

DOI: <https://doi.org/10.56124/allpa.v8i16.0127>

Ecografía Doppler en bovinos: utilidad clínica para resincronización temprana frente a otras técnicas de imagenología

Doppler ultrasound in cattle: clinical utility for early resynchronization compared to other imaging techniques

Vélez-Pinto Jean Franco ¹; Macías-Andrade José Ignacio ²

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manual Félix López. Calceta, Ecuador.
Correo: jean_velez_mmv@espam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-8272-7841>

² Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manual Félix López. Calceta, Ecuador.
Correo: jmacias@espam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1774-719X>

Resumen

La baja eficiencia reproductiva en bovinos representa un desafío económico importante, ya que incrementa los días abiertos, reduce la productividad y afecta la rentabilidad de los sistemas de carne y leche. En este contexto, la ecografía Doppler ha surgido como una herramienta innovadora para evaluar la fisiología reproductiva, especialmente en la detección temprana de hembras no preñadas y la optimización de programas de resincronización. Esta revisión sistemática, desarrollada bajo la metodología PRISMA, analizó 30 estudios publicados entre 2015 y 2024 en bases de datos de alto impacto. Los hallazgos muestran que la perfusión intra-luteal medida con Doppler (área en cm² o porcentaje vascularizado) constituye el indicador más sensible y precoz de funcionalidad del cuerpo lúteo, superando a métricas indirectas como los índices espectrales arteriales (IR y PI) o las mediciones morfológicas por modo B. Se establecieron umbrales prácticos ($\geq 0,52$ cm² en D7; $\geq 0,77$ cm² en D14; $> 0,55$ cm² o $> 15,68\%$ en D16; $\geq 51\%$ en D20–22) que permiten descartar no-preñez y resincronizar oportunamente, reduciendo pérdidas reproductivas. En comparación con otras técnicas, el Doppler aporta información funcional complementaria a la morfología, consolidándose como apoyo clínico para mejorar la toma de decisiones en la gestión reproductiva bovina.

Palabras clave: Ecografía Doppler, reproducción bovina, cuerpo lúteo, flujo sanguíneo, resincronización temprana.

Abstract

Low reproductive efficiency in cattle represents a significant economic challenge, as it increases the number of days open, reduces productivity, and affects the profitability of beef and dairy systems. In this context, Doppler ultrasound has emerged as an innovative tool for assessing reproductive physiology, particularly in the early detection of non-pregnant females and the optimization of resynchronization programs. This systematic review, developed using the PRISMA methodology, analyzed 30 studies published between 2015 and 2024 in high-impact databases. The findings show that intraluteal perfusion measured with Doppler (area in cm² or percentage vascularized) is the most sensitive and early indicator of corpus luteum function, surpassing indirect metrics such as arterial spectral indices (RI and PI) or B-mode morphological measurements. Practical thresholds were established (≥ 0.52 cm² on D7; ≥ 0.77 cm² on D14; > 0.55 cm² or $> 15.68\%$ on D16; $\geq 51\%$ on D20–22) that allow non-pregnancy to be ruled out and timely resynchronization to be performed, reducing reproductive losses. Compared with other techniques, Doppler provides functional information complementary to morphology, establishing itself as a clinical aid to improve decision-making in bovine reproductive management.

Keywords: Doppler ultrasound, bovine reproduction, corpus luteum, blood flow, early resynchronization.

1. Introducción

La baja eficiencia reproductiva del ganado vacuno impacta en la rentabilidad ganadera al generar vacas no gestantes, aumentar costos de mantenimiento y reducir el peso total al destete, lo que eleva las tasas de sacrificios (Torres et al., 2022). Por consiguiente, garantizar que cada vaca produzca un ternero en el período adecuado es clave para optimizar la productividad, considerando factores como fertilidad, intervención humana y condiciones ambientales (Chebel y Ribeiro, 2016; Speckhart et al., 2018).

En este contexto, la identificación temprana de hembras no preñadas permite su rápida reinseminación, mejorando la eficiencia reproductiva y reduciendo pérdidas en el proceso de gestación. Por otro lado, la mortalidad embrionaria y fetal en las primeras etapas representa un desafío económico para las industrias cárnica y láctea (Holton et al., 2022).

En relación con estos aspectos, la vascularización lútea desempeña un papel clave en la función del cuerpo lúteo (CL), ya que el estudio del flujo sanguíneo lúteo (LBF) proporciona

información esencial sobre su fisiología y posibles alteraciones (Bollwein et al., 2016). En este sentido, la ecografía con Doppler espectral, se puede observar que durante el día del estro se produce una disminución en la resistencia al flujo sanguíneo, lo que favorece la vasodilatación y un mayor suministro de sangre al folículo (Satheskumar, 2018)

A partir de estos hallazgos, este proceso es fundamental para garantizar un adecuado aporte de nutrientes, hormonas y factores de crecimiento que favorecen la ovulación (Yáñez et al., 2022). Además, investigaciones con ultrasonografía Doppler color han evidenciado que la concentración plasmática de progesterona (P4) puede predecirse con mayor precisión mediante el flujo sanguíneo lúteo (LBF) que a través de la medición del tamaño lúteo (LS), especialmente en la fase de regresión del cuerpo lúteo (CL) (Bonato et al., 2022).

Siguiendo esta línea, la ecografía Doppler ha revolucionado el estudio de la fisiología reproductiva en comparación con otras técnicas, convirtiéndose en una herramienta esencial para comprender los procesos vasculares que determinan la salud y

funcionalidad de los órganos reproductivos (Ginther, 2014; Ginther et al., 2016). Esta investigación profundiza en su importancia, no solo desde una perspectiva teórica, sino también con aplicaciones clínicas concretas, lo que permite optimizar diagnósticos y tratamientos en medicina veterinaria.

2. Metodología (materiales y métodos)

La presente investigación bibliográfica se realizó siguiendo un diseño sistemático apoyado en la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al. 2021), lo cual permitió una recolección, evaluación y síntesis reproducible y rigurosa de la evidencia científica disponible. Esta estuvo orientada a evaluar la utilidad, diagnóstica de la ecografía Doppler en el estudio de la fisiología reproductiva del ganado bovino. La revisión se estructuró en dos etapas clave que permitieron consolidar una base de conocimiento robusta respecto a la evaluación en tiempo real de parámetros hemodinámicos (por ejemplo, índice de resistencia, pulsatilidad y perfusión) en estructuras reproductivas de bovinos mediante ecografía Doppler.

