

Eficacia de los protocolos de inseminación artificial basados en progestágenos en vacas bajo sistemas de producción tropical: una revisión sistemática

Effectiveness of progestagen-based artificial insemination protocols in cows under tropical production systems: a systematic review

Bridget Maldonado¹ , Edwin Velásquez¹ 

Siembra 13 (2) (2026): e9401

DOI: [10.29166/siembra.v13i2.9401](https://doi.org/10.29166/siembra.v13i2.9401)

Recibido: 10/12/2025

Revisado: 09/03/2026 / 09/06/2026 / 07/07/2026

Aceptado: 13/07/2026



¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Carrera de Medicina Veterinaria. Campus Politécnico - Sitio el Limón. 130250. Calceta, Cantón Bolívar, Manabí, Ecuador.

Correspondencia: edwin.velasquez@espam.edu.ec

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar el impacto de los protocolos de sincronización del celo basados en progestágenos sobre la tasa de preñez en vacas bajo sistemas de producción tropical. Para ello, se realizó una revisión sistemática de 44 artículos científicos publicados entre los años 2000 y 2025, recopilados en las bases de datos Scopus, ScienceDirect, PubMed y Google Scholar, siguiendo los lineamientos del modelo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* [PRISMA] para garantizar una selección rigurosa de los estudios. Los resultados evidenciaron que los protocolos basados en progestágenos constituyen una herramienta eficaz para mejorar la eficiencia reproductiva en bovinos, alcanzando tasas de preñez entre el 30 y el 60%, dependiendo del diseño del protocolo, la combinación hormonal empleada y el estado fisiológico de los animales. En este contexto, los protocolos de corta duración (6 a 7 días) mostraron un desempeño superior, especialmente cuando se combinaron con GnRH, PGF₂α o eCG, favoreciendo una mejor sincronización del ciclo estral y mayores tasas de preñez. Entre ellos, el protocolo J-Synch y los esquemas basados en P4 + GnRH destacaron por alcanzar tasas cercanas al 55–60%, particularmente en vacas en anestro. En contraste, los protocolos convencionales basados en P4 + estradiol presentaron una mayor variabilidad en los resultados, influenciada por factores como la condición corporal, el manejo y las condiciones productivas. En conjunto, la evidencia disponible respalda el uso de protocolos con progestágenos como una estrategia eficiente para optimizar el desempeño reproductivo en sistemas bovinos tropicales.

Palabras clave: anestro, dispositivo intravaginal, inseminación artificial, progestágenos.

Abstract

This study examined the impact of progestagen-based estrus synchronization protocols on pregnancy rates in cows under tropical production systems. A systematic review of 44 scientific articles published between 2000 and 2025 was conducted using the Scopus, ScienceDirect, PubMed, and Google Scholar databases. The review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses [PRISMA] guidelines to ensure a rigorous study selection process. The results showed that progestagen-based protocols are an effective tool for improving reproductive efficiency in cattle, achieving pregnancy rates ranging from 30% to 60%, depending on the design of the protocol, the hormonal combination used, and the physiological status of the animals.

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

Periodicidad: semestral

vol. 13, núm 2, 2026

siembra.fag@uce.edu.ec



© Los Autores 2026

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución - NoComercial

In this context, short-term protocols (6 to 7 days) demonstrated superior performance, particularly when combined with GnRH, PGF_{2α}, or eCG. These protocols promote better estrous cycle synchronization and higher pregnancy rates. The J-Synch protocol and P4 + GnRH-based schemes stood out among these, achieving pregnancy rates close to 55–60%, especially, in anestrus cows. Conversely, conventional P4 + estradiol-based protocols showed greater variability in outcomes, influenced by factors such as body condition, management practices, and production conditions. Overall, the available evidence supports the use of progestagen-based protocols as an effective strategy for optimizing reproductive performance in tropical cattle production systems.

Keywords: anestrus, artificial insemination, intravaginal device, progestogens.

1. Introducción

La ganadería bovina en zonas tropicales enfrenta desafíos reproductivos debido a las altas temperaturas y la escasez de forrajes en épocas secas, lo que provoca estrés calórico, mortalidad espermática y pérdidas embrionarias tempranas (Pedroso Sosa et al., 2024). Estas condiciones afectan la eficiencia reproductiva, prolongan los intervalos parto-concepción y reducen la cantidad de terneros destetados, impactando directamente en la rentabilidad ganadera (Botelho-Gomes y Narváez, 2021). Ante esta situación, la inseminación artificial a tiempo fijo se ha convertido en una herramienta clave, ya que permite optimizar la reproducción sin depender de la detección de celo, mejorando la eficiencia productiva y acelerando el progreso genético en sistemas de carne, leche y doble propósito (Marcondes Seneda et al., 2022).

En los sistemas de producción tropical, la estrategia más común para enfrentar el anestro postparto prolongado y sincronizar el celo es el uso de tratamientos hormonales (Bó et al., 2018; García-Díaz et al., 2017). Estos protocolos se basan en la aplicación de hormonas que simulan el ciclo estral natural, permitiendo reactivar la actividad ovárica, controlar el desarrollo folicular y programar la ovulación (Bó et al., 2018).

Frente a esta problemática, los tratamientos hormonales a base de progestágenos se han posicionado como una herramienta fundamental para potenciar la fertilidad, especialmente en vacas que no presentan actividad cíclica, ya que favorecen la maduración ovocitaria y elevan las tasas de concepción (Arndt et al., 2009; Botelho-Gomes y Narváez, 2021; Lonergan y Sánchez, 2020). No obstante, la tasa de preñez sigue siendo variable, situación que se ha relacionado con factores como la raza, la condición corporal de los animales y la manera en que interactúan los protocolos hormonales con la manifestación del estro (Delgado-Piloso et al., 2024).

Los protocolos de sincronización que combinan progesterona [P4] y estradiol [E2], como el J-Synch, han demostrado ser efectivos para inducir la ovulación

en vacas *Bos indicus* en anestro, ajustando la dinámica folicular y reduciendo los tiempos de tratamiento (Carvalho et al., 2023; De la Mata y Bó, 2012). En este sentido, la investigación sigue buscando métodos alternativos de administración de P4, con el objetivo de mejorar la eficiencia reproductiva en sistemas tropicales (EL-Sherry et al., 2010).

Aunque existen revisiones previas sobre programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo [IATF] en bovinos, la mayoría se han enfocado en esquemas generales de sincronización o en sistemas de producción específicos. Existe escasa evidencia que sintetice de manera comparativa los protocolos basados en progestágenos bajo condiciones tropicales, considerando la duración del tratamiento, los inductores de ovulación y las particularidades fisiológicas de los animales. Por ello, la presente revisión busca actualizar y sistematizar la evidencia disponible publicada entre 2000 y 2025.

El presente trabajo de revisión tuvo como objetivo analizar el impacto de los protocolos de sincronización del celo basados en progestágenos sobre la tasa de preñez en vacas manejadas bajo sistemas de producción tropical. En particular, se evaluó el efecto de los protocolos de inseminación artificial basados en progestágenos, considerando variables como los diferentes tiempos de retiro del dispositivo intravaginal, el uso de distintos inductores de la ovulación, así como la presencia o ausencia de estradiol en los tratamientos. El principal parámetro analizado fue la tasa de preñez, debido a su relevancia como indicador directo de la eficiencia reproductiva en los sistemas ganaderos. Este análisis se enfocó especialmente en vacas de doble propósito, producción de leche y carne, con el fin de estimar la influencia de dichos protocolos sobre el desempeño reproductivo de los hatos en condiciones tropicales.

