

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Documento F-AC-DBL-007	Código 14-05-2025	Fecha C
	DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Dependencia SUBDIRECTOR ACADEMICO	Aprobado 1(1)	Pág.

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Davinson Andres Pacheco Carrascal		
FACULTAD	Ciencias Agrarias y del Ambiente		
PLAN DE ESTUDIOS	Zootecnia		
DIRECTOR	Naudin Alejandro Hurtado Lugo		
CODIRECTOR aplica) (si	No aplica		
TÍTULO DE LA MONOGRAFÍA	Gestión y desafíos de las prácticas ganaderas sostenibles en Colombia		
TITULO EN INGLES	Management and challenges of sustainable livestock practices in Colombia		
RESUMEN (70 palabras)			
En la presente monografía se examinan técnicas como sistemas silvopastoriles, conservación de forrajes, mejora genética, uso de tecnologías de precisión y manejo hídrico. El estudio evidencia que, aunque estas prácticas contribuyen a reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia productiva, su adopción está condicionada por limitaciones técnicas, económicas y estructurales. Como resultado, se proponen estrategias para fomentar su implementación y garantizar una ganadería sostenible y resiliente en el país.			
RESUMEN EN INGLES			
This monograph examines techniques such as silvopastoral systems, forage conservation, genetic improvement, use of precision technologies and water management. The study shows that, although these practices contribute to reduce environmental impact and improve productive efficiency, their adoption is conditioned by technical, economic and structural limitations. As a result, strategies are proposed to promote their implementation and ensure sustainable and resilient livestock production in the country.			
PALABRAS CLAVES	Sostenibilidad, silvopastoril, biodegradable, sistema.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Sustainability, silvopastoral, biodegradable, system.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 72	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
 atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

Gestión y desafíos de las prácticas ganaderas sostenibles en Colombia

Davinson Andrés Pacheco Carrascal

Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander

Ocaña

Zootecnia

PhD. Naudin Alejandro Hurtado Lugo

12 de marzo del 2025

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Capítulo 1. Metodología.....	9
Capítulo 2. Prácticas sostenibles en la ganadería	10
2.1. La Ganadería en el argumento del cambio climático.....	10
2.2. Impacto de la ganadería sostenible	13
2.3 Evaluación de la sostenibilidad en los sistemas ganaderos.....	16
Capítulo 3. Técnicas de gestión de manejo sostenible en los hatos ganaderos	20
3.1. Sistemas silvopastoriles.....	20
3.2. Conservación de forrajes.....	23
3.3. Utilización de bloques de urea – melaza.....	23
3.4. Pastoreo rotativo	27
3.5. Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIP)	29
3.6. Manejo de los recueros hídricos.....	30
3.7. Mejoras genéticas.....	32
Capítulo 4. Desafíos que trascienden del patrocinio de diestras sostenibles en la ganadería colombiana.....	36

4.1. Limitaciones por el entorno	36
4.2. Limitaciones al interior del sistema ganadero.....	38
Capítulo 5. Tecnologías para la transformación ganadería eficiente y sostenible.....	42
5.1. Agro 4.0 ganadería de precisión.....	42
5.1.1. Mejora en la productividad ganadera	43
5.1.2. Gestión sostenible del medio ambiente	43
5.1.3. Bienestar animal.....	43
5.1.4. Optimización de la ocupación de disposiciones.....	44
5.1.5. Mayor talento en el mercado.....	45
5.1.6. Fomento de la invención y el avance tecnológico.....	46
6. Consideraciones relevantes	49
6.1. Cooperativa “Las Cañadas”	49
6.2. Ganadería La Luna	49
6.3 Loma Bonita	50
6.4 Hacienda “Hereafter the Farm”	50
7 Resultados	54
Conclusiones	57
Referencias	58

Lista de tablas

Tabla 1 Características de los sistemas ganaderos en Colombia.....	16
Tabla 2 Evaluación de la Sostenibilidad en los Sistemas Ganaderos.....	19