Estrategia para la búsqueda bibliográfica

Inicialmente, se efectuó una búsqueda sistemática en bases de datos académicas de alto impacto como PubMed, ScienceDirect, Scopus y Google Académico. Se diseñó una estrategia de búsqueda que incluyó una selección estratégica de términos clave relacionados con la temática: “ecografía Doppler” OR “ultrasonografía Doppler” AND “reproducción bovina” OR “bovine reproduction” AND “cuerpo lúteo” OR “corpus luteum” AND “folículos” OR “follicles” AND “flujo sanguíneo” OR “blood flow” AND “parámetros Doppler” NOT “animales no bovinos”, “uso no reproductivo”. Lo anterior permitió abarcar el espectro completo de la investigación actual en el tema. Esta fase se orientó a identificar estudios que abordaran la evaluación funcional y hemodinámica en bovinos.

Inclusión de estudios

Posteriormente, se aplicaron criterios estrictos de selección que permitieron filtrar los estudios encontrados. Tras la recopilación inicial de 263 documentos, se descartaron aquellos artículos que no cumplían con los siguientes criterios de inclusión (Tabla 1):

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Publicaciones entre 2015 y 2024	Documentos duplicados o sin autoría definida
Estudios originales en bovinos	Revisión narrativa, tesis no publicadas, reportes sin evaluación científica
Evaluación del cuerpo lúteo y folículos mediante ecografía Doppler	Estudios en otras especies o sin aplicación reproductiva
Evaluación de parámetros como índice de resistencia, pulsatilidad o perfusión	Aplicaciones no reproductivas o solo estructurales (modo B sin Doppler)
Artículos en español o inglés	Estudios sin acceso a texto completo

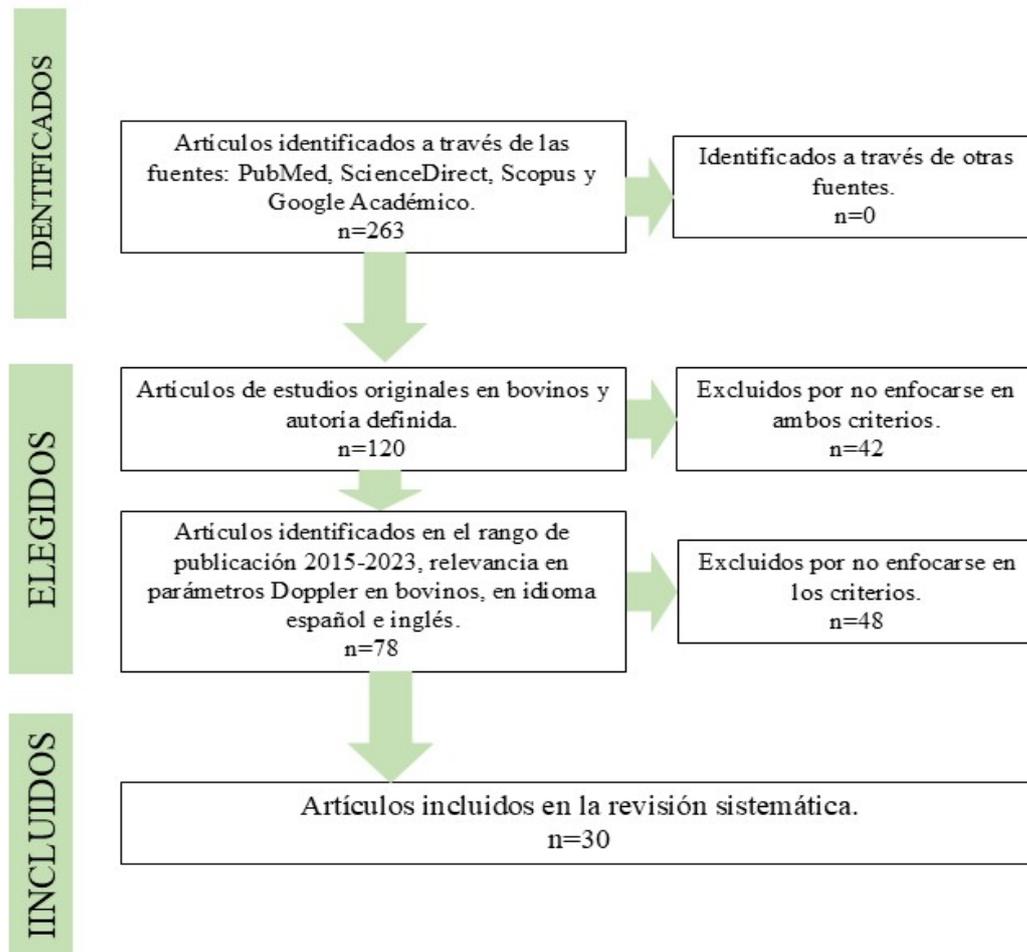
Esta revisión inició con la lectura de títulos y resúmenes, lo que permitió eliminar trabajos sin autoría definida o aquellos que no abordaban específicamente la ecografía Doppler en bovinos. A continuación, se realizó un escrutinio completo de los textos completos de los documentos preseleccionados para confirmar su pertinencia. Así, la selección final se redujo a 30 estudios que cumplieron con los criterios de calidad y actualidad establecidos.

Proceso de selección de estudios

La Figura 1 contiene un diagrama de flujo, en el cual se muestra el proceso de selección, desde el comienzo de la búsqueda hasta la selección final de los artículos que cumplían con los criterios

de selección. Los artículos fueron analizados e interpretados para identificar su nivel de pertinencia en relación a la temática en estudio. Los hallazgos obtenidos constituyen el basamento para el análisis y la síntesis de la evidencia disponible en este campo de investigación.

Figura 1: Diagrama del flujo de selección de estudios



Análisis de la información

En la última fase, se integraron los resultados de los 30 estudios en un análisis global. Para ello, se extrajo la información relevante de cada artículo, registrando aspectos tales como: Autores, año de publicación y país de origen, Parámetros evaluados (por ejemplo, índice de resistencia, pulsatilidad y perfusión en el cuerpo lúteo y folículos), Principales observaciones en cuanto a la correlación

entre los índices Doppler y la funcionalidad reproductiva.

Este proceso se realizó mediante la organización de los datos en hojas de cálculo y su posterior síntesis cualitativa, identificando tendencias, discrepancias y aportes específicos de cada trabajo. De esta manera, se logró una comprensión profunda y actualizada del uso de la ecografía Doppler en la evaluación reproductiva, lo que posibilita la detección temprana de alteraciones en

los índices vasculares y la optimización de la toma de decisiones clínicas en el manejo de la fertilidad en bovinos.

