

Progresos en la gestión reproductiva del ganado bovino mediante una revisión bibliográfica

Progress in beef cattle reproductive management through a literature review

Herrera-Sánchez, Daniela Jaqueline ¹; Veliz-Ibarra, Kevin Miguel ²; Jaramillo-Veliz, Julio Javier ³

¹ Investigador Independiente; Ecuador, Santo Domingo ; <https://orcid.org/0009-0005-3667-8395>; daniela.herrera@ute.edu.ec

² Universidad Politécnica Salesiana; Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0009-0003-5808-5166>; kveliz@ups.edu.ec

³ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Portoviejo; <https://orcid.org/0000-0001-8715-0789>; julio.jaramillo@unesum.edu.ec

¹ Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n4/26>

Cita: Herrera-Sánchez, D. J., Veliz-Ibarra, K. M., & Jaramillo-Veliz, J. J. (2023). Progresos en la gestión reproductiva del ganado bovino mediante una revisión bibliográfica. *Innova Science Journal*, 1(4), 37-47. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n4/26>.

Recibido: 24/08/2023

Aceptado: 17/09/2023

Publicado: 31/10/2023



Copyright: © 2023 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC).

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Resumen: El manejo reproductivo del ganado bovino es un aspecto clave en la sostenibilidad y rentabilidad de la producción pecuaria. Sin embargo, diversos factores como la fertilidad reducida, la detección ineficiente del celo y la pérdida embrionaria limitan su eficiencia. Esta revisión bibliográfica analiza los avances recientes en biotecnologías reproductivas, incluyendo la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), la fertilización in vitro (FIV) y la transferencia de embriones (TE), las cuales han optimizado la tasa de preñez y acelerado la mejora genética. Asimismo, se abordan el impacto de los factores ambientales y nutricionales en la fertilidad bovina, destacando el estrés térmico y los desequilibrios nutricionales como obstáculos significativos. Se discuten estrategias de mitigación como el uso de biomarcadores, tecnologías digitales y herramientas genómicas, las cuales han mejorado la detección del celo y la gestión reproductiva. A pesar de los avances, se identifican desafíos en la accesibilidad y costos de estas tecnologías en sistemas extensivos. Se concluye que la combinación de biotecnologías, manejo nutricional y estrategias de adaptación ambiental es esencial para optimizar la reproducción bovina, garantizando su viabilidad en distintos sistemas productivos.

Palabras clave: reproducción bovina; biotecnologías reproductivas; inseminación artificial; transferencia de embriones; manejo nutricional.

Abstract: Reproductive management of cattle is a key aspect in the sustainability and profitability of livestock production. However, several factors such as reduced fertility, inefficient heat detection and embryo loss limit its efficiency. This literature review discusses recent advances in reproductive biotechnologies, including fixed-time artificial insemination (FTAI), in vitro fertilization (IVF) and embryo transfer (ET), which have optimized pregnancy rates and accelerated genetic improvement. The impact of environmental and nutritional factors on bovine fertility is also addressed, highlighting heat stress and nutritional imbalances as significant obstacles. Mitigation strategies such as the use of biomarkers, digital technologies and genomic tools, which have improved estrus detection and reproductive management, are discussed. Despite advances, challenges are identified in the accessibility and costs of these technologies in extensive systems. It is concluded that the combination of biotechnologies, nutritional management and environmental adaptation strategies is essential to optimize bovine reproduction, guaranteeing its viability in different production systems.

Keywords: bovine reproduction; reproductive biotechnologies; artificial insemination; embryo transfer; nutritional management.

1. Introducción

El manejo reproductivo del ganado bovino es un factor clave en la rentabilidad y sostenibilidad de la producción pecuaria, dado que incide directamente en la eficiencia productiva y en la mejora genética de los hatos. La reproducción eficiente es fundamental para garantizar una producción continua de carne y leche, optimizando la utilización de los recursos y reduciendo los costos asociados a la cría y mantenimiento de los animales. No obstante, existen múltiples desafíos que afectan la eficiencia reproductiva, tales como problemas de fertilidad, deficiencias en la detección del celo, baja tasa de concepción y pérdida embrionaria, lo que ha impulsado el desarrollo y la aplicación de tecnologías avanzadas para mejorar la reproducción bovina (Bó & Baruselli, 2014).