Lista de figuras

Figura 1. Composición del desarrollo sostenible en la sociedad.....	12
Figura 2. Interacciones clave en los sistemas ganaderos de enfoque multifuncional.....	14
Figura 3. Diseño de un sistema ganadero convencional vs un sistema silvopastoril	21
Figura 4. Interacción del suelo cuando se hace sistema de pastoreo rotativo	27
Figura 5. Proceso aplicado en el desarrollo de tecnología de datos en ganadería sostenible.....	42
Figura 6. Prototipo de collares inteligentes	44
Figura 7. Esquema de la representación funcional del sistema de collares con sensores	45
Figura 8. Datos de patrones para toma de decisiones mediante sensores.....	46
Figura 9. Sistema de información para toma de decisiones	47
Figura 10. Numero de citas bibliográficas por año	54
Figura 11. Numero de referentes bibliográficos buscados en Idioma español-ingles.....	55
Figura 12. Número de páginas visitas	55

Resumen

La presente monografía analiza las prácticas ganaderas sostenibles en Colombia y los desafíos que enfrentan para su implementación. A partir de un enfoque metodológico basado en la revisión bibliográfica de literatura científica publicada entre 2017 y 2024, se examinan técnicas como los sistemas silvopastoriles, la conservación de forrajes, la mejora genética, el uso de tecnologías de precisión y el manejo hídrico. El estudio evidencia que, aunque estas prácticas contribuyen a reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia productiva, su adopción está condicionada por limitaciones técnicas, económicas y estructurales. Como resultado, se proponen estrategias para fomentar su implementación, destacando la importancia de políticas públicas, formación técnica y acceso a tecnología para garantizar una ganadería sostenible y resiliente en el país.

Palabras claves: Sostenibilidad, Silvopastoril, Biodegradable, Sistema

Abstract

This monograph analyzes sustainable livestock practices in Colombia and the challenges they face in their implementation. Using a methodological approach based on a bibliographic review of scientific literature published between 2017 and 2024, it examines techniques such as silvopastoral systems, forage conservation, genetic improvement, the use of precision technologies, and water management. The study shows that, although these practices contribute to reducing environmental impact and improving production efficiency, their adoption is conditioned by technical, economic, and structural limitations. As a result, strategies are proposed to promote their implementation, highlighting the importance of public policies, technical training, and access to technology to ensure sustainable and resilient livestock farming in the country.

Keywords: Sustainability, Silvopastoral, Biodegradable, System

Introducción

La gestión ganadera sostenible ha cobrado creciente relevancia en el ámbito agropecuario colombiano, en respuesta a los impactos ambientales negativos asociados con los sistemas tradicionales de producción, la ganadería, al ser una de las actividades pecuarias más extendidas, enfrenta el desafío de armonizar la productividad con la conservación de los recursos naturales, especialmente frente a fenómenos como el cambio climático, la deforestación, la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad (Macchia, 2024).

En este contexto, la presente monografía aborda la pregunta ¿Cuáles son las principales prácticas sostenibles implementadas en la ganadería colombiana y qué desafíos limitan su adopción efectiva? Para responderla, se parte de una revisión sistemática de literatura científica que analiza las técnicas actuales de manejo sostenible, como los sistemas silvopastoriles, la conservación de forrajes, el uso de tecnologías de precisión, el pastoreo rotativo y las mejoras genéticas, así como los factores sociales, económicos y políticos que dificultan su implementación (Sánchez-Romero, et al., 2021).

El propósito de este trabajo es examinar el estado actual de la sostenibilidad ganadera en Colombia, identificar prácticas efectivas, evaluar sus limitaciones y proponer estrategias que favorezcan una transición hacia modelos más resilientes, rentables y ambientalmente responsables. La monografía se estructura en cinco capítulos que guían al lector desde el marco metodológico y conceptual hasta el análisis de casos, técnicas y tecnologías, cerrando con recomendaciones y conclusiones orientadas a la acción práctica y al diseño de políticas sostenibles para el sector.