3. Resultados y discusión

Evaluación del flujo sanguíneo y vascularización en la reproducción bovina.

Fundamentos y parámetros Doppler

La ecografía Doppler permite caracterizar tanto la hemodinámica arterial mediante índices espectrales como el índice de resistencia (IR) y el índice de pulsatilidad (PI), que reflejan la resistencia al flujo en arterias uterinas/ováricas/ perfusión intra-luteal como la perfusión tisular con Doppler color/poder. Estas métricas captan cambios fisiológicos relevantes del tracto reproductivo (variación de IR/PI según fase del ciclo; asociación de PI perifolicular con ovulación tardía; acople vascular local entre folículo dominante y cuerpo lúteo) y justifican su uso como indicadores funcionales complementarios a la morfología del modo B (modo de brillo). (Kelley et al., 2017; Domingues & Ginther, 2018; Satheshkumar et al., 2018; Abdelnaby et al., 2020).

En particular, la perfusión intra-luteal (área o proporción vascularizada dentro del cuerpo lúteo) la ecografía doppler actúa como un marcador directo de función lútea y del soporte al embrión en la gestación temprana. Su dinámica con mayor perfusión en hembras gestantes y su descenso dinámico cuando se aproxima a la luteólisis, respaldando su empleo como señal temprana de desenlace reproductivo, sin depender de medidas hormonales o de tamaño (Guimarães et al., 2015; Kanazawa et al., 2016; Kanazawa et al., 2017; Siqueira et al., 2019; Hassan et al., 2019).

En la práctica, esto convierte al Doppler en una herramienta eficaz para la detección temprana de hembras no preñadas y para optimizar decisiones como la selección de receptoras y la resincronización oportuna, integrándose con (y superando en especificidad funcional a) la palpación o el modo B cuando se analizan únicamente rasgos morfológicos (Pugliesi et al., 2018; Andrade et al., 2019; Dubuc et al., 2021; Yáñez et al., 2023).

Tabla 2. Índices de parámetros evaluados con Doppler

Ref.	Autor(es) Año	País	Índices de resistencia / %área vascularizada / score de perfusión / pulsatilidad	Asociación
1	Kelley et al. (2017)	EE. UU.	IR 1.01 ± 0.02 / 0.89 ± 0.02 (Termino) 1.04 ± 0.05 / 0.90 ± 0.05 (Aborto)	Mayor IR (arteria uterina) en vacas que abortaron (Día 34) Menor IR (arteria uterina) en vacas con preñez (Día 34)
2	Silva et al. (2024)	Brasil	%AREA VASCULARIZADA 51% (% área de flujo sanguíneo entrante en el CL, punto de corte según curva ROC)	51% asociados a mayor probabilidad de preñez (medición Día 20–22 post-TAI; diagnóstico confirmado por ecografía Día 35 post-TAI). Valores ≤51% asociados a no preñez.
3	Guimarães et al. (2015)	Brasil	%AREA VASCULARIZADA 65,0 ± 25,3 mm ² (preñadas) 3,1 ± 9,9 mm ² (no preñadas) área vascularizada del CL.	(día 21 post-TAI, Doppler) predijo correctamente 39/41 vacas preñadas y 38/39 vacas no preñadas
4	Pinaffi et al. (2015)	Brasil	%AREA VASCULARIZADA 40% y > 70% de vascularización del CL (día 7 post-sincronización, previo a transferencia embrionaria).	40% de vascularización luteal no establecieron gestación; aquellas con valores entre 40% y 70% presentaron mayores tasas de gestación; mientras que en CL con > 70% de vascularización la fertilidad se redujo.
5	Abdelnaby et al. (2020)	Egipto	IR: 0,69 ± 0,003 (fase folicular) 0,49 ± 0,009 (fase luteal tardía); PI: 1,71 ± 0,003 (folicular) 1,44 ± 0,014 (luteal tardía).	Disminución progresiva de RI y PI (arterias ováricas) a lo largo de la fase luteal, indicando mayor flujo sanguíneo al CL funcional.
6	Velho et al. (2021)	Brasil	%AREA VASCULARIZADA Perfusión score (0–3) del CL, día 5 post-IA: Score 0 en 3 novillas Scores 1 en 3 novillas Score 2 en 4 novillas Score 3 e 1 novilla	Scores bajos (0–1) vinculados a CL más pequeños y baja tasa de preñez. Scores altos (2–3) vinculados a CL más grandes y mayor probabilidad de preñez.

7	Satheshkumar et al. (2018)	India	<p>PI</p> <p>Ovulación normal (OFN): 0.62 ± 0.04</p> <p>Ovulación tardía (OFD): 1.28 ± 0.14</p>	<p>El PI fue medido en arterias perifoliculares durante el período periovulatorio - post protocolo de sincronización (CIDR + EB + PGF2α + GnRH). PI bajo (0.62) \rightarrow se asoció con ovulación normal y oportuna. PI alto (1.28) \rightarrow se asoció con ovulación tardía.</p>
8	Hassan et al. (2019)	Pakistán	<p>Día 7: preñadas $\approx 0.9 \text{ cm}^2$ vs. no preñadas $\approx 0.7 \text{ cm}^2$</p> <p>Día 21: preñadas $\approx 2.4 \text{ cm}^2$ vs. no preñadas $\approx 0.2 \text{ cm}^2$</p>	<p>El LBF (Luteal Blood Flow \rightarrow flujo sanguíneo luteal.) diferenció vacas preñadas de no preñadas desde el día 7 post-IA; en no preñadas el LBF cayó abruptamente en el día 17. Evaluación Doppler en la semana 3 permitió identificar no preñadas de forma temprana.</p>
9	Siqueira et al. (2019)	Brasil	<p>CLBF (cm^2, flujo sanguíneo luteal en el CL, día 16 post-TAI): <i>punto de corte</i> $> 0.55 \text{ cm}^2$ (AUC = 0.78, Sp 79%, Se 64%).</p> <p>CLBF ajustado (% del área del CL, día 16 post-TAI): <i>punto de corte</i> $> 15.68\%$ (AUC = 0.81, Sp 84%, Se 70%).</p>	<p>Mayor perfusión luteal (CLBF y %CLBF) desde el día 16 post-TAI se asocia a mayor probabilidad de preñez; en no preñadas el CLBF cae conforme progresa la luteólisis. (En el propio artículo señalan diferencias significativas d16, d18 y d20 para CLBF y CLBF ajustado.)</p>
10	Domingues & Ginther (2018)	EE. UU.	<p>Pared folicular: DF (Dominant Follicle \rightarrow folículo dominante.)—CL mismo ovario $29.9 \pm 1.6 \%$ vs DF solo $19.5 \pm 1.1 \%$</p> <p>Tejido luteal (CL): $75.5 \pm 1.5 \%$ (DF1—CL) vs $63.0 \pm 1.5 \%$ (CL)</p> <p>Pared folicular: $31.0 \pm 1.2 \%$ (DF2—CL) vs $19.1 \pm 1.2 \%$ (DF solo)</p> <p>Tejido luteal (CL): $78.6 \pm 1.2 \%$ (DF2—CL) vs $74.0 \pm 0.8 \%$ (CL)</p>	<p>Cuando el DF y el CL están en el mismo ovario y adyacentes ($\leq \sim 2 \text{ mm}$), aumenta el % de área vascularizada en ambos (pared folicular y CL) \rightarrow angiocoupling (acople vascular DF—CL).</p>