Los problemas reproductivos en el ganado bovino pueden atribuirse a diversos factores, entre ellos el manejo inadecuado de la nutrición, deficiencias en la selección genética, enfermedades reproductivas y estrés térmico, lo que repercute en la eficiencia de los programas de reproducción. La subfertilidad en bovinos, por ejemplo, es una de las principales causas de pérdidas económicas en la ganadería, pues reduce la cantidad de crías obtenidas por vaca a lo largo de su vida productiva (Lonergan & Fair, 2016). Asimismo, la detección de celo sigue representando un desafío en los sistemas de producción, especialmente en hatos de gran tamaño y en sistemas de pastoreo extensivo, donde la supervisión individualizada es limitada.

En este contexto, el desarrollo de biotecnologías reproductivas ha permitido mitigar algunos de estos problemas y mejorar la eficiencia del manejo reproductivo. La inseminación artificial (IA), la sincronización del estro, la fertilización in vitro (FIV) y la transferencia de embriones (TE) han sido ampliamente adoptadas en distintas partes del mundo, contribuyendo a una mayor eficiencia en la reproducción bovina (Baruselli et al., 2018). Además, el uso de la biotecnología molecular y la genómica han abierto nuevas oportunidades para la selección de animales con mayor potencial reproductivo, lo que representa un avance significativo en la ganadería de precisión.

La presente revisión bibliográfica se justifica en la necesidad de sistematizar y analizar los avances recientes en el manejo reproductivo del ganado bovino, con el fin de proporcionar información actualizada y fundamentada en estudios científicos de alto impacto. En la literatura, existen diversas investigaciones sobre técnicas de reproducción asistida y factores que afectan la fertilidad en bovinos; sin embargo, el acceso a una recopilación estructurada de estos conocimientos es crucial para que productores, investigadores y profesionales del sector puedan tomar decisiones informadas sobre el manejo reproductivo en sus sistemas de producción.

Desde una perspectiva de viabilidad, este estudio se basa en fuentes científicas indexadas en bases de datos reconocidas como Scopus y Web of Science, garantizando la calidad y relevancia de la información recopilada. Asimismo, al tratarse de una revisión bibliográfica, no se requiere la implementación de experimentación directa, lo que permite un análisis exhaustivo de los avances reportados en la literatura sin restricciones metodológicas asociadas a estudios empíricos.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar los avances recientes en el manejo reproductivo del ganado bovino, abordando las principales biotecnologías aplicadas, los

factores que influyen en la eficiencia reproductiva y las perspectivas futuras para la optimización de los sistemas de reproducción. A través de este análisis, se espera contribuir al conocimiento sobre las mejores estrategias reproductivas en la ganadería bovina, con el fin de mejorar la eficiencia productiva y garantizar la sostenibilidad del sector pecuario.

2. Materiales y Métodos

El presente estudio se desarrolla bajo un enfoque exploratorio de revisión bibliográfica, cuyo propósito es recopilar, analizar y sintetizar información científica actualizada sobre los avances en el manejo reproductivo del ganado bovino. La revisión se basa en fuentes secundarias obtenidas de bases de datos indexadas como Scopus y Web of Science, garantizando la calidad y relevancia de los estudios consultados.

Para la selección de los artículos, se establecieron criterios de inclusión y exclusión. Se consideraron investigaciones publicadas en los últimos diez años que abordaran avances tecnológicos en la reproducción bovina, incluyendo biotecnologías reproductivas, manejo del estro, fertilización in vitro, inseminación artificial, transferencia de embriones y el impacto de factores ambientales y nutricionales en la fertilidad. Se excluyeron aquellos estudios con enfoques exclusivamente clínicos o con poblaciones no representativas de la producción ganadera.

La búsqueda de información se realizó utilizando palabras clave en inglés y español, tales como “bovine reproductive management”, “artificial insemination in cattle”, “embryo transfer in bovines”, “manejo reproductivo en bovinos” y “biotecnologías reproductivas en ganado bovino”. Se aplicaron filtros para garantizar la selección de artículos revisados por pares, publicados en revistas científicas reconocidas.