Bajo estas consideraciones, se plantea que los protocolos de sincronización basados en progestágenos constituyen una alternativa confiable para inducir la ovulación y mejorar las tasas de preñez, contribuyendo así a optimizar la eficiencia reproductiva en sistemas de producción bovina tropical.

2. Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló como una revisión sistemática cualitativa. Debido a la heterogeneidad de los protocolos hormonales, categorías animales, sistemas de producción y variables reproductivas reportadas por los estudios incluidos, no fue posible realizar un metaanálisis ni una síntesis cuantitativa formal. En consecuencia, la evidencia fue integrada mediante un análisis descriptivo y comparativo de los resultados disponibles.

Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura científica publicada entre los años 2000 y 2025 en las bases de datos ScienceDirect, Scopus, PubMed y Google Scholar. El proceso de identificación, selección, elegibilidad e inclusión de estudios se desarrolló siguiendo los lineamientos de la declaración *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* PRISMA]. Inicialmente se identificaron 90 registros potencialmente relevantes, de los cuales, tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 44 artículos científicos para la revisión sistemática (Figura 1). De estos estudios, 14 presentaron información detallada sobre los protocolos de sincronización del celo, los tratamientos hormonales empleados y las tasas de preñez obtenidas, por lo que fueron sintetizados y comparados en la Tabla 3.

La estrategia de búsqueda incluyó términos en español e inglés relacionados con la inseminación artificial en vacas, el uso de progestágenos, los protocolos hormonales, el anestro, los dispositivos intravaginales y las tasas de preñez. Asimismo, se emplearon operadores booleanos (AND, OR) para optimizar la recuperación de información y garantizar una selección adecuada de los estudios incluidos en la revisión.

En la base de datos PubMed, la estrategia de búsqueda se estructuró utilizando términos MeSH combinados mediante operadores booleanos de la siguiente manera: (“Cattle” OR “Cows”) AND (“Artificial Insemination”) AND (“Progestins” OR “Progesterone”) AND (“Anestrus” OR “Postpartum Anestrus”) AND (“Intravaginal Devices” OR “CIDR”) AND (“Pregnancy Rate” OR “Fertility”).

En Scopus, se emplearon campos de búsqueda en título, resumen y palabras clave (TITLE-ABS-KEY), combinando los términos mediante operadores booleanos: (TITLE-ABS-KEY (“cattle” OR “cow*)) AND (TITLE-ABS-KEY (“artificial insemination*)) AND (TITLE-ABS-KEY (“progestogen*” OR “progesterone*)) AND (TITLE-ABS-KEY (“anestrus” OR “postpartum anestrus*)) AND (TITLE-ABS-KEY (“intravaginal device*” OR “CIDR*)) AND (TITLE-ABS-KEY (“pregnancy rate” OR “fertility”).

En ScienceDirect, la ecuación de búsqueda se construyó utilizando palabras clave generales combinadas con operadores booleanos: (“cattle” OR “cows”) AND (“artificial insemination”) AND (“progestogens” OR “progesterone”) AND (“anestrus”) AND (“intravaginal device” OR “CIDR”) AND (“pregnancy rate” OR “fertility”).

En Google Scholar, se aplicó una estrategia de búsqueda más flexible, empleando operadores booleanos para combinar los términos principales: (“progestogens” OR “progesterone”) AND (“artificial insemination”) AND (“cows” OR “cattle”) AND (“anestrus”) AND (“intravaginal device” OR “CIDR”) AND (“pregnancy rate”).

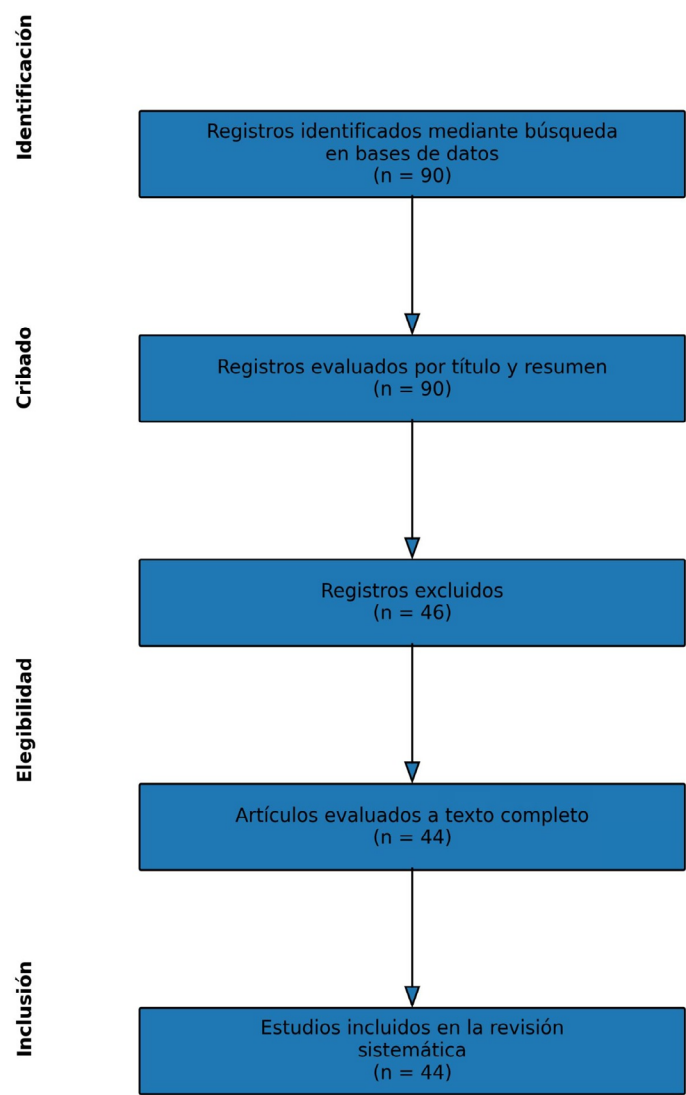
Finalmente, para bases de datos regionales y literatura en español, se utilizó la siguiente ecuación de búsqueda basada en términos DeCS: (“bovinos” OR “vacas”) AND (“inseminación artificial”) AND (“progestágenos” OR “progesterona”) AND (“anestro”) AND (“dispositivo intravaginal” OR “CIDR”) AND (“tasa de preñez” OR “fertilidad”).

Los criterios de selección consideraron artículos originales, revisiones sistemáticas y metaanálisis publicados desde el año 2000 en adelante, escritos en español o inglés y con texto completo disponible. Se priorizaron aquellos trabajos que analizaron específicamente protocolos de inseminación artificial en vacas que incorporaron progestágenos dentro del tratamiento hormonal. Por el contrario, se excluyeron estudios en otras especies, publicaciones no científicas, artículos duplicados o aquellos que no aportaron datos relevantes sobre la eficacia reproductiva. Este proceso permitió garantizar una revisión rigurosa, coherente y centrada en la evaluación de la efectividad de los protocolos hormonales utilizados en la reproducción bovina.