11	Kanazawa et al. (2016)	Japón	Día 7 (post estro / día de TE): Preñadas 0.54 ± 0.04 vs No preñadas 0.38 ± 0.02 Día 14: Preñadas 0.80 ± 0.23 vs No preñadas 0.52 ± 0.22	Mayor área de flujo en el CL en preñadas tanto en D7 como en D14 (útil para diagnóstico temprano).
12	Kanazawa et al. (2017)	Japón	Día 7 (pre-ET): Punto de corte BFA $\geq 0.52 \text{ cm}^2$ → mejor Se/Sp para preñez. Día 14 (post-ET): Punto de corte BFA $\geq 0.77 \text{ cm}^2$ → buen desempeño	BFA (Blood Flow Area → área de flujo sanguíneo) mayor en preñadas que en no preñadas (ya desde D5, y claramente en D7 y D14). GnRH en D5 aumenta el BFA, sin cambiar el área/tejido del CL ni P4.

La evidencia reunida en la Tabla 1 muestra un patrón consistente: cuando el Doppler se centra en el propio cuerpo lúteo (CL), la perfusión es mayor en hembras que continuarán gestantes y cae de forma marcada en las que no lo harán. Esta señal aparece temprano y es clínicamente útil. En receptoras lecheras, medir el área de flujo dentro del CL (cm^2) ya diferencia a las vacas en el Día 7 y se acentúa en el Día 14 ($0,54 \pm 0,04$ vs $0,38 \pm 0,02 \text{ cm}^2$; $0,80 \pm 0,23$ vs $0,52 \pm 0,22 \text{ cm}^2$, gestantes vs no gestantes) (Kanazawa et al., 2016).

De esta manera, se propusieron puntos de corte prácticos ($\geq 0,52 \text{ cm}^2$ en D7 y $\geq 0,77 \text{ cm}^2$ en D14) (Kanazawa et al., 2017). En TAI, valorar el CL en D16 con Doppler color también fue discriminante: área $>0,55 \text{ cm}^2$ o CLBF

ajustado $>15,68\%$ se asoció con preñez (Siqueira et al., 2019). Más tarde, entre D20–22 post-TAI, un umbral del 51% del área de flujo dentro del CL separó gestantes de no gestantes (Silva de et al., 2024). En torno al Día ~ 21 post-TAI, la perfusión expresada como área vascularizada del CL (mm^2) fue mucho mayor en gestantes ($\approx 65 \pm 25$) que en no gestantes ($\approx 3 \pm 10$), con muy alta clasificación correcta (Guimarães et al., 2015).

En seguimientos seriados, el flujo luteal ya es más alto desde $\sim D7$ en gestantes y desciende con fuerza desde $\sim D17$ en no gestantes (Hassan et al., 2019). En cuanto a índices espectrales en arterias (IR/PI), los hallazgos fueron más heterogéneos: en D34, el IR uterino fue mayor en vacas que perdieron la

gestación que en las que llegaron a término (Kelley et al., 2017); a nivel fisiológico, IR/PI tienden a ser menores en fase lútea que folicular (Abdelnaby et al., 2020), y un PI perifolicular elevado se asocia con ovulación tardía (Satheshkumar et al., 2018). Finalmente, cuando el folículo dominante y el CL están adyacentes, aumenta el % de área vascularizada en ambos (angiocoupling) (Domingues & Ginther, 2018).

Le ecografía Doppler, dentro de las métricas más informativa para diagnóstico precoz es la perfusión medida dentro del CL (área en cm^2 o % de área vascularizada). Esta señal aparece desde el Día 7 en protocolos con TE y alrededor de D14–D16 en TAI, y se relaciona con el mantenimiento de la gestación (Kanazawa et al., 2016; En términos prácticos, disponer de estos índices de áreas vascularizadas, $\geq 0.52 \text{ cm}^2$ en D7, $\geq 0.77 \text{ cm}^2$ en D14, $> 0.55 \text{ cm}^2$ o $> 15.68\%$ en D16, y $\geq 51\%$ en D20–22, permite decidir con mayor seguridad cuándo sostener una gestación presunta y cuándo resincronizar Kanazawa et al., 2017; Siqueira et al., 2019; Silva de et al., 2024; Guimarães et al., 2015; Hassan et al., 2019).

Las mediciones intra-CL reflejan fisiología local y superan, para el objetivo de predicción temprana, a métricas indirectas como IR/PI, que aportan contexto (riesgo de aborto en D34 u ovulación tardía) pero no siempre ofrecen la misma precisión en etapas tempranas (Kelley et al., 2017; Abdelnaby et al., 2020; Satheshkumar et al., 2018). Además, la posible no linealidad para el porcentaje de área vascularizada (óptimo $\sim 40\text{--}70\%$) invita a usar ventanas operativas y a integrar estos datos con el manejo reproductivo, Las diferencias de raza, protocolo y software explican variaciones en umbrales (Pinaffi et al., 2015). pero la convergencia fisiológica más perfusión intra-CL es igual a mayor soporte funcional, la caída de perfusión es igual a luteólisis, que justifica el uso del Doppler como apoyo temprano a la toma de decisiones para resincronizar (Pinaffi et al., 2015).