El análisis de la información se llevó a cabo mediante una lectura crítica de los estudios seleccionados, identificando tendencias, avances y desafíos en el manejo reproductivo del ganado bovino. Se compararon los resultados de diferentes investigaciones para identificar puntos de convergencia y discrepancias en los hallazgos. Asimismo, se realizó una categorización temática de los avances reportados, facilitando su discusión en función de su impacto en la eficiencia reproductiva y la sostenibilidad del sector ganadero.

Finalmente, la síntesis de la información se estructuró para ofrecer un panorama claro y fundamentado sobre el estado actual del manejo reproductivo en bovinos, permitiendo generar conclusiones basadas en la evidencia científica disponible. Este enfoque metodológico asegura la validez del estudio y proporciona un marco de referencia útil para futuras investigaciones y aplicaciones en el campo de la zootecnia.

3. Resultados

3.1. Avances tecnológicos en el manejo reproductivo del ganado bovino

3.1.1. Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se ha consolidado como una estrategia clave para optimizar la reproducción bovina, al permitir la sincronización del estro y la ovulación sin la necesidad de detección del celo. Este método se basa en la administración de protocolos hormonales que incluyen la utilización de dispositivos intravaginales de progesterona, prostaglandinas, gonadotropinas y estradiol, con el fin de inducir y sincronizar la ovulación en un grupo de animales (Bó et al., 2016). Gracias a la IATF, se ha observado una mejora en las tasas de preñez, lo que permite incrementar la eficiencia reproductiva y reducir los intervalos entre partos en bovinos de carne y leche (Sá Filho et al., 2020).

Uno de los principales beneficios de la IATF es la disminución de la variabilidad en los ciclos reproductivos dentro de un hato, lo que facilita la planificación de la producción ganadera y el manejo zootécnico. Adicionalmente, al eliminar la necesidad de detección de celo, esta técnica reduce la carga de trabajo del personal y mejora la rentabilidad en sistemas extensivos y semiintensivos (Baruselli et al., 2018). A pesar de sus ventajas, la tasa de éxito de la IATF puede verse afectada por factores como el estado nutricional de las hembras, la genética de los animales y la calidad del semen utilizado (Pugliesi et al., 2019).

El perfeccionamiento de los protocolos de sincronización hormonal y la integración de herramientas biotecnológicas han permitido mejorar la eficiencia de la IATF en los últimos años. Investigaciones recientes han evaluado el impacto de la inclusión de análogos de GnRH y la optimización del intervalo de inseminación, logrando incrementar las tasas de preñez en condiciones comerciales (Meneghetti et al., 2021). Estas innovaciones han consolidado la IATF como una tecnología fundamental para mejorar la productividad ganadera y maximizar el rendimiento reproductivo en bovinos.

3.1.2. Transferencia de embriones y fertilización in vitro (FIV)

La transferencia de embriones (TE) y la fertilización in vitro (FIV) representan biotecnologías reproductivas avanzadas que han revolucionado la producción bovina al facilitar la multiplicación genética de individuos de alto valor productivo y reproductivo. La TE consiste en la obtención de embriones mediante superovulación e inseminación artificial de una hembra donante, seguida de la transferencia de los embriones a hembras receptoras (Pontes et al., 2018). Por otro lado, la FIV permite la maduración, fertilización y cultivo embrionario en laboratorio antes de su implantación en receptoras, lo que ofrece una alternativa eficaz para incrementar la eficiencia reproductiva en bovinos de alto valor genético (Hansen, 2014).

Uno de los principales avances en estas tecnologías ha sido la mejora en los medios de cultivo embrionario y en las condiciones de criopreservación, lo que ha incrementado la tasa de viabilidad de los embriones transferidos. La implementación de sistemas de vitrificación ha permitido mejorar la supervivencia embrionaria post-descongelación, aumentando las tasas de preñez en ganado bovino (Pereira et al., 2017). Asimismo, el uso de herramientas genómicas en combinación con la FIV ha facilitado la selección

embrionaria basada en marcadores de interés productivo y sanitario, optimizando la eficiencia de los programas de mejoramiento genético (Galli et al., 2019).