A continuación, se presenta la estructura del diagrama de flujo PRISMA, adaptada al enfoque de este estudio sobre la efectividad de los protocolos de inseminación artificial con uso de progestágenos en vacas. Este modelo, basado en la propuesta de Matthew J. Page et al. (2021), permitió organizar y visualizar de manera clara cada una de las etapas del proceso de búsqueda, evaluación y selección de la información. Como resultado de este procedimiento, se logró identificar y depurar la evidencia disponible, obteniéndose un total de 44 artículos que fueron incluidos en la revisión sistemática. A continuación, se muestra la Figura 1.

La calidad metodológica de los estudios incluidos fue evaluada mediante el uso de herramientas validadas, con el fin de garantizar la confiabilidad y validez de los resultados de la revisión sistemática. Se consideró el análisis del riesgo de sesgo a través

Figura 1. Diagrama de flujo para la selección de artículos (PRISMA).
Figure 1. Flowchart for item selection (PRISMA).



de criterios como la aleatorización, el cegamiento, el ocultamiento de la asignación y la integridad de los datos reportados, siguiendo las recomendaciones de la literatura científica. Asimismo, se emplearon instrumentos como la escala de Jadad para la evaluación de ensayos clínicos, así como el sistema *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation* [GRADE] para determinar la calidad global de la evidencia, clasificándola en alta, moderada, baja o muy baja. Este proceso es fundamental en revisiones sistemáticas, ya que permite identificar posibles fuentes de sesgo y evaluar la validez interna de los estudios, evitando la sobreestimación de los efectos reportados (Hartling et al., 2009).

No se realizó un metaanálisis debido a la elevada heterogeneidad observada entre los estudios incluidos, relacionada con diferencias en los protocolos hormonales evaluados, categorías productivas, razas bovinas, condiciones ambientales y variables repro-

ductivas analizadas. Por esta razón, los resultados fueron sintetizados mediante un análisis cualitativo y comparativo de la evidencia disponible.

3. Resultados

La evaluación metodológica realizada mediante la escala de Jadad evidenció que la mayoría de los estudios incluidos presentaron una calidad metodológica moderada, alcanzando puntuaciones de 3 puntos (Tabla 1). En general, los trabajos revisados describieron adecuadamente los procedimientos de aleatorización y reportaron las pérdidas o exclusiones ocurridas durante el desarrollo experimental. Sin embargo, ninguno de los estudios implementó cegamiento de operadores o evaluadores, situación que es frecuente en investigaciones reproductivas realizadas en condiciones de campo debido a la naturaleza de los tratamien-

Tabla 1. Evaluación metodológica de los estudios incluidos mediante la escala de Jadad.
Table 1. Methodological Assessment of the Included Studies According to the Jadad Scale.

Estudio	Aleatorización	Método apropiado	Pérdidas reportadas	Cegamiento	Puntaje
Alonso Alanuza et al. (2009)	Sí	Sí	Sí	No	3
Botelho-Gomes y Narváez (2021)	Sí	Sí	Sí	No	3
De la Mata y Bó (2012)	Sí	Sí	No	No	2
García-Ispuerto et al. (2013)	Sí	Sí	Sí	No	3
Simões et al. (2018)	Sí	Sí	Sí	No	3
Mion et al. (2019)	Sí	Sí	Sí	No	3
Espinoza-Villavicencio et al. (2021)	Sí	Sí	Sí	No	3
Yáñez-Avalos et al. (2021)	Sí	Sí	Sí	No	3
Pilla-Campaña et al. (2022)	Sí	Sí	Sí	No	3
Díaz-Quevedo et al. (2023)	Sí	Sí	Sí	No	3
Carballo-Guerrero et al. (2023)	Sí	Sí	Sí	No	3
López Parra et al. (2024)	Sí	Sí	Sí	No	3
Guillen-Alvarado et al. (2025)	Sí	Sí	Sí	No	3
Vásquez-Tarrillo et al. (2025)	Sí	Sí	Sí	No	3

Nota: Debido a la naturaleza de los protocolos reproductivos evaluados en bovinos, ninguno de los estudios implementó cegamiento de operadores o evaluadores, por lo que las puntuaciones máximas observadas fueron de 3 puntos.

Note: Due to the nature of the reproductive protocols evaluated in cattle, none of the included studies implemented blinding of operators or evaluators; therefore, the maximum Jadad score obtained was 3 points.

Tabla 2. Evaluación de la calidad de la evidencia mediante GRADE.
Table 2. Quality of evidence assessment using the GRADE approach.

Desenlace	Estudios incluidos (n)	Calidad de evidencia	Consistencia	Calidad final
Tasa de preñez	14	Alta	Moderada	Moderada
Sincronización de la ovulación	12	Alta	Alta	Alta
Manifestación de celo	10	Moderada	Moderada	Moderada
Fertilidad en vacas anéstricas	9	Moderada	Moderada	Moderada
Efecto de eCG sobre la preñez	5	Moderada	Alta	Moderada
Protocolos de corta duración (J-Synch)	6	Alta	Alta	Alta

Nota: La calidad de la evidencia fue valorada mediante el sistema GRADE, considerando aspectos relacionados con el riesgo de sesgo, consistencia de los resultados, precisión de las estimaciones y aplicabilidad de la evidencia.

Note: The quality of the evidence was assessed using the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation [GRADE] approach, considering the risk of bias, consistency of results, precision of the estimates, and applicability of the evidence.

tos hormonales aplicados. A pesar de esta limitación, los estudios mostraron un diseño experimental consistente y una adecuada descripción metodológica, lo que aporta confiabilidad a los resultados analizados.

La evaluación mediante el sistema GRADE mostró que la evidencia disponible sobre los protocolos basados en progestágenos presenta una calidad entre moderada y alta (Tabla 2). Los protocolos de corta duración, como J-Synch, y aquellos orientados a la sincronización de la ovulación evidenciaron los niveles más altos de consistencia. En contraste, la tasa de preñez y la respuesta reproductiva en vacas anéstricas mostraron una calidad moderada debido a la variabilidad en los protocolos, las características de los animales y las condiciones de manejo. En conjunto, estos resultados respaldan la eficacia de los protocolos con progestágenos para mejorar el desempeño reproducti-

vo en bovinos

3.1. Principales protocolos con progestágenos en vacas

Los principales esquemas basados en progesterona en vacas en sistemas tropicales, junto con sus variaciones en cuanto a inductores de ovulación, tipo de producción, componentes hormonales, tiempo de permanencia del dispositivo intravaginal y tasas de preñez reportadas, se resumen en la Tabla 3.

Los estudios incluidos presentaron diferencias en raza, categoría productiva, estado fisiológico, condiciones ambientales y diseño experimental. Debido a esta heterogeneidad, las tasas de preñez fueron interpretadas de manera comparativa y descriptiva, evitando inferencias cuantitativas directas entre protocolos.

Tabla 3. Principales protocolos de sincronización con progestágenos utilizados en vacas en sistemas tropicales, con diferentes tiempos de remoción del dispositivo intravaginal y su efecto sobre las tasas de preñez.

Table 3. Main progestogen-based synchronization protocols used in cows in tropical systems, with different intravaginal device removal times and their effect on pregnancy rates.