Comparación con Otras Técnicas de Imagen

Tabla 3. Estudios Comparativos entre Doppler y Otras Técnicas

Ref.	Autor(es) Año	País	Modalidades Comparadas Observaciones	Observaciones
1	Díaz et al. (2019)	Argentina/EE. UU.	Doppler color + Doppler espectral vs modo B (diámetro folicular).	Persistencia folicular → ↓ % área irrigada de pared folicular; en arteria ovárica ↓ PSV/EDV/TAMV El Doppler detecta cambios funcionales (perfusión y velocidades) que complementan al modo B (morfología) para identificar folículos persistentes temprano.
2	Andrade et al. (2019)	Brasil	Doppler color (perfusión CL) vs Modo B (diámetro/ecogenicidad del CL)	Doppler capta la función (perfusión) del CL y permite descartar no-preñez ya en d21 post-TAI; Modo B aporta morfología (tamaño/ecogenicidad) pero, por sí solo, es menos sensible. El uso combinado mejora la toma de decisiones.
3	Owen et al. (2018)	EE. UU.	B-mode (rectal ultrasonography: tamaño/volumen CL/DF) vs Laser Doppler (perfusión endometrial).	B-mode aporta morfología; Laser Doppler capta función (perfusión) que el B-mode no muestra.
4	Rawy et al. (2018)	Japón (colab. Egipto); estudio en Miyazaki	Doppler color/espectral de arterias uterinas (PI, RI, TAMAX, BFV) vs B-mode (medición de diámetro arterial).	ras E2 (estradiol benzoato), el Doppler detecta en 24 h ↓PI/RI y ↑TAMAX/BFV; el diámetro arterial (B-mode) también aumenta (ipsilateral) durante ~3 días. Cambios bilaterales y correlación con E2 (PI/RI negativa; TAMAX/BFV/diámetro positivo). Útil para monitorizar perfusión uterina posparto; B-mode aporta morfología, pero no la dinámica de flujo.
5	Kraisoon et al. (2018)	Tailandia	Doppler color (LBF en CL) vs ecografía	Doppler capta cambios funcionales (↑ perfusión luteal) que acompañan a la

			morfológica en gris (B-mode: diámetro/área del CL).	fase estática del CL; Modo B aporta la morfología (↑ tamaño del CL). Ambas aumentan con dietas 4% PO/SO frente a control; útil para evaluar función luteal más allá del tamaño
6	Kanazawa et al. (2016)	Japón	Doppler color (BFA en CL) + Doppler espectral (TAMV) vs B-mode (área/tejido del CL) y P4	Doppler permite diagnóstico temprano (D7 y D14) con puntos de corte y alta Se/Sp; B-mode y P4 por sí solos no predicen en D7/D14. Medición intra-CL; TAMV en arteria espiral.
7	Kanazawa et al. (2017)	Japón	Doppler color (área de flujo en CL, cm ²) vs Modo B/P4	Doppler capta la función luteal y permite diagnóstico más temprano (D7–D14); Modo B (tamaño) y P4 por sí solos no predicen con la misma precisión. La GnRH en D5 aumenta la perfusión luteal y mejora la exactitud en D14.
8	Yáñez et al. (2023)	España (colab. Italia)	Palpación rectal vs B-mode (LAD/área del CL) vs Doppler (Power Doppler: flujo luteal, subjetivo/objetivo).	La ecografía supera a la palpación para valorar función lútea; dentro de la ecografía, el B-mode (área del CL) detecta la luteólisis antes, y el Doppler aporta confirmación funcional fiable a las 24 h. Métodos complementarios en campo.
9	Pugliesi et al. (2018)	Brasil	Doppler color/power (perfusión del CL; % área/score) vs B-mode (tamaño del CL) y manejo convencional (palpación)	Con Doppler se puede diagnosticar no-preñez temprano (d20–22) y resincronizar (acorta el intervalo FTET ~40→24 días); además permite seleccionar receptoras por perfusión del CL (evitar CL no funcional) y reduce falsos negativos frente a solo B-mode (<2 cm ²).
10	Jitjumnong et al. (2020)	Tailandia	Doppler color (vascularidad de POF y CL: % área coloreada/píxeles) vs B-mode (diámetro/área/volumen de POF/CL)	Con THI alto (estrés calórico) el Doppler detecta ↓ perfusión en POF y CL y se asocia a ↓ E2 (preovulatorio) y ↓ P4 (postovulatorio); los tamaños/volúmenes por B-mode del CL no cambian significativamente. Doppler

				= función, B-mode = morfología (se complementan)
11	Dubuc et al. (2021)	Canadá	Doppler color (score del CL en d21 para diagnosticar no-preñez) vs ruta estándar con B-mode en d32 (control) dentro de 4 estrategias de reinseminación.	Con diagnóstico Doppler en d21 y reinseminación según protocolo, las estrategias 2xGnRH y Resynch dejaron menos vacas no preñadas a 42 días (≈ 58 y $51/100$) que el control ($\approx 69/100$). Ensayo aleatorizado en 845 vacas de 10 hatos.
12	Ginther et al. (2016)	EE. UU.	Doppler color (perfusión en DF/CL) vs B-mode (área del CL).	Cuando DF y CL están adyacentes (≤ 3 mm), el Doppler muestra \uparrow % de señal de flujo (DF: 40.2% vs 24.5%; CL: 51.8% vs 42.5%) y el B-mode evidencia \uparrow área del CL (2.2 vs 1.8 cm ²); sustenta el concepto de angiocoupling (Doppler aporta función; B-mode morfología).
13	Hernández et al. (2015)	Australia & Reino Unido	Doppler MUA (RI, PI, TAMV, BFV, diámetro) vs B-mode (CRL/BPD fetal).	Doppler aporta función (\downarrow PI, \uparrow TAMV/diámetro, \uparrow BFV; efectos por sexo fetal y dieta); B-mode aporta morfología/crecimiento. BFV se correlaciona con peso al nacer. No es estudio de diagnóstico de preñez
14	Felipez et al. (2019)	Uruguay (colab. Japón)	Doppler color (área y % de área perfundida del CL) vs B-mode (volumen del CL) + P4 plasmática.	La biostimulación con novillos androgenizados adelantó la luteólisis: \downarrow área perfundida del CL (0.09 ± 0.02 vs 0.16 ± 0.02 cm ²) y \downarrow % perfundido ($2.4 \pm 0.4\%$ vs $4.2 \pm 0.4\%$), con P4 menor; el volumen del CL (B-mode) no cambió. Con hembras en celo no hubo efecto. (Mediciones cada 12 h desde D13 hasta desaparición del flujo).