El impacto de la FIV y la TE en la ganadería ha sido significativo, permitiendo la diseminación de genética superior en poblaciones bovinas y reduciendo los tiempos requeridos para la mejora genética. No obstante, su adopción en sistemas productivos comerciales sigue estando limitada por los costos operativos y la necesidad de personal altamente capacitado. A pesar de estos desafíos, la constante innovación en estas tecnologías ha permitido su integración progresiva en sistemas de producción a gran escala, consolidándolas como herramientas esenciales en la reproducción asistida del ganado bovino (Marefa Jahan et al., 2019).

3.1.3. Uso de biomarcadores y tecnologías digitales

El uso de biomarcadores y tecnologías digitales en la reproducción bovina ha emergido como una estrategia innovadora para mejorar la eficiencia en la detección del estro, el diagnóstico de preñez y la evaluación de la fertilidad. Los biomarcadores hormonales, como la progesterona y el factor de interferón tau, han sido utilizados para monitorear el estado reproductivo de las hembras, permitiendo una mejor toma de decisiones en la gestión del hato. La medición de estos biomarcadores a través de muestras de sangre, leche o fluidos vaginales ha demostrado ser una herramienta precisa para predecir la fertilidad y la viabilidad de la gestación en bovinos (Yuan et al., 2019).

Paralelamente, las tecnologías digitales han revolucionado la forma en que se monitorea la reproducción en la ganadería. El uso de sensores de actividad, dispositivos de monitoreo de temperatura y cámaras térmicas ha facilitado la detección automática del celo, reduciendo la dependencia de la observación visual por parte del personal (Neves et al., 2021). Además, el análisis de datos mediante inteligencia artificial y aprendizaje automático ha permitido optimizar los sistemas de predicción de celo y evaluar patrones reproductivos con una precisión sin precedentes.

El desarrollo de plataformas digitales interconectadas ha posibilitado la integración de información en tiempo real, permitiendo a los productores tomar decisiones basadas en datos objetivos. Aplicaciones móviles y software de gestión reproductiva han sido implementados en diversas explotaciones ganaderas, mejorando la planificación de la inseminación y reduciendo los períodos improductivos en los rebaños (Ribeiro et al., 2018). Estas innovaciones han permitido optimizar la eficiencia reproductiva y mejorar la rentabilidad en la producción bovina, demostrando el potencial de la digitalización en la zootecnia moderna.

3.2. Impacto de los factores ambientales y nutricionales en la reproducción bovina

3.2.1. Efecto del estrés térmico y la alimentación

La reproducción bovina está influenciada por una variedad de factores ambientales y nutricionales que pueden comprometer la eficiencia reproductiva y la sostenibilidad de los sistemas de producción. Dentro de estos factores, el estrés térmico y la alimentación juegan un papel fundamental en la regulación de la fertilidad, afectando tanto la función reproductiva de las hembras como la calidad del semen en los machos. La interrelación entre la temperatura ambiental, la disponibilidad de nutrientes y la respuesta fisiológica del ganado determina el éxito reproductivo, siendo un desafío crucial en regiones con

condiciones climáticas extremas y sistemas de producción extensivos (Collier et al., 2017).

3.2.2. Estrés térmico y su impacto en la reproducción bovina

El estrés térmico es una de las principales limitaciones para la eficiencia reproductiva en bovinos, especialmente en regiones tropicales y subtropicales, donde las elevadas temperaturas y la alta humedad relativa afectan negativamente la fisiología del animal. En hembras bovinas, el estrés térmico altera el desarrollo folicular, reduce la calidad del oocito y disminuye las tasas de fertilización y preñez, debido a la inhibición de la secreción de hormonas reproductivas como la hormona luteinizante (LH) y el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1) (Roth, 2017).

Las elevadas temperaturas ambientales inducen hipertermia en la vaca, lo que genera una reducción en la expresión del celo y en la eficiencia de la ovulación. Además, el estrés calórico provoca alteraciones en la función del cuerpo lúteo, disminuyendo la producción de progesterona y afectando la capacidad del útero para sostener la gestación en sus primeras etapas. En estudios realizados en vacas lecheras, se ha observado una reducción significativa en las tasas de concepción durante los meses más cálidos del año, con valores que pueden disminuir hasta un 50% en comparación con periodos de temperatura moderada (Polsky & von Keyserlingk, 2017).