Capítulo 1. Metodología

Esta monografía se desarrolla con una orientación metodológica basada en la exploración de literatura, para resolver conceptos como; ganadería sostenible, sus principales técnicas y sus posibles limitaciones, además, se examinan las tecnologías asociadas a la ganadería de precisión y como deja marca en la implementación técnicas sostenibles para los hatos ganaderos, a través de este estudio, se busca identificar estrategias que contribuyan a mitigar riesgos ambientales, optimizar los recursos disponibles y garantizar la sostenibilidad del sector ganadero a largo plazo. La monografía se realizó bajo los siguientes objetivos, con un objetivo general, Examinar las prácticas sostenibles en la ganadería colombiana para identificar las principales gestiones y desafíos, y tres objetivos específicos, Identificar las prácticas sostenibles en Colombia, Determinar los desafíos que resultan de la adopción de prácticas sostenibles en la ganadería colombiana, Proponer estrategias y recomendaciones para mejorar la adopción y la implementación de prácticas sostenibles en la ganadería colombiana.

El estudio se desarrolló mediante la búsqueda, recopilación, organización, interpretación y análisis de información relevante, utilizando buscadores especializados y enfocándose en los siguientes conceptos sistemas silvopastoril, sostenibilidad ganadera, medio ambiente en la ganadería, técnicas de sostenibilidad en bovinos, tecnologías sostenible en hatos ganaderos que nos permitió acceder a información bibliográfica donde se incluyó datos científicos e estudios de, artículos, revistas y repositorios universitarios en idioma español e inglés, entre los periodos del 2017 hasta el 2024.

Capítulo 2. Prácticas sostenibles en la ganadería

2.1. La Ganadería en el argumento del cambio climático

La gran demanda de alimentos de la actualidad permite que los productores, y los sistemas de grandes empresas se proyecten en el aumento de sus insumos y con ellos el recursos de materias primas para su explotación al mercado como es el uso de recursos de combustibles fósiles, sumado que entre más demanda se genera la excesiva utilización y mal manejo de los suelos, esto hace imprescindible adoptar estrategias agroecológicas sostenibles y respetuosas con el medioambiente, según investigaciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI) generados por el manejo de la humanidad, modifica significativamente la radiación atmosférica, lo que impacta de manera negativa la vida tanto en la superficie como en el subsuelo (Monterroso-Rivas & López-Teloxa, 2022).

La ganadería, como parte fundamental de la producción agropecuaria, representa una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global. Según el IPCC, durante los últimos 200 años, la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera ha aumentado en un promedio de 1.5 partes por millón (ppm) por año, una tendencia que se prevé continuará en ascenso (Moscoso et al., 2017). Este incremento intensifica el efecto invernadero, generando desequilibrios climáticos cada vez más severos, se estima que el sector ganadero es responsable de la emisión de aproximadamente 7.1 mil millones de toneladas de CO₂ anuales, impacto que podría reducirse entre un 14 % y un 41 % mediante la adopción de prácticas sostenibles (Resende, et al., 2020). Conjuntamente de las emisiones, los sistemas ganaderos provocan daños ambientales por la contaminación de fuentes hídricas con residuos orgánicos,

agentes patógenos y productos farmacológicos, así como por su expansión hacia zonas ambientalmente sensibles, lo que conlleva procesos de deforestación, degradación, compactación y erosión del suelo (Helliwell et al., 2020).

La ganadería requiere extensas superficies de tierra para el establecimiento y uso de pasturas, lo que está estrechamente vinculado con la deforestación provocada por la tala de árboles con el objetivo del aumento de hectáreas y la emisión de gases que contribuye con el 37 % del metano y provocando un 65 % del óxido nitroso liberado a la atmósfera, lo que agrava la sostenibilidad de las empresas ganaderas; ante este escenario, resulta fundamental desarrollar entornos más eficientes que favorezcan la adaptación al cambio climático (Gislon, et al., 2020).