Autores de estudios revisados	Protocolo	Inductores de ovulación	Tipo de producción	Tamaño muestral	Componentes principales*	Tiempo de remoción del dispositivo intravaginal (días)	Tasa de Preñez
Alonso Alanuza et al. (2009)	Protocolo convencional P4 + E2	No aplica	Producción de carne	144	Día 0: P4 (CIDR/DIV) + EB; día 7: retiro del dispositivo + PGF ₂ α; detección de celo; IATF según intensidad de estro (~12 h post-celo)	7	45%
Carballo-Guerrero et al. (2023)	Protocolo convencional P4 + E2	Cipionato de estradiol [ECP]	Doble propósito	188	Día 0: 0,6 g de progesterona [P4] + 2 mg de benzoato de estradiol [BE] IM; día 8: Retiro del dispositivo + 1 mg de ECP IM + 0,150 mg de d-cloprostenol IM + 400 UI de Ecg; IATF a 50 h post-retiro	8	50–55%
De la Mata y Bó (2012)	J-Synch convencional	GnRH	Producción carne	28	P4 (DIV/CIDR) + EB; retiro día 6; GnRH + IATF -72 h post-retiro	6	60%
Díaz-Quevedo et al. (2023)	Ovsynch modificado con dispositivo intravaginal (P4)	GnRH	Producción lechera	45	P4 (CIDR/DIV) + GnRH (día 0); PGF ₂ α (día 7); retiro del dispositivo + EB (día 8); GnRH (día 9); IATF ~48–56 h post-retiro	7	40–60%
Espinoza-Villavicencio et al. (2021)	Protocolo estradiol–progesterona (CIDR/DIV + EB) con eCG	ECP	Doble propósito	110	Día 0: P4 (DIV/CIDR) + EB; día 7: retiro del dispositivo + PGF ₂ α + ECP ± eCG; IATF a 48–54 h post-retiro	7	51–59%

Autores de estudios revisados	Protocolo	Inductores de ovulación	Tipo de producción	Tamaño muestral	Componentes principales*	Tiempo de remoción del dispositivo intravaginal (días)	Tasa de Preñez
García-Ispuerto et al. (2013)	Protocolo estradiol–progesterona (CIDR + EB)	GnRH	Producción lechera	249	Protocolo estradiol–progesterona con dispositivo de P4 (CIDR/DIV + EB al inicio)	7	30–40%
Botelho-Gomes y Narváez (2021)	Protocolo de presincronización con P4	No aplica	Producción carne	74	Día 0: P4 (CIDR/DIV); retiro del dispositivo (día 7) + PGF _{2α} ; posterior sincronización con protocolo estradiol–progesterona + IATF	7	30–40%
Guillen-Alvarado et al. (2025)	Protocolo P4 + E2 (con/sin ECP)	ECP	Producción de carne	60	Día 0: P4 (CIDR/DIV) + EB; día 7: retiro del dispositivo + PGF _{2α} ± ECP; IATF a 48–54 h post-retiro	7	Con ECP: 50–55% Sin ECP: 40–45%
López-Parra et al. (2024)	Convencional	ECP	Doble propósito	301	Día 0: dispositivo P4 + 2 mg EB IM. Día 7: retiro del dispositivo + 500 µg PGF _{2α} + 0,5 mg ECP IM. Día 9: IATF 48–54 h tras retiro del dispositivo. Proestro corto, ovulación inducida por ECP	7	51–59%
Mion et al. (2019)	Convencional con estradiol + ciproionato (ECP)	ECP	Producción carne	296	Día 0: DIV usado (1 g P4) + 2 mg EB. Día 7: PGF _{2α} . Día 9: retiro del DIV + 1 mg de ECP + 250 UI eCG. Detección de celo; las que muestran celo se inseminan 12 h después; las que no muestran celo se inseminan 48 h post-retiro (IATF)	9	45%
Pilla-Campaña et al. (2022)	J-Synch (corta duración)	J-Synch: GnRH	Doble propósito	100	J-Synch: Día 0: P4 (CIDR/DIV) + EB; día 6: retiro + PGF _{2α} ; GnRH; IATF ~72 h post-retiro	6	J-Synch 53%
	Protocolo convencional con progesterona (P4 + estradiol)	Convencional: ECP			Convencional: Día 0: P4 (CIDR/DIV) + EB; día 7: retiro + PGF _{2α} + ECP; IATF 48–54 h post-retiro	7	Convencional 47%
Simões et al. (2018)	Ovsynch modificado con progesterona (P4)	GnRH	Producción carne	431	P4 (CIDR) previo al protocolo; GnRH (día 0); PGF _{2α} (día 7); GnRH (día 9); IATF ~16–24 h post-GnRH final	0	Con exposición previa a progesterona (P4): 55% Sin exposición previa a progesterona: 50%

Autores de estudios revisados	Protocolo	Inductores de ovulación	Tipo de producción	Tamaño muestral	Componentes principales*	Tiempo de remoción del dispositivo intravaginal (días)	Tasa de Preñez
Vásquez-Tarrillo et al. (2025)	Protocolo estradiol–progesterona (CIDR/DIV + EB)	ECP	Producción lechera	159	Día 0: P4 (CIDR/DIV) + EB; día 7: retiro del dispositivo + PGF _{2α} + ECP; IATF 48–54 h post-retiro	7	40–48%
Yáñez-Avalos et al. (2021)	J-Synch (6 días) con y sin eCG.	GnRH.	Doble propósito	448	Día 0: P4 (CIDR/DIV) + EB; día 6: retiro del dispositivo + PGF _{2α} ; día 6: eCG (según tratamiento); GnRH; IATF ~72 h post-retiro	6	Con eCG 55% Sin eCG:45%

*GnRH = Hormona liberadora de gonadotropina, PGF_{2α} = Prostaglandina F2 alfa, CIDR® = Dispositivo intravaginal liberador de progesterona, IATF = Inseminación artificial a tiempo fijo, EB = Benzoato de estradiol, P4 = Progesterona, ECP = Cipionato de estradiol, eCG = Gonadotropina coriónica equina.

*GnRH = Gonadotropin-releasing hormone, PGF_{2α} = Prostaglandin F2 alpha, CIDR® = Progesterone-releasing intravaginal device, IATF = Fixed-time artificial insemination (FTAI), EB = Estradiol benzoate, P4 = Progesterone, ECP = Estradiol cypionate, eCG = Equine chorionic gonadotropin.

4. Discusión

El análisis integrado de los estudios presentados en la Tabla 3 confirma que los protocolos de sincronización basados en dispositivos intravaginales de progesterona (P4) constituyen el eje central del control reproductivo en bovinos, particularmente en sistemas tropicales donde la ciclicidad ovárica suele ser irregular. Tal como señalan Andersen et al. (2021) y Pessoa et al. (2025), la incorporación de P4 permite regular el ambiente endocrino, sincronizando el desarrollo folicular y facilitando la implementación de la IATF, independientemente de la detección de celo. Esta ventaja operativa se refleja claramente en la tabla, donde la mayoría de los protocolos incluyen CIDR® o dispositivos similares como componente base.