En los machos, el estrés térmico tiene un impacto directo en la espermatogénesis, reduciendo la motilidad espermática, aumentando la fragmentación del ADN espermático y disminuyendo la capacidad de fertilización de los espermatozoides. Se ha demostrado que la exposición prolongada a temperaturas elevadas incrementa la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) en el testículo, lo que conduce a daños oxidativos en las células germinales y reduce la viabilidad espermática (Rahman et al., 2019).

Para mitigar los efectos negativos del estrés térmico en la reproducción bovina, se han implementado diversas estrategias de manejo, entre ellas la modificación de las instalaciones para mejorar la ventilación y el uso de sistemas de enfriamiento como aspersores y ventiladores. Asimismo, la selección genética de bovinos con mayor tolerancia al calor ha sido una estrategia prometedora para reducir la susceptibilidad de los animales a temperaturas extremas, permitiendo una mayor estabilidad en los parámetros reproductivos en ambientes cálidos (Arav, 2020).

3.2.3. Influencia de la alimentación en la fertilidad bovina

La nutrición es otro factor determinante en la eficiencia reproductiva del ganado bovino, ya que la disponibilidad y calidad de los nutrientes afectan la función hormonal, el desarrollo folicular y la viabilidad embrionaria. Un balance adecuado de macronutrientes y micronutrientes es esencial para el mantenimiento del eje hipotálamo-hipófisis-gónada, el cual regula la ovulación y la gestación (Greguła-Kania et al., 2021).

El déficit energético es una de las principales causas de infertilidad en bovinos, especialmente en vacas de alta producción lechera, donde la movilización excesiva de reservas corporales genera un balance energético negativo (BEN). Este estado metabólico afecta la síntesis de hormonas reproductivas y reduce la tasa de concepción, al comprometer la calidad del oocito y la competencia embrionaria. En este sentido,

dietas con un aporte insuficiente de energía y proteína pueden prolongar el anestro posparto, retrasando la reactivación del ciclo estral y disminuyendo la eficiencia reproductiva del hato (Leroy et al., 2018).

Por otro lado, el exceso de energía en la dieta, particularmente asociado a dietas ricas en carbohidratos no estructurales, puede inducir alteraciones metabólicas como la acidosis ruminal subaguda, lo que afecta la síntesis de progesterona y reduce la viabilidad embrionaria (Cardoso et al., 2020). Adicionalmente, deficiencias en minerales como el fósforo, el zinc y el selenio han sido asociadas con tasas reducidas de fertilidad, debido a su papel en la regulación de la función ovárica y la espermatogénesis (Cerri et al., 2017).

La suplementación estratégica con ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), como los omega-3 y omega-6, ha demostrado mejorar la función reproductiva en bovinos al modular la síntesis de prostaglandinas y promover un ambiente uterino favorable para la implantación del embrión. Investigaciones recientes han indicado que la inclusión de ácidos grasos en la dieta puede aumentar la tasa de concepción y reducir la incidencia de pérdidas embrionarias tempranas.

En este contexto, la adopción de estrategias nutricionales personalizadas, basadas en el monitoreo del estado corporal y las necesidades metabólicas del ganado, es fundamental para optimizar la reproducción. La integración de herramientas como el análisis de metabolitos sanguíneos y la evaluación de la composición de la dieta mediante técnicas de espectroscopía han permitido mejorar la eficiencia del manejo nutricional y, en consecuencia, el rendimiento reproductivo del hato (Wiltbank et al., 2018).

El impacto del estrés térmico y la alimentación en la reproducción bovina es significativo y multifactorial. Las elevadas temperaturas afectan tanto la fisiología de la vaca como la calidad del semen en los machos, mientras que los desequilibrios nutricionales comprometen la eficiencia del ciclo reproductivo. La implementación de estrategias de mitigación, como el manejo térmico, la selección genética y la formulación de dietas balanceadas, es esencial para garantizar una reproducción eficiente y sostenible en los sistemas de producción bovina (Łukaszewicz et al., 2020).