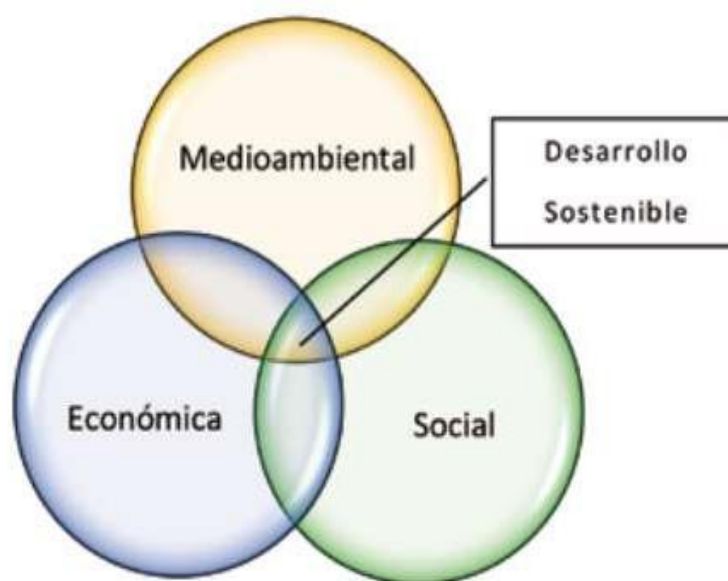
No obstante, las fincas bovinas en zonas tropicales es objeto de críticas debido al modelo de producción predominante, el cual se caracteriza por el uso extensivo de terrenos con gramíneas, una escasa o nula diversidad de especies y una alta transformación de los ecosistemas naturales, y presenta una limitada integración con los sectores agrícola y forestal, así como con otras especies pecuarias, lo que resulta en una baja eficiencia y rentabilidad, este modelo también contribuye al deterioro ambiental (Aguilar-Jiménez, et al., 2019).

La adaptación que tiene la producción agropecuaria que permuta en el clima ambiental y la reducción de exposiciones a los gases del efecto invernadero, son esenciales para superar las barreras ambientales y económicas que afectan la ganadería en las regiones tropicales de Suramérica, la alta inversión requerida limita el desarrollo de sistemas más especializados en carne y leche por lo que el uso intensivo del suelo y los monocultivos de pastos sin rotación

provocan compactación, erosión y degradación en la biodiversidad (Jiménez, et al., 2020).

Figura 1

Composición del desarrollo sostenible en la sociedad



Nota. Desarrollo sostenible se constituyen del medio ambiente, la economía y la sociedad.

(Resende, et al., 2020).

La adaptación de prácticas fructuosas a los protocolos agroecológicos que se muestran en la *figura 4*, representan la oportunidad de tener eficiencia y la misma nos ayuda a mejorar la creación de biomasa comestible para el ganado y que va a contribuir para la incorporación de materia orgánica en el suelo, permitiendo generar un auge de vida en la superficie, siendo los sistemas silvopastoriles una alternativa agroecológica posible para lograr este efecto (Oliva, et al., 2019).

