovine embryo recipients. *Rev Bras Zootec.* 2012; 41:2129-33. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/6JdcmPyvNwxBQFSDGTrnWbN/?lang=en>

6. Choi W, Ro Y, Choe E, Hong L, Lee W, Kim D. Evaluation of corpus luteum and plasma progesterone the day before embryo transfer as an index for recipient selection in dairy cows. *Vet Sci.* 2023;10(4):262. <https://www.mdpi.com/2306-7381/10/4/262>
7. Barrón-Bravo O, Avilés-Ruiz R, Fraga-Escamilla E, Bautista-Martínez Y. Reproductive processes in cows and the ultrasonography use. *Abanico veterinario.* 2023;13: e2022-81. <https://www.scielo.org.mx/pdf/av/v13/2448-6132-av-13-e2022-81.pdf>
8. Medina M, Rojas R, Bustamante W. Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú; 2023. <https://n9.cl/ydmgp2>
9. Fontes PL, Oosthuizen N. Applied use of Doppler ultrasonography in bovine reproduction. *Front Anim Sci.* 2022;3: 912854. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9733506/>
10. GAD Santo Domingo. La ciudad: Situación. 2017 https://www.santodomingo.gob.ec/?page_id=3151
11. Geodatos. Coordenadas geográficas de Santo Domingo de los Colorados. 2024 <https://www.geodatos.net/coordenadas/ecuador/santo-domingo-de-los-colorados>
12. Vera Z. Práctica social, empresarial y solidaria en el estudio de la casuística basada en el diagnóstico ecográfico de la clínica Critical Care en la ciudad de Bucaramanga-Santander. 2024. <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/e973f9b0-cec3-48b5-9fd6-d32605791869>
13. Perez U, Luque N, Condori R, Manrique Y, Escobedo A, Mamani R, et al. Características ultrasonográficas B mode y Doppler del folículo dominante y cuerpo lúteo en vacas Criollas sometidas a un protocolo de sincronización de celo. *J Selva Andina Anim Sci.* 2023;10(1):52-60. <http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v10n1/2311-2581-jsaas-10-01-52.pdf>
14. Plata J. Uso de la ecografía doppler color para el diagnóstico reproductivo precoz en transferencia de embriones en hembras bovinas en la ganadería El Paraíso, Puerto Berrio-Antioquia. 2024. <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/7a7a2a3d-c3eb-4993-8a19-f8141e8a48c8>
15. Di Rienzo JA, Balzarini M, Gonzales L, Casanoves F, Tablada M, Robledo C. Infostat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba; 2011 <https://www.infostat.com.ar/>
16. Ginther O, Silva L, Araujo R, Beg M. Temporal associations among pulses of 13, 14-dihydro-15-keto-PGF₂alpha, luteal blood flow, and luteolysis in cattle. *Biology of Reproduction.* 2007; 76(3):506-513. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.106.057653>
17. Herzog K, Brockhan-Lüdemann M, Kaske M, Beindorff N, Paul V, Niemann H, Bollwein H. Luteal blood flow is a more appropriate indicator for luteal function during the bovine estrous cycle than luteal size. *Theriogenology.* 2010; 73, 691–697. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.11.016>
18. Abraham M. La educación inclusiva como base para el desarrollo de la competencia investigativa. *Rev Educ Cienc.* 2022;45(2):123-38.
19. Wiltbank M, Baez G, Cochrane F, Barletta R, Trayford C y Joseph R. Effect of a second treatment with prostaglandin F₂α during the Ovsynch protocol on luteolysis and pregnancy in dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 2015; 98(12), 8644-8654. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9353>