Sin embargo, al analizar críticamente los resultados, se evidencia que la progesterona por sí sola no garantiza altos niveles de eficiencia reproductiva, sino que su éxito depende de la adecuada combinación con inductores de ovulación y del contexto fisiológico del animal. Por ejemplo, protocolos convencionales P4 + estradiol presentan tasas variables (30–55%), como se observa en estudios como García-Ispuerto et al. (2013) y Alonso Alanuza et al. (2009), lo que sugiere una alta dependencia de factores como la condición corporal, ciclicidad y manejo. Esta variabilidad respalda lo indicado por Mercadante et al. (2024) quienes destacan que la interacción entre progestágenos, GnRH y PGF_{2α} es determinante para inducir ciclicidad en vacas anéstricas y mejorar la fertilidad.

En sistemas tropicales, la evidencia disponible indica que los protocolos más eficientes son aquellos

que combinan dispositivos intravaginales de progesterona (P4) con GnRH y, en determinados casos, eCG, debido a que la progesterona permite regular el ambiente endocrino y sincronizar el desarrollo folicular, mientras que la GnRH asegura una ovulación más precisa y sincronizada, reduciendo la variabilidad en la respuesta reproductiva (Hernández-Coronado et al., 2023; Mohammed et al., 2021). Asimismo, la inclusión de eCG ha demostrado ser particularmente útil en vacas con baja actividad ovárica o en anestro, incrementando las tasas de preñez, como lo evidencian Yáñez-Avalos et al. (2021), quienes reportaron mejoras de 55% frente a 45%.

Por otro lado, los protocolos de sincronización de corta duración, como J-Synch (6 días), han mostrado resultados reproductivos favorables en comparación con los esquemas convencionales de 7 días. Esto se atribuye a que una menor exposición a la progesterona, junto con la prolongación del proestro, promueve una ovulación más fisiológica y mejora la calidad del ovocito, favoreciendo así el establecimiento de la gestación (De la Mata y Bó, 2012). En vacas de doble propósito bajo adecuadas condiciones productivas, se ha observado que el uso de GnRH, EB o ECP como inductores de la ovulación, combinados con dispositivos de progesterona, genera resultados reproductivos similares, con tasas de preñez que oscilan entre el 51% y el 59% (López Parra et al., 2024).

En contraste, en vacas *Bos indicus* en posparto, el uso de GnRH ha demostrado ser superior al ECP, incrementando la tasa de preñez de 26% a 41%, lo que resalta su importancia en condiciones de mayor restricción fisiológica en sistemas tropicales (Hernán-

dez-Coronado et al., 2023). En conjunto, estos hallazgos permiten concluir que, en sistemas tropicales caracterizados por alta variabilidad ambiental y desafíos nutricionales, los protocolos basados en P4 + GnRH, con apoyo de eCG en animales anéstricos, representan la estrategia más robusta y adaptable para optimizar la eficiencia reproductiva, aunque su implementación debe ajustarse a las condiciones específicas de cada sistema productivo (Mercadante et al., 2024).

Uno de los principales factores que condiciona la eficacia de los protocolos con progestágenos es el estado reproductivo de la vaca al inicio del tratamiento. En animales en anestro posparto, con baja actividad ovárica o sin ciclar, la inserción de un dispositivo con progesterona suele requerir el apoyo de otras hormonas para inducir una onda folicular de calidad (Mínguez y Calvo, 2020). Diversos estudios señalan que la presencia del ternero, la nutrición deficiente y la falta de ciclicidad reducen la respuesta a los protocolos con P4 y estradiol (Sales et al., 2019). De igual forma, Ari et al. (2017) reportaron que las vacas con mejor condición corporal ($\geq 2,5$) alcanzaron mayores tasas de preñez (59,2 % vs 36,8 %) al incluir PRID en el protocolo. En conjunto, estos hallazgos confirman que la ciclicidad, la condición corporal y el estado posparto son factores decisivos para el éxito de los tratamientos con progestágenos.

Otro factor determinante en la eficacia de los protocolos con progestágenos es la dinámica folicular, en la que influyen el tamaño del folículo dominante al momento de la inducción, la fase del ciclo folicular al inicio del tratamiento y la lisis del cuerpo lúteo previo. Diversos estudios señalan que, aunque la luteólisis inducida con prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) no presenta diferencias significativas entre los días 6 y 17 del ciclo en vacas cruzadas, las concentraciones plasmáticas de progesterona y la eficacia de la regresión luteal son factores críticos para lograr una adecuada sincronización ovárica (Umaña Sedó et al., 2022; Wiltbank, 2014). Esto evidencia que el control hormonal debe garantizar tanto una luteólisis completa como un ambiente endocrino favorable para el desarrollo de un folículo dominante funcional, optimizando así la respuesta a los dispositivos intravaginales de progesterona (Couto et al., 2023).

El estrés ambiental y metabólico influye de forma decisiva en la eficacia de los protocolos con progestágenos. En un estudio realizado en vacas Gyr bajo condiciones tropicales del Perú, se observó que la manifestación de celo fue mayor cuando los animales permanecieron más tiempo con un índice temperatura-humedad [ITH] inferior a 72, mientras que valores superiores a 83 redujeron significativamente su expresión (Vásquez-Tarrillo et al., 2025). Esto confirma

que, incluso en razas adaptadas al trópico, el calor y la humedad pueden comprometer la respuesta ovárica. A su vez, revisiones recientes señalan que factores como la lactación, el balance energético y el pico de producción también modulan la acción de los progestágenos sobre el ovario (Julanov et al., 2024), destacando la necesidad de considerar las condiciones ambientales y metabólicas en la planificación reproductiva.

La condición corporal *Body Condition Score* [BCS] y el estado nutricional son factores controlables pero decisivos para el éxito de los protocolos hormonales. El estudio de Ari et al. (2017) demostró que la incorporación de PRID al protocolo Ovsynch en vacas lecheras lactantes mejoró significativamente la tasa de preñez en animales con mejor BCS, evidenciando la influencia directa de la condición corporal en la respuesta al tratamiento. De forma coincidente, revisiones recientes señalan que las vacas con puntuaciones corporales bajas presentan menor probabilidad de ciclar, intervalos posparto más prolongados y menores tasas de concepción, incluso bajo sincronización (Sales et al., 2019). En este contexto, garantizar una adecuada nutrición y condición corporal antes de iniciar un protocolo con progestágenos resulta esencial para optimizar la fertilidad y la eficiencia reproductiva del hato.

La eficacia de los protocolos con progestágenos depende directamente de su diseño hormonal, incluyendo la duración del dispositivo, el tipo de progestágeno, el momento de aplicación y su combinación con GnRH, $PGF_{2\alpha}$ o estradiol. Wiltbank et al. (2014) señalaron que la respuesta reproductiva varía según la producción y metabolismo individual de progesterona, factores que determinan la eficacia del tratamiento. Asimismo, Hernández-Coronado et al. (2023) destacaron que la sincronización debe ajustarse al estado reproductivo de cada vaca: en animales cíclicos los resultados suelen ser más predecibles, mientras que en vacas anéstricas pueden requerirse dispositivos de mayor duración o estrategias adicionales, como la separación temporal del ternero, para reactivar la actividad ovárica.

En conjunto, la evidencia revisada demuestra que los protocolos basados en progestágenos constituyen una herramienta eficaz para mejorar la eficiencia reproductiva en bovinos bajo condiciones tropicales. Sin embargo, la magnitud de la respuesta reproductiva depende de factores como el estado fisiológico de las vacas, la condición corporal, el estrés térmico y el diseño específico del protocolo hormonal empleado. Los mejores resultados fueron observados en protocolos de corta duración asociados con GnRH y, en vacas anéstricas, con la inclusión de eCG.