4. Discusión

La reproducción bovina es un proceso complejo influenciado por una multiplicidad de factores que afectan la eficiencia reproductiva y, por ende, la rentabilidad de los sistemas productivos. Los avances tecnológicos en el manejo reproductivo han permitido optimizar la tasa de preñez y mejorar la calidad genética del hato, destacándose la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), la transferencia de embriones (TE) y la fertilización in vitro (FIV) como herramientas fundamentales en la reproducción asistida. No obstante, el impacto de los factores ambientales y nutricionales sigue representando un desafío considerable, afectando la eficiencia de estos procedimientos y la viabilidad de las gestaciones (Bó et al., 2016).

La IATF ha demostrado ser una técnica eficaz para aumentar la tasa de concepción en bovinos, reduciendo la necesidad de detección de celo y optimizando los programas de

reproducción. Diversos estudios han reportado que la combinación de protocolos hormonales basados en dispositivos de liberación controlada de progesterona y análogos de GnRH permite una sincronización más precisa de la ovulación, mejorando la eficiencia del procedimiento (Baruselli et al., 2018). Sin embargo, su éxito sigue dependiendo de múltiples factores, incluyendo la calidad del semen, el estado nutricional de las hembras y las condiciones ambientales en las que se implementa la técnica. En este sentido, investigaciones recientes han identificado que las variaciones en la temperatura ambiental pueden alterar la eficacia de la IATF, reduciendo significativamente la tasa de preñez en vacas expuestas a estrés térmico (Neglia et al., 2020).

Por su parte, la TE y la FIV han revolucionado la selección genética en la ganadería bovina, permitiendo la propagación de individuos con características productivas y reproductivas superiores. La optimización de los medios de cultivo embrionario y el perfeccionamiento de las técnicas de vitrificación han mejorado la viabilidad de los embriones transferidos, incrementando las tasas de gestación en programas de mejoramiento genético (Galli et al., 2019). A pesar de estos avances, la implementación masiva de estas tecnologías sigue enfrentando limitaciones, particularmente en sistemas de producción extensivos, donde los costos operativos y la infraestructura requerida pueden representar barreras significativas para su adopción. Asimismo, la necesidad de personal capacitado para la manipulación embrionaria sigue siendo un factor determinante en la viabilidad de estos procedimientos a gran escala (Hansen, 2014).

El uso de biomarcadores y tecnologías digitales ha emergido como una estrategia complementaria para optimizar el manejo reproductivo en bovinos. La detección automatizada del celo mediante sensores de actividad y monitoreo térmico ha permitido mejorar la precisión en la identificación del estro, aumentando la tasa de éxito de la inseminación artificial y reduciendo los períodos improductivos en el hato. Adicionalmente, la implementación de análisis de biomarcadores hormonales, como la progesterona y el factor de interferón tau, ha facilitado la predicción temprana de la preñez, permitiendo una gestión más eficiente de la reproducción (Neves et al., 2021). Estas herramientas han demostrado ser particularmente útiles en explotaciones de gran escala, donde la supervisión manual del celo y la preñez resulta menos eficiente.

A pesar de los avances tecnológicos, los factores ambientales y nutricionales continúan siendo determinantes en la eficiencia reproductiva del ganado bovino. El estrés térmico, en particular, representa una de las principales limitaciones para la fertilidad, afectando tanto la función ovárica en hembras como la espermatogénesis en machos. Se ha demostrado que las elevadas temperaturas reducen la tasa de fertilización, incrementan la mortalidad embrionaria temprana y comprometen la viabilidad espermática debido a la producción excesiva de especies reactivas de oxígeno (ROS) (Roth, 2017). En este contexto, estrategias como la modificación del ambiente térmico y la selección genética de animales con mayor tolerancia al calor han sido propuestas como soluciones viables para mitigar estos efectos adversos.