Al comparar Doppler con otras modalidades, emerge un patrón consistente: Doppler aporta la función (perfusión y dinámica de flujo), mientras

que B-mode y palpación entregan sobre todo morfología o apreciaciones globales. En diagnóstico temprano, evaluar la perfusión del CL en d21 post-

IA/TAI permite descartar no-preñez con desempeño clínico alto, y supera a enfoques basados solo en ecogenicidad; combinarlo con tamaño del CL mejora decisiones (Andrade et al., 2019). En contextos de campo, la ecografía (B-mode + Doppler) supera a la palpación para valorar función lútea (Yáñez et al., 2023). dentro de la ecografía, B-mode detecta antes la luteólisis morfológica y Doppler confirma el descenso funcional en ~24 h, actuando de forma complementaria (Yáñez et al., 2023).

En programas de TE y resincronización, incorporar Doppler para descartar no-preñez en D20–22 acorta intervalos y ayuda a seleccionar receptoras con CL funcional (Pugliesi et al., 2018); a nivel de hato, un ensayo aleatorizado mostró que usar Doppler en D21 dentro de estrategias de reinseminación reduce vacas vacías vs. ruta estándar (Dubuc et al., 2021).

Más allá del diagnóstico, la ecografía Doppler detecta algunas modulaciones fisiológicas que B-mode pasa por alto o capta más tarde: el estradiol incrementa el flujo uterino en 24 h (índices espectrales y velocidades) y cambia también el diámetro arterial; sin embargo, la dinámica se aprecia mejor

con Doppler (Rawy et al., 2018). La suplementación lipídica eleva la perfusión luteal junto con aumentos en tamaño; la lectura conjunta (función + morfología) contextualiza el efecto (Kraisoon et al., 2018). Bajo estrés calórico, baja la vascularidad del folículo preovulatorio y del CL sin cambios consistentes en volúmenes por B-mode, evidenciando que la función puede alterarse antes que la forma (Jitjumnong et al., 2020).

Algo similar ocurre en luteólisis inducida por estímulo sexual: cae la perfusión del CL mientras el volumen no cambia de inmediato (Felipez et al., 2019). Finalmente, técnicas de investigación como el láser Doppler documentan variaciones endometriales ipsilaterales al CL que B-mode no revela, reforzando el rol del flujo como señal temprana (Owen/Lemley et al., 2018). También hay escenarios fisiológicos donde Doppler y B-mode convergen, por ejemplo, cuando DF y CL están adyacentes, ambos muestran aumentos (función y tamaño), apoyando el concepto de "angiocoupling" (acoplamiento angiogénico) (Ginther et al., 2016).

En conjunto, el valor añadido de Doppler frente a B-mode/palpación es su

capacidad para anticipar el desenlace: detectar descensos de perfusión que preceden a la evidencia morfológica (luteólisis) y operacionalizar decisiones (descartar no-preñez en d21 y resincronizar sin perder tiempo) (Andrade et al., 2019; Dubuc et al., 2021; Yáñez et al., 2023; Pugliesi et al., 2018).

B-mode sigue siendo clave para localización y tamaño, pero no sustituye la lectura funcional; más bien, se complementan: tamaño del CL para "cuándo mirar", perfusión para "qué está ocurriendo realmente" (Andrade et al., 2019; Yáñez et al., 2023). En fisiología aplicada, Doppler capta efectos de hormonas (estradiol), nutrición (grasas), ambiente (calor) o comportamiento (estimulación sexual) sobre la hemodinámica antes de que se consoliden en cambios estructurales, abriendo ventanas de intervención (Rawy et al., 2018; Kraison et al., 2018; Jitjumnong et al., 2020; Felipez et al., 2019). Hallazgos como el angiocoupling explican por qué, en ciertas condiciones, función y forma aumentan a la par (Ginther et al., 2016), mientras que en otras divergen (Pugliesi et al., 2018; Yáñez et al., 2023; Rawy et al., 2018; Kraison et al., 2018; Jitjumnong et al.,

2020; Felipez et al., 2019; Ginther et al., 2016; Owen/Lemley et al., 2018).

Los estudios convergen en dos ejes: (1) qué medir y dónde medir; (2) cuándo aporta más valor. Medir la perfusión intra-CL (área en cm^2 o % vascularizado) es el núcleo funcional que mejor anticipa el desenlace; los puntos de corte organizados por momento ($\geq 0,52 \text{ cm}^2$ en D7; $\geq 0,77 \text{ cm}^2$ en D14; $> 0,55 \text{ cm}^2$ o $> 15,68\%$ en D16; $\geq 51\%$ en D20–22) articulan decisiones prácticas como seleccionar receptoras, descartar no-preñez temprana y resincronizar (Kanazawa et al., 2017; Kanazawa et al., 2016; Siqueira et al., 2019; Silva de et al., 2024).

En validaciones clínicas, Doppler rinde mejor que estrategias basadas solo en ecogenicidad, y combinarlo con tamaño del CL optimiza decisiones en D21 (Andrade et al., 2019). A escala de hato, incorporar Doppler en D21 dentro de estrategias de reinseminación reduce el número de vacas vacías frente a la ruta estándar (Dubuc et al., 2021). En campo, B-mode detecta la luteólisis morfológica y Doppler confirma el descenso funcional en $\sim 24 \text{ h}$, por lo que se recomienda uso combinado (Yáñez et al., 2023). En programas de TE, Doppler

facilita seleccionar receptoras y acortar intervalos (Pugliesi et al., 2018).

El valor añadido del Doppler no es sustituir el modo B, sino adelantar la información decisiva: la perfusión intra-CL cae antes de que la morfología lo evidencie, de modo que anticipa resincronizaciones y evita días abiertos innecesarios. Los umbrales por momento permiten protocolizar decisiones (TE: D7/D14; TAI: D16; chequeo tardío D20–22), y los estudios de implementación muestran impacto a nivel de hato (Andrade et al., 2019; Dubuc et al., 2021).

En contextos fisiológicos específicos (posparto, suplementación, calor), Doppler aporta señales sensibles de respuesta hemodinámica que el B-mode no capta con la misma precocidad, orientando ajustes de manejo (Rawy et al., 2018; Kraison et al., 2018; Jitjumnong et al., 2020; Felipez et al., 2019). En suma, un algoritmo combinado con B-mode para ubicar/dimensionar y Doppler para función/decisión, alinea factibilidad y rendimiento, y está respaldado por evidencia con distintos sistemas productivos y razas.