4.1 Perspectivas futuras y limitaciones en el uso de progestágenos

El empleo de dispositivos intravaginales liberadores de progesterona, como CIDR y PRID, se ha consolidado como una herramienta fundamental en los programas de sincronización e inseminación artificial a tiempo fijo. No obstante, su eficacia no es homogénea, pues varía según el protocolo utilizado, la categoría animal y las condiciones de manejo del hato. Hölper et al. (2023) reportaron que la incorporación del dispositivo PRID en un esquema de 7-day Ovsynch incrementó las tasas de preñez en vacas lecheras, aunque dicho efecto dependió del contexto productivo. De manera similar, Arkose y Uslu (2022) observaron mejoras al comparar el uso de PRID o CIDR, aunque con resultados dispares entre estudios y sistemas. Además, Stevenson y Lamb (2016) destacan que las diferencias fisiológicas entre bovinos de carne y de leche influyen en las concentraciones de progesterona posparto, lo que condiciona la respuesta a los tratamientos hormonales.

Estudios recientes han demostrado que la P4 regula la expresión génica en el endometrio y modula las señales embrionarias necesarias para el establecimiento de la gestación (Lonergan y Sánchez, 2020). Sin embargo, la relación directa entre mayores concentraciones de P4 y mayores tasas de preñez no siempre es consistente. Intervenciones destinadas a elevar sus niveles, como la aplicación de hCG en el día 2 del ciclo, han mostrado resultados globalmente positivos, aunque variables según la etapa de lactancia y el estado fisiológico de las vacas (Cuevas-Gómez et al., 2025; Michelena et al., 2025; Shafi et al., 2025).

En el caso de las vacas repetidoras, la administración de progesterona puede favorecer los eventos tempranos de la gestación, pero no necesariamente corrige las causas subyacentes, como la falta de receptividad endometrial, la inflamación subclínica o el estrés térmico. Investigaciones recientes con formulaciones de liberación sostenida de P4 han evidenciado efectos moleculares beneficiosos, lo que resalta el potencial de nuevas presentaciones, aunque los resultados clínicos aún son dispares (Modaresi et al., 2024). A su vez, revisiones sobre terapias en hembras repetidoras sugieren la combinación de GnRH, P4 y antiinflamatorios puede mejorar la respuesta en determinados subgrupos, siempre que exista un diagnóstico preciso que permita individualizar el tratamiento

(Carbonari et al., 2024). Existen también limitaciones prácticas en el uso de estos dispositivos. Aunque la reutilización de los CIDR puede parecer una opción económica, estudios han evidenciado la presencia de contaminación bacteriana incluso tras la desinfección, lo que representa un riesgo para la bioseguridad y la eficiencia reproductiva (Perry et al., 2024; Talsma et al., 2020; Yessa et al., 2024).

En definitiva, la progesterona continuará siendo un pilar esencial en los programas de sincronización, aunque su uso tenderá a ser más selectivo, cuantificable y trazable, incorporándose a decisiones sustentadas con políticas de manejo racional.

5. Conclusiones

La evidencia analizada confirma que los protocolos de inseminación artificial basados en progestágenos constituyen una herramienta clave para mejorar la eficiencia reproductiva en bovinos, especialmente en sistemas tropicales donde las condiciones ambientales y fisiológicas limitan la ciclicidad ovárica. Su efectividad radica no solo en el uso de la progesterona como eje central, sino en su adecuada combinación con otras hormonas como GnRH, PGF_{2α} o eCG. En este contexto, los protocolos de corta duración (6 a 7 días) demostraron ser los más eficientes, destacándose particularmente el protocolo J-Synch y los esquemas basados en P4 + GnRH, los cuales alcanzaron las mayores tasas de preñez, cercanas al 55–60 %, especialmente cuando se complementan con eCG en vacas en anestro. Estos protocolos favorecen una mejor sincronización folicular, una ovulación más precisa y una tasa de preñez más alta. En contraste, los tratamientos prolongados o la reutilización de dispositivos pueden comprometer la fertilidad debido a alteraciones hormonales y riesgos sanitarios.

Desde el punto de vista práctico, se recomienda priorizar protocolos de corta duración basados en progestágenos combinados con GnRH, especialmente en vacas manejadas bajo condiciones tropicales. Asimismo, futuras investigaciones deberían evaluar de manera comparativa la eficiencia económica de estos protocolos, el uso de dispositivos biodegradables y la integración de herramientas de ganadería de precisión para optimizar la toma de decisiones reproductivas.

Agradecimientos

Se agrade a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de

Manabí Manuel Félix López por la oportunidad de fomentar e incentivar a investigar.

Contribuciones de los autores

- Bridget Maldonado: conceptualización, investigación, metodología, recursos, software y redacción – borrador original.
- Edwin Velásquez: validación, redacción – revisión y edición.

Disponibilidad de datos

Los datos utilizados corresponden a estudios ya publicados.