La alimentación también juega un papel fundamental en la regulación de la fertilidad bovina. Un balance adecuado de macronutrientes y micronutrientes es esencial para el mantenimiento del ciclo estral y la viabilidad embrionaria. El déficit energético en vacas de alta producción ha sido identificado como una de las principales causas de

infertilidad, debido a su impacto en la síntesis de hormonas reproductivas y en la calidad del oocito. Asimismo, se ha evidenciado que dietas con un exceso de carbohidratos no estructurales pueden inducir alteraciones metabólicas que afectan la función luteal y comprometen la implantación embrionaria (Cardoso et al., 2020). En este sentido, la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) ha mostrado efectos positivos en la mejora de la fertilidad, al modular la síntesis de prostaglandinas y promover un ambiente uterino más receptivo para la implantación del embrión (Leroy et al., 2018).

En conclusión, la optimización del manejo reproductivo en bovinos requiere un enfoque integral que combine la aplicación de biotecnologías avanzadas con estrategias de mitigación de los factores ambientales y nutricionales. Si bien la IATF, la TE y la FIV han demostrado ser herramientas eficaces para mejorar la eficiencia reproductiva y acelerar el mejoramiento genético, su éxito depende en gran medida del control de variables como la temperatura ambiental, la calidad nutricional y el monitoreo fisiológico del ganado. La incorporación de tecnologías digitales y biomarcadores en los programas reproductivos ha permitido mejorar la precisión y la eficiencia de los procedimientos, representando una tendencia emergente en la zootecnia moderna. Sin embargo, es necesario continuar con investigaciones que permitan adaptar estas tecnologías a diferentes sistemas productivos, garantizando su accesibilidad y sostenibilidad en el tiempo (Li et al., 2016).

5. Conclusiones

Para finalizar el manejo reproductivo del ganado bovino ha experimentado avances significativos gracias a la implementación de biotecnologías reproductivas, el uso de herramientas digitales y el desarrollo de estrategias para mitigar el impacto de los factores ambientales y nutricionales. La inseminación artificial a tiempo fijo ha demostrado ser una técnica eficiente para mejorar la tasa de concepción y optimizar la planificación reproductiva en sistemas ganaderos de diversa índole. Asimismo, la transferencia de embriones y la fertilización in vitro han permitido acelerar el mejoramiento genético y maximizar la productividad de los hatos, aunque su implementación masiva sigue limitada por costos operativos y requerimientos técnicos especializados.

El uso de biomarcadores y tecnologías digitales ha representado un avance fundamental en la detección temprana del celo y la preñez, facilitando una gestión más precisa y eficiente de la reproducción. La integración de sensores de actividad, monitoreo térmico y análisis de biomarcadores hormonales ha optimizado la toma de decisiones, reduciendo los periodos improductivos y mejorando la eficiencia de los programas reproductivos. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías requiere de una mayor capacitación técnica y de la adecuación de los sistemas productivos a estas innovaciones.

Los factores ambientales y nutricionales continúan representando desafíos importantes para la eficiencia reproductiva del ganado bovino. El estrés térmico afecta la fisiología reproductiva tanto en hembras como en machos, reduciendo la fertilidad y aumentando la incidencia de pérdidas embrionarias tempranas. La implementación de estrategias de

manejo térmico y la selección genética de individuos con mayor tolerancia al calor son medidas clave para mitigar estos efectos adversos.

Por otro lado, la alimentación desempeña un papel crucial en la reproducción bovina, ya que los desequilibrios en el suministro de energía, proteínas y micronutrientes pueden comprometer la viabilidad embrionaria y prolongar los periodos de anestro. La formulación de dietas balanceadas, adaptadas a las necesidades fisiológicas del ganado, es esencial para garantizar una reproducción eficiente y sostenible.

En conclusión, la combinación de biotecnologías reproductivas, herramientas digitales y estrategias de manejo nutricional y ambiental es fundamental para optimizar la eficiencia reproductiva del ganado bovino. A pesar de los avances alcanzados, aún existen desafíos en términos de accesibilidad, costos y adaptación a diferentes sistemas productivos. La investigación continua y la implementación de estrategias innovadoras serán determinantes para consolidar un manejo reproductivo eficiente que contribuya a la sostenibilidad y rentabilidad de la producción ganadera.