4. Conclusiones

La evidencia reunida converge en un mensaje claro: la perfusión intra-luteal medida con Doppler (área en cm^2 o % vascularizado) es el indicador funcional más útil y temprano para orientar decisiones reproductivas en bovinos. Esta señal aparece antes que los cambios morfológicos detectables por modo B y antes que variaciones hormonales periféricas, permitiendo descartar no-preñez y resincronizar sin demoras, o bien sostener la gestación presunta cuando los parámetros son favorables. Los índices espectrales arteriales (IR/PI) aportan contexto hemodinámico (riesgo en D34 u ovulación tardía), pero no sustituyen la lectura directa de perfusión del CL para diagnóstico temprano.

En términos operativos, los umbrales por momento sintetizados en el trabajo ofrecen una guía práctica y escalable: TE: $D7 \geq 0,52 \text{ cm}^2$ y $D14 \geq 0,77 \text{ cm}^2$; TAI: $D16 > 0,55 \text{ cm}^2$ o $> 15,68 \%$; chequeo tardío D20–22: $\geq 51 \%$ del área vascularizada del CL. Integrar estos cortes en el flujo de trabajo, junto con el modo B para localizar y dimensionar lo que permite seleccionar receptoras, acortar intervalos y reducir vacas abiertas a nivel de hato cuando se incorpora Doppler en

D21 dentro de estrategias de reinseminación.

Se reconoce la heterogeneidad entre estudios (raza, protocolo IA/TAI/TE, equipos/software, métrica usada) y que algunos valores se extrajeron de figuras y están marcados en el manuscrito. Aun así, la consistencia fisiológica del patrón, más perfusión intra-CL es igual a mayor probabilidad de mantener la gestación; caída de perfusión es igual a luteólisis, respalda la adopción de Doppler como complemento funcional del modo B en la toma de decisiones clínicas.

Bibliografía

- Abdelnaby, E. A., Abo El-Maaty, A. M., & El-Badry, D. A. (2020). Ovarian and uterine arteries blood flow waveform response in the first two cycles following superstimulation in cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(1), 42-50. <https://doi.org/10.1111/rda.13668>
- Andrade, J. P. N., Andrade, F. S., Guerson, Y. B., Domingues, R. R., Gomez-León, V. E., Cunha, T. O., Jacob, J. C. F., Sales, J. N. S., Martins, J. P. N., & Mello, M. R. B. (2019). Early pregnancy diagnosis at 21 days post artificial insemination using corpus luteum vascular perfusion compared to corpus luteum diameter and/or echogenicity in Nelore heifers. *Animal Reproduction Science*, 209, 106144. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106144>
- Bollwein, H., Heppelmann, M., & Lüttgenau, J. (2016). Ultrasonographic Doppler use for female reproduction management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 32(1), 149-164. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2015.09.005>
- Bonato DV, Ferreira EB, Gomes DN, Bonato FGC, Droher RG, Morotti F, Seneda MM. 2022. Follicular dynamics, luteal characteristics, and progesterone concentrations in synchronized lactating Holstein cows with high and low antral follicle counts. *Theriogenology*. 179, 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.12.006>
- Chebel, R. C., & Ribeiro, E. S. (2016). Reproductive Systems for North American Dairy Cattle Herds. *Vet Clin Food Anim*, 32, 267-284. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.002>
- Díaz, P. U., Belotti, E. M., Salvetti, N. R., Leiva, C. J. M., Durante, L. I., Marella, B. E., Stangaferro, M. L., & Ortega, H. H. (2019). Hemodynamic changes detected

- by Doppler ultrasonography in bovine ovaries during early development of cystic ovarian disease. *Animal Reproduction Science*, 209, 106164. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106164>
- Domingues, R. R., & Ginther, O. J. (2018). Angiocoupling between the dominant follicle and corpus luteum during waves 1 and 2 in *Bos taurus* heifers. *Theriogenology*, 114, 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.03.019>
- Dubuc, J., Fauteux, V., Roy, J.-P., Denis-Robichaud, J., Rousseau, M., & Buczinski, S. (2021). Randomized controlled trial of reinsemination strategies in dairy cows diagnosed nonpregnant using color flow Doppler ultrasonography on d 21 after insemination. *JDS Communications*, 2(6), 381–386. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2021-0149>
- Felipez, M. V., Acosta, T., & Ungerfeld, R. (2019). Sexual stimulation as a luteolytic inductor in beef heifers. *Theriogenology*, 132, 83–87. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.04.003>
- Ginther, O. J. (2014). How ultrasound technologies have expanded and revolutionized research in reproduction in large animals. *Theriogenology*, 81(1), 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.007>
- Ginther, O. J., Siddiqui, M. A. R., & Baldrighi, J. M. (2016). Functional angiocoupling between follicles and adjacent corpus luteum in heifers. *Theriogenology*, 85(5), 938-948. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.03.002>
- Guimarães, C. R. B., Santos, G. M. G., Guimarães, S. E. F., & Viana, J. H. M. (2015). Corpus luteum blood flow evaluation on Day 21 to improve the management of embryo recipient herds. *Theriogenology*, 84(2), 237–244. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.005>
- Hassan, M., Arshad, U., Bilal, M., Sattar, A., Avais, M., Bollwein, H., & Ahmad, N. (2019). Luteal blood flow measured by Doppler ultrasonography during the first three weeks after artificial insemination in pregnant and non-pregnant *Bos indicus* dairy cows. *Journal of Reproduction and Development*, 65(1), 29–36. <https://doi.org/10.1262/jrd.2018-110>
- Hernandez-Medrano, J. H., Copping, K. J., Hoare, A., Wapenaar, W., Grivell, R., Kuchel, T., Miguel-Pacheco, G., McMillen, I. C., Rodgers, R. J., & Perry, V. E. A. (2015). Gestational dietary protein is associated with sex-specific decrease in blood flow,