Declaración de Uso de Inteligencia Artificial

Los autores declaran que no se ha utilizado Inteligencia Artificial en la elaboración del manuscrito.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- Alonso Alanuza, L., Galina Hidalgo, C. S., Maquivar Linfoot, M., Romero Zúñiga, J. J., Molina Echeverry, I., y Carvajal Arango, P. (2009). Evaluación de la fertilidad de hembras *Bos indicus*, de acuerdo a la intensidad del celo, manejadas en un programa de inseminación artificial a tiempo fijo en condiciones de trópico. *Revista Científica*, 19(6), 639–644. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000600011
- Andersen, C. M., Bonacker, R. C., Smith, E. G., Spinka, C. M., Poock, S. E., y Thomas, J. M. (2021). Evaluation of the 7 & 7 Synch and 7-day CO-Synch + CIDR treatment regimens for control of the estrous cycle among beef cows prior to fixed-time artificial insemination with conventional or sex-sorted semen. *Animal Reproduction Science*, 235, 106892. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106892>
- Ari, U. Ç., Pancarci, Ş. M., Kaçar, C., Güngör, Ö., Lehimcioğlu, N. C., Öztürkler, Y., y Yildiz, S. (2017). Effect of progestagen application during Ovsynch protocol on pregnancy rates of lactating-grazing cows. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23(2), 319–324. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2016.16522>
- Arkose, C. C., y Uslu, B. A. (2022). Comparison of the results synchronization with progesterone implants and fixed time artificial insemination in dairy cows. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65, e22210243. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-202210243>
- Arndt, W. J., Holle, A. J., Bauer, M. L., Kirsch, J. D., Schimek, D. E., Odde, K. G., y Vonnahme, K. A. (2009). Effect of post-insemination progesterone supplementation on pregnancy rate in dairy cows. *Canadian Journal of Veterinary Research = Revue Canadienne de Recherche Veterinaire*, 73(4), 271–274.
- Bó, G. A., Huguenine, E., Mata, J. J. de la, Núñez-Olivera, R., Baruselli, P. S., y Menchaca, A. (2018). Programs for fixed-time artificial insemination in South American beef cattle. *Animal Reproduction*, 15(Suppl. 1), 952–962. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0025>
- Botelho-Gomes, T., y Narváez, H. J. (2021). Pre-sincronización con Progesterona para la Inducción de Ciclicidad en Vacas *Bos taurus indicus* en Periodo de Anestro Posparto. *Revista Lasallista de Investigación*, 18(2), 85–93. <https://doi.org/10.22507/rli.v18n2a7>
- Carballo-Guerrero, D., Carballo-Cruz, G., y Bó, G. A. (2023). Efecto de los días postparto sobre la tasa de preñez en vacas de cría de carne con ternero al pie tratadas para IATF. *Nutrición Animal Tropical*, 17(2), 1–23. <https://doi.org/10.15517/nat.v17i2.56046>
- Carbonari, A., Burgio, M., Frattina, L., Cicirelli, V., y Rizzo, A. (2024). Repeat Breeder Syndrome Therapies in Dairy Cows: A Review. *Reproduction in Domestic Animals*, 59(10), e14732. <https://doi.org/10.1111/rda.14732>
- Carvalho, L. R., Souza Simões, L. M., Lemos, L. A., Vicente, M. P., Souza, S. V., Gonçalves Junior, W. A., Guerreiro, B. M., de Freitas, B. G., de Souza, J. C., y Sousa Sales, J. N. (2023). Use of injectable progesterone to replace the intravaginal progesterone device on the ovulation synchronization protocol reduces the pregnancy rate in *Bos indicus* cows. *Theriogenology*, 195, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.10.008>
- Couto, S. R. B. do, Guerson, Y. B., Morais, R. de C. L., Grillo, G. F., Andrade, J. P. N., Jacob, J. C. F., Barbero, R. P., y Mello, M. R. B. de. (2023). Relationships between follicle and corpus luteum size and vascularization with ovulation, progesterone production, and pregnancy in Nelore beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 52, e20220148. <https://doi.org/10.37496/rbz5220220148>
- Cuevas-Gómez, I., Molina, L., Sánchez-Madueño, J. F., Sánchez-Madueño, I., Lonergan, P., Rizos, D., Pérez-Marín, C. C., y Sánchez, J. M. (2025). Circulating progesterone concentrations and pregnancy outcomes in high-producing lactating dairy cows treated with human chorionic gonadotropin on day 2 of the estrus cycle. *Journal of Dairy Science*, 108(5), 5448–5461. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26000>
- De la Mata, J. J., y Bó, G. A. (2012). Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos con benzoato de estradiol y GnRH en periodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. *Taurus*, 14(55), 17–23. <https://www.revistataurus.com.ar/sistema/uploads/1129/entradas/04-trabajos-originales-55.pdf>
- Delgado-Piloso, S. P., Vera-Hidalgo, A. L., y Macías-Andrade, J. I. (2024). Progesterona de acción prolongada en vacas anéstricas mestizas. *Revista Científica Arbitrada en Investigaciones de la Salud "GESTAR"*, 7(14), 254–265. <https://doi.org/10.46296/gt.v7i14.0169>
- Díaz-Quevedo, C., Ramírez García, A., Torres Bernal, L., Cáceres Coral, J., Ampuero Trigo, G., y Saucedo-Uriarte, J. A. (2023). Effect of different protocols of fixed-time artificial insemination on mucus, ovarian size, and pregnancy of mixed-breed cows in the humid tropics of Peru. *Veterinary Medicine International*, 2023(1), e9942021. <https://doi.org/10.1155/2023/9942021>
- EL-Sherry, T. M., Matsui, M., Kida, K., Miyamoto, A., Megahed, G. A., Shehata, S. H., y Miyake, Y.-I. (2010). Ova-

- rian stimulation with follicle-stimulating hormone under increasing or minimal concentration of progesterone in dairy cows. *Theriogenology*, 73(4), 488–495. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.09.031>
- Espinoza-Villavicencio, J. L., Palacios-Espinosa, A., Ortega-Pérez, R., Guillén-Trujillo, A., y Manríquez-Hirales, E. (2021). Inseminación artificial a tiempo fijo y reinseminación de vacas para carne tratadas con y sin gonadotropina coriónica equina. *Nova Scientia*, 13(27), 00009. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2747>
- García-Díaz, J. R., Hernández-Barreto, M. A., y Pazinato, J. (2017). Eficacia de dos tratamientos hormonales para la inducción del celo en la vaca lechera. *Archivos de Zootecnia*, 66(253), 67–71. <https://doi.org/10.21071/az.v66i253.2127>
- García-Ispuerto, I., Roselló, M. A., De Rensis, F., y López-Gatius, F. (2013). A five-day progesterone plus eCG-based fixed-time AI protocol improves fertility over spontaneous estrus in high-producing dairy cows under heat stress. *Journal of Reproduction and Development*, 59(6), 544–548. <https://doi.org/10.1262/jrd.2013-041>
- Guillen-Alvarado, M. C., Herrera-Muñoz, J. I., Arroyo-Oquendo, C., Rojas-Salazar, S., y Molina-Coto, R. (2025). Evaluación de protocolos de sincronización para inseminación artificial con y sin estrógenos en novillas. *Nutrición Animal Tropical*, 19(1), 91–124. <https://doi.org/10.15517/nat.v19i1.65028>
- Hartling, L., Ospina, M., Liang, Y., Dryden, D. M., Hooton, N., Krebs Seida, J., y Klassen, T. P. (2009). Risk of bias versus quality assessment of randomised controlled trials: cross sectional study. *BMJ*, 339, b4012. <https://doi.org/10.1136/bmj.b4012>
- Hernández-Coronado, C., Rosales-Torres, A., Vázquez-López, S., y Guzmán-Sánchez, A. (2023). Sincronización del estro y ovulación en hembras bovinas de razas cárnicas: Bases endocrinas y protocolos usados. *Abanico Veterinario*, 13, e206. <https://doi.org/10.21929/abavet2023.16>
- Hölper, M., Bretzinger, L., Randi, F., Heuwieser, W., y Borchardt, S. (2023). Effect of a progesterone-releasing intravaginal device (PRID) for 8 days during a modified Ovsynch protocol on pregnancy outcomes in lactating Holstein cows. *JDS Communications*, 4(4), 303–307. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0314>
- Julanov, M., Jumatayeva, K., Koibagarov, K., Tagayev, O., Baitlessov, Y., y Julanova, N. (2024). Improving the efficiency of estrus synchronization in cows. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 11(1), 100–106. <https://doi.org/10.5455/javar.2024.k753>
- Lonergan, P., y Sánchez, J. M. (2020). Symposium review: Progesterone effects on early embryo development in cattle. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8698–8707. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18583>
- López Parra, J. C., Marini, P. R., Macagno, A. J., y Bó, G. A. (2024). Effect of three different fixed-time AI protocols on follicular dynamics and pregnancy rates in suckled, dual-purpose cows in the Ecuadorian Amazon. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo*, 56(1), 138–148. <https://doi.org/10.48162/rev.39.130>
- Marcondes Seneda, M., Nakayama Yokomizo, D., Amarante Mendes, F., Moreira de Anjos, M., y Morotti, F. (2022). Biotécnicas da reprodução em bovinos: Aplicações práticas. *Revista Brasileira de Buiatria*, 1(1), 1–24. <https://doi.org/10.4322/2763-955X.2022.003>
- Mercadante, V. R. G., Lamb, G. C., y Oosthuizen, N. (2024). Recent developments in estrus synchronization programs. En *Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle (AR-SBC)*. Beef Reproduction Task Force. Atenas. <https://beefrepro.org/arsbc-archive/2024-arsbc-archive/>
- Michelena, A., Fontenla-Romero, Ó., y Calvo-Rolle, J. L. (2025). Review and future trends of precision livestock farming in dairy and beef cattle using artificial intelligence. *Logic Journal of the IGPL*, 33(4), jzae111. <https://doi.org/10.1093/jigpal/jzae111>
- Mínguez, C., y Calvo, A. (2020). Effect of equine chorionic gonadotropin on pregnancy rate in Brown Swiss cows under high altitude conditions. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1), 121–125. <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1741373>
- Mion, B., Bonotto, R. M., Farias, C. O., Rosa, F. S., Pradiee, J., Rovani, M. T., Pegoraro, L. M. C., Bonotto, A. L. M., Pfeifer, L. F. M., y Schneider, A. (2019). J-Synch protocol associated with estrus detection in beef heifers and non-lactating cows. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 13(2), 269. <https://doi.org/10.26605/medvet-v13n2-3089>
- Modaresi, J., Kadivar, A., Esfandabadi, N. S., Khosravian, P., y Mohebbi, A. (2024). Evaluation of the effect of sustained-release progesterone injection on the expression of interferon-related genes in repeat-breeder dairy cows. *Veterinary Medicine and Science*, 10(5), e70005. <https://doi.org/10.1002/vms3.70005>
- Mohammed, A. E., Adel, H., Heba, S., Amira, M., Engy, R., Wael, E., Abdelrouf, O. H., Madeha, H. D., y Samy, M. Z. (2021). A Review of Attempts to Improve Cow Fertility Through Reproductive Management: Estrous Synchronization. *Journal of Veterinary Healthcare*, 2(4), 1–25. <https://doi.org/10.14302/issn.2575-1212.jvhc-21-3973>
- 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., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *British Medical Journal*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pedroso Sosa, R., Roller Gutiérrez, F., y Burgos Macías, D. I. (2024). Estrategia sostenible para mejorar la eficiencia de los servicios de inseminación artificial en ganado bovino en el trópico. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 35(2), e25195. <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i2.25195>
- Perry, G. A., Carson, C. P., Quail, L. K., Blaske, S., y Ketchum, J. N. (2024). 389 Impact of a Controlled Internal Drug Release device on circulating and local concentrations of progesterone. *Journal of Animal Science*, 102(Supplement_3), 294–295. <https://doi.org/10.1093/jas/skae234.336>
- Pessoa, G. A., Fontes, P. L. P., Junior, I. C., Lopes Junior, F. R., Alves Neto, N., de Sá Filho, O. G., y Vasconcelos, J. L. M. (2025). Fertility of predominantly *Bos taurus* beef cows exposed to fixed-time artificial insemination protocols with intravaginal inserts containing different amounts of progesterone. *Theriogenology*, 234, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.12.003>
- Pilla-Campaña, M., Yáñez-Avalos, D., Ortega-Coello, M., Aragadvay-Yungan, R., y Marini, P. R. (2022). Evaluación del efecto de dos protocolos de sincronización sobre los niveles de estradiol y progesterona en vacas doble propó-