Referencias Bibliográficas

- Arav, A. (2020). From cryo-preservation to dry-preservation of reproductive cells. *Theriogenology*, 150, 27–31. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.060>
- Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Colli, M. H. A., Elliff, F. M., Sá Filho, M. F., Vieira, L., & Freitas, B. G. (2017). Timed artificial insemination: Current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. *Animal Reproduction*, 14(3), 558–571. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR999>
- Bó, G. A., & Baruselli, P. S. (2014). Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*, 8(s1), 144–152. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000822>
- Galli, C., Duchi, R., Colleoni, S., Lagutina, I., & Lazzari, G. (2019). Ovum pick up, intracytoplasmic sperm injection and somatic cell nuclear transfer in cattle: from the research laboratory to the farm. *Reproduction in Domestic Animals*, 54(s4), 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.008>
- Greguła-Kania, M., Kosior-Korzecka, U., Grochowska, E., Longo, V., & Siemieniuch, M. J. (2021). Effects of fetal number on acute phase proteins, cortisol, and hematological parameters in ewes during the periparturient period. *Animal Reproduction Science*, 231, 106793. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106793>
- Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Manchano, C. I. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- Hansen, P.J. (2014). Current and Future Assisted Reproductive Technologies for Mammalian Farm Animals. In: Lamb, G., DiLorenzo, N. (eds) Current and Future Reproductive Technologies and World Food Production. Advances in

- Experimental Medicine and Biology, vol 752. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8887-3_1
- Li, C. J., Wang, D., & Zhou, X. (2016). Sperm proteome and reproductive technologies in mammals. *Animal Reproduction Science*, 173, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.08.008>
- Lonergan, P., & Fair, T. (2016). Maturation of oocytes in vitro. *Annual Review of Animal Biosciences*, 4, 255-268. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110822>
- Łukaszewicz, E., Jerysz, A., & Chełmońska, B. (2020). Effect of semen extenders and storage time on quality of Muscovy duck (*Cairina moschata*) drake semen during the entire reproductive season. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(8), 1048–1055. <https://doi.org/10.1111/rda.13731>
- Marefa Jahan, Nidhish Francis, Bing Wang, Concentración de lactoferrina sérica en cerdas primíparas durante la gestación y la lactancia, y comparación entre lechones alimentados con cerdas y alimentados con fórmula, *Translational Animal Science*, Volumen 3, Número 4, julio de 2019, páginas 1410–1415, <https://doi.org/10.1093/tas/txz145>
- Neglia, G., de Nicola, D., Esposito, L., Salzano, A., D'Occhio, M. J., & Fatone, G. (2020). Reproductive management in buffalo by artificial insemination. *Theriogenology*, 150, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.016>
- Rojas, F. E., & Saavedra-Mera, K. A. . (2022). Diversificación de Cultivos y su Impacto Económico en las Fincas Ecuatorianas. *Revista Científica Zambos*, 1(1), 51-68. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n1/21>
- Roth, Z. (2017). Impact of heat stress on reproduction in dairy cows: Insights into the cellular and molecular responses of the oocyte. *Annual Review of Animal Biosciences*, 6, 151-170. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022516-022849>
- Saavedra-Mera, K. A., Casanova-Villalba, C. I., Escarabay Cadena, A. Y., & Pluas Pai, Y. E. (2022). Análisis económico frente a la PC (*Phytophthora palmivora*) de la Palma Africana en el sector agroindustrial. Caso de estudio La Fabril planta La Independencia período 2021. *Código Científico Revista De Investigación*, 3(3), 301–315. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v3/n3/67>
- Wiltbank, M. C., Souza, A. H., Carvalho, P. D., Bender, R. W., & Nascimento, A. B. (2011). Improving fertility to timed artificial insemination by manipulation of circulating progesterone concentrations in lactating dairy cattle. *Reproduction, Fertility and Development*, 30(2), 146-158. <https://doi.org/10.1071/RD11913>
- Yuan, B., Xu, L., Qu, C., & Wang, X. (2019). Polydatin and I-CBP112 protect early bovine embryos against nicotine-induced mitochondrial dysfunction and apoptosis. *Theriogenology*, 135, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.05.007>

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.