- fetal heart growth and post-natal blood pressure of progeny. *PLOS ONE*, 10(4), e0125694. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125694>
- Holton, M. P., de Melo, G. D., Dias, N. W., Pancini, S., Lamb, G. C., Pohler, K. G., Mercadante, V. R. G., Harvey, K. M., & Fontes, P. L. P. (2022). Evaluating the use of luteal color Doppler ultrasonography and pregnancy-associated glycoproteins to diagnose pregnancy and predict pregnancy loss in *Bos taurus* beef replacement heifers. *Journal of Animal Science*, 100(12). <https://doi.org/10.1093/jas/skac335>
- Jitjumnong, J., Moonmanee, T., Sudwan, P., Mektrirate, R., Osathanukul, M., Navanukraw, C., Panatuk, J., Yama, P., Pirokad, W., U-krit, W., & Chaikol, W. (2020). Associations among thermal biology, preovulatory follicle diameter, follicular and luteal vascularities, and sex steroid hormone concentrations during preovulatory and postovulatory periods in tropical beef cows. *Animal Reproduction Science*, 213, 106281. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106281>
- Kanazawa, T., Seki, M., Ishiyama, K., Araseki, M., Izaike, Y., & Takahashi, T. (2017). Administration of gonadotropin-releasing hormone agonist on Day 5 increases luteal blood flow and improves pregnancy prediction accuracy on Day 14 in recipient Holstein cows. *Journal of Reproduction and Development*, 63(4), 389–399. <https://doi.org/10.1262/jrd.2016-128>
- Kanazawa, T., Seki, M., Ishiyama, K., Kubo, T., Kaneda, Y., Sakaguchi, M., Izaike, Y., & Takahashi, T. (2016). Pregnancy prediction on the day of embryo transfer (Day 7) and Day 14 by measuring luteal blood flow in dairy cows. *Theriogenology*, 86(3), 545–553. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.05.001>
- Kelley, D. E., Galvão, K. N., Mortensen, C. J., Risco, C. A., & Ealy, A. D. (2017). Using Doppler ultrasonography on day 34 of pregnancy to predict pregnancy loss in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 3240-3250. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11955>
- Kraisoon, A., Navanukraw, C., Inthamonee, W., & Bunma, T. (2018). Embryonic development, luteal size and blood flow area, and concentrations of PGF 2α metabolite in dairy cows fed a diet enriched in polysaturated or polyunsaturated fatty acid. *Animal Reproduction Science*, 197, 24–34.

- <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.06.007>
- López-Gatius, F., García-Ispuerto, I., Serrano-Pérez, B., Balogh, O. G., Gábor, G., & Hunter, R. H. F. (2019). Luteal activity following follicular drainage of subordinate follicles for twin pregnancy prevention in bi-ovular dairy cows. *Research in Veterinary Science*, 125, 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.05.006>
- Owen, M. P. T., McCarty, K. J., Hart, C. G., Steadman, C. S., & Lemley, C. O. (2018). Endometrial blood perfusion as assessed using a novel laser Doppler technique in Angus cows. *Animal Reproduction Science*, 190, 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.01.015>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Palhão, M. P., Ribeiro, A. C., Martins, A. B., Guimarães, C. R. B., Alvarez, R. D., Seber, M. F., Fernandes, C. A. C., Neves, J. P., & Viana, J. H. M. (2020). Early resynchronization of non-pregnant beef cows based on corpus luteum blood flow evaluation 21 days after timed-AI. *Theriogenology*, 148, 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.064>
- Pinaffi, F. L. V., Silva, L. A., Monteiro, F. M., Sousa, A. L., Nogueira, G. P., & Binelli, M. (2015). Follicle and corpus luteum size and vascularity as predictors of fertility at the time of artificial insemination and embryo transfer in beef cattle. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 35(5), 438–446. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2015000500015>
- Pugliesi, G., de Melo, G. D., Ataíde Jr, G. A., Pellegrino, C. A. G., Silva, J. B., Rocha, C. C., Motta, I. G., Vasconcelos, J. L. M., & Binelli, M. (2018). Use of Doppler ultrasonography in embryo transfer programs: Feasibility and field results. *Animal Reproduction*, 15(3), 239–246. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0059>
- Rawy, M., Mido, S., El-sheikh Ali, H., Derar, R., Megahed, G., Kitahara, G., & Osawa, T. (2018). Effect of exogenous estradiol benzoate on uterine blood flow in postpartum

- dairy cows. *Animal Reproduction Science*.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.03.001>
- Satheshkumar, S., Manimaran, A., Kumaresan, A., Ansari, M. R., & Rajendran, R. (2018). Periovarian perfollicular blood flow and its relationship with subsequent ovulation in *Bos indicus* cows. *Animal Reproduction Science*, 198, 118–125.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.09.014>
- Silva de, C. E., Ribeiro, A. R. B., Silva, L. A., & Wiltbank, M. C. (2024). Early pregnancy diagnosis in cows using corpus luteum blood flow analysis based on colour Doppler ultrasonography and mRNA analysis. *BMC Veterinary Research*, 20(1), 4438.
<https://doi.org/10.1186/s12917-024-04438-5>
- Siqueira, L. G. B., Arashiro, E. K., Ghetti, A. M., Souza, E. D., Feres, L. F., Pfeifer, L. F., Fonseca, J. F., & Viana, J. H. M. (2019). Vascular and morphological features of the corpus luteum 12 to 20 days after timed artificial insemination in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5612–5622.
<https://doi.org/10.3168/jds.2018-15853>
- Speckhart, S. L., Reese, S. T., Franco, G. A., Ault, T. B., Oliveira Filho, R. V., Oliveira, A. P., & Pohler, K. G. (2018). Invited Review: Detection and management of pregnancy loss in the cow herd. *The Professional Animal Scientist*, 34(6), 544-557.
<https://doi.org/10.15232/pas.2018-01772>
- Torres Aburto, V. F., Severino Lendecky, V. H., López Reyes, L. Y., Perezgrovas Garza, R. A., Espinosa Ortiz, V. E., & Peralta Torres, J. A. (2022). Evaluación económica de la eficiencia reproductiva y productiva en sistemas productivos con ganado criollo en Campeche, México. *Acta Universitaria*, 32, 1–15.
<https://doi.org/10.15174/au.2022.3501>
- Velho, I. M. P. H., Dallanora, S. S., Meira, E. B. S., Sá Filho, M. F., Sales, J. N. S., Crepaldi, G. A., & Baruselli, P. S. (2021). Luteal blood perfusion on day 5 after timed artificial insemination as a predictor of fertility in Nelore heifers. *Reproduction in Domestic Animals*, 56(9), 1171–1179.
<https://doi.org/10.1111/rda.14046>
- Yáñez, U., Becerra, J. J., Herradón, P. G., Peña, A. I., & Quintela, L. A. (2022). Ecografía Doppler y su aplicación en reproducción bovina: revisión. *Información Técnica Económica Agraria*, 118(1), 35-50.
<https://doi.org/10.12706/itea.2021.019>

Yáñez, U., Murillo, A. V., Becerra, J. J., Herradón, P. G., Peña, A. I., & Quintela, L. A. (2023). Comparison between transrectal palpation, B-mode and Doppler ultrasonography to assess luteal function in Holstein cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1162589. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1162589>