- sito en la Amazonia Ecuatoriana. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 33(1), rcfcv-e33200. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33200>
- Sales, J. N. de S., Simões, L. M. S., Orlandi, R. E., Lima, E. A., Santos, A. P. C., Bottino, M. P., Silva, L. A. C. L. da, Souza, J. C. de, Dias, M. M., Massoneto, J. P. M., Scanduzzi, L. A., Freitas, B. G., Guerreiro, B. M., y Ricieri, B. M. (2019). Pre-TAI protocol strategies to increase reproductive efficiency in beef and dairy cows. *Animal Reproduction*, 16(3), 402–410. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2019-0041>
- Shafi, F. B., Ahamed, M. F., Nabi, M. F., Khandakar, A., Rohouma, W., Ayari, M. A., Thomas, K., Rahman, A., Reaz, M. B. I., Haq, F., y Refaat, S. S. (2025). Review of sensor technologies, DC–DC converters, and power electronics for sustainable monitoring in precision livestock farming. *Results in Engineering*, 28, 107975. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107975>
- Simões, L. M. S., Orlandi, R. E., Massoneto, J. P. M., Scanduzzi, L. A., Freitas, B. G., Bastos, M. R., Souza, J. C., y Sales, J. N. S. (2018). Exposure to progesterone previous to the protocol of ovulation synchronization increases the follicular diameter and the fertility of suckled *Bos indicus* cows. *Theriogenology*, 116, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.04.031>
- Stevenson, J. S., y Lamb, G. C. (2016). Contrasting effects of progesterone on fertility of dairy and beef cows. *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5951–5964. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10130>
- Talsma, B., Fields, B. J., Vincent, K. L., Smith, W. B., Speshock, J. L., Waddell, J., Snyder, D., Dias, N. W., Mercadante, V. R. G., Jones, T., y Roper, D. A. (2020). Progesterone release and incidence of bacteria following disinfection and reuse of controlled internal drug release devices (CIRDs). *The Bovine Practitioner*, 54(2) 130–135. <https://doi.org/10.21423/bovine-vol54no2p130-135>
- Umaña Sedó, S. G., Figueiredo, C. C., Gonzalez, T. D., Duarte, G. A., Ugarte Marin, M. B., Crawford, C. A., Pohler, K. G., Chebel, R. C., Bilby, T. R., y Bisinotto, R. S. (2022). Evaluation of luteolysis, follicle size, and time to ovulation in Holstein heifers treated with two different analogs and doses of prostaglandin-F2 α . *Journal of Dairy Science*, 105(6), 5506–5518. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21487>
- Vásquez-Tarrillo, R. W., Hernández-Guevara, J. E., Depaz-Hizo, B. A., Ampuero-Trigoso, G., Poclín-Rojas, A. Y., Rojas-Reategui, M., Segura Portocarrero, G. T., Juárez-Moreno, J. D., y Quispe-Ccasa, H. A. (2025). Efficacy of two estrus synchronization protocols in crossbred Gyr dairy cows and their relationship with heat stress in the Peruvian Tropics. *Veterinary Sciences*, 12(9), 804. <https://doi.org/10.3390/vetsci12090804>
- Wiltbank, M. C., Souza, A. H., Carvalho, P. D., Cunha, A. P., Giordano, J. O., Fricke, P. M., Baez, G. M., y Diskin, M. G. (2014). Physiological and practical effects of progesterone on reproduction in dairy cattle. *Animal*, 8, 70–81. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000585>
- Yáñez-Avalos, D. O., Barbona, I., López-Parra, J. C., y Marini, P. R. (2021). Protocolo J-synch con y sin eCG en vacas *Brown Swiss* y sus cruas con *Bos Indicus* en la amazonía ecuatoriana. *La Granja*, 33(1), 8–20. <https://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.01>
- Yessa, E. Y., Wientarsih, I., Ulum, M. F., Purwantara, B., y Amrozi, A. (2024). The potential of biodegradable polymers: Chitosan, polyethylene glycol, and polycaprolactone as materials for progesterone intravaginal devices. *Livestock and Animal Research*, 22(1), 11–24. <https://doi.org/10.20961/lar.v22i1.72985>