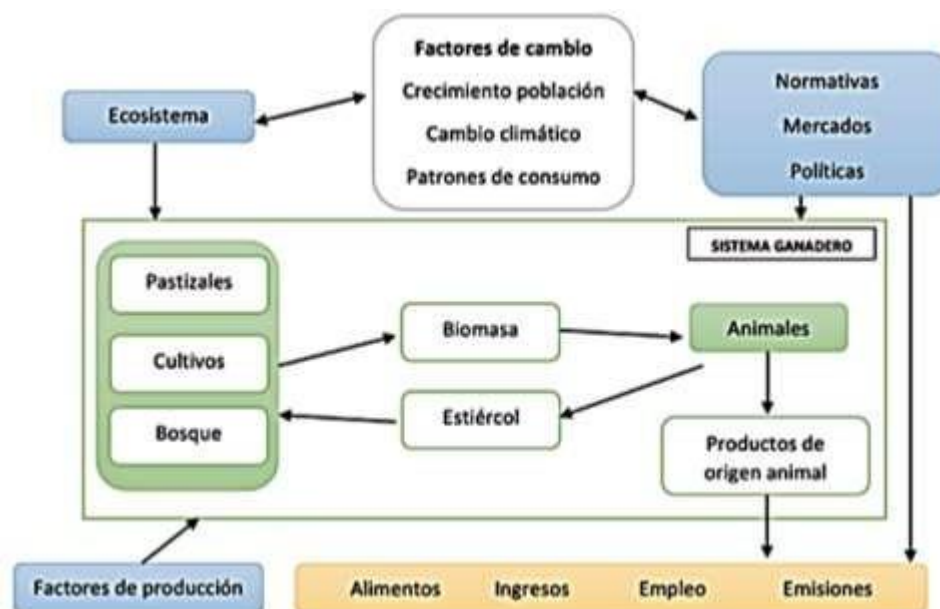
2.2. Impacto de la ganadería sostenible

El concepto de sostenibilidad en los sistemas ganaderos surgió en los años 90 y ha evolucionado con el tiempo, actualmente se conoce que existen diferentes enfoques el primero es el sistemas intensivos o productivistas, donde el objetivo principal es la alta producción y se aplica una sostenibilidad débil (es decir, se prioriza la rentabilidad con menor enfoque en la conservación ambiental y social), de segundo está el sistemas extensivos y ecológicos, que buscan un equilibrio social, monetario y climático, promoviendo una sostenibilidad fuerte, y por último el sistemas multifuncionales y heterogéneos, que combinan ganadería y agricultura, integrando distintos enfoques (Jackson, 2022).

La sostenibilidad débil en sistemas intensivos significa que, aunque pueden implementar ciertas mejoras ambientales, la prioridad sigue siendo la maximización de la producción, en cambio, la sostenibilidad fuerte busca que la producción no comprometa el equilibrio ecológico y social, asegurando el bienestar animal, la regeneración del suelo y el aprovechamiento de recursos locales, y por último los sistemas multifuncionales representan una alternativa intermedia, ya que combinan prácticas agrícolas y ganaderas para lograr mayor eficiencia y diversidad en la producción, es decir independientemente del tipo de sistema, la primera etapa clave es comprender cómo funciona, qué recursos utiliza y qué impacto genera, para diseñar estrategias que permitan una transición real hacia la sostenibilidad (Cardoso, et al., 2020).

Figura 2

Interacciones clave en los sistemas ganaderos de enfoque multifuncional



Nota. Los sistemas ganaderos multifuncionales buscan equilibrar producción, conservación y rentabilidad. (Resende, et al., 2020).

Los sistemas ganaderos multifuncionales como se demuestran en la *figura 5*, integran diversas actividades productivas, combinando la {ganadería con la agricultura, la agroforestería o incluso el turismo rural, en estos sistemas, existen múltiples interacciones clave que influyen en su funcionamiento y sostenibilidad, como lo son la interacción suelo-planta-animal, es decir que el crecimiento de los pastos y cultivos dependerían de que tan nutrido estén los suelos lo que a su vez influye en la alimentación y bienestar del ganado, que mediante el manejo efectivo de la rotación de los diferentes cultivos y el uso de abonos 100% orgánicos, se puede mejorar la productividad del suelo y reducir la dependencia de insumos externos, por otra parte la relación entre agricultura y ganadería, en muchos casos, los residuos agrícolas se utilizan como alimento para el ganado, mientras que el estiércol bovino se emplea como fertilizante para los cultivos, es decir este ciclo ayuda a reducir desperdicios y mejorar la eficiencia del sistema, que a su vez es

una función de interacción con el medio ambiente, es decir los sistemas multifuncionales impactan en disminuir los problemas ambientales de la ganadería mediante estrategias funciones rendidas gracias al pastoreo rotacional, reforestación y conservación de corredores biológicos, prácticas que favorecen la biodiversidad y mejoran la calidad del agua y del suelo (Sánchez-Romero, et al., 2021).

Cardoso, et al. (2020), pone en contexto que la vinculación con la sociedad y el mercado, puede diversificar su producción, estos sistemas pueden ofrecer productos orgánicos, carne de pastoreo o experiencias de turismo rural, fortaleciendo la conexión con los consumidores y mejorando la rentabilidad de la unidad productiva, permitiendo la gestión integrada de recursos, donde es un sistema multifuncionalidad para los productores adaptarse a cambios climáticos o económicos mediante el uso eficiente de los recursos disponibles, promoviendo la resiliencia del sistema.

Tabla 1*Características de los sistemas ganaderos en Colombia*

PRINCIPALES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA EN COLOMBIA					
PARÁMETROS	Extractivo	Extensivo tradicional	Extensivo mejorado	Semi-intensivo suplementado	Confinamiento
Actividad productiva	Cría y levante	Cría, levante, ceba, ciclo completo, doble utilización	Ciclo completo, cría, ceba y doble propósito	Lechería, doble propósito y ceba	Lechería y ceba
Raza predominante	Razas criollas	Criollo por cebú	Cebú mestizo y cebú x R. europeas	Cebú de alta pureza y razas europeas	Razas europeas especializadas
Productos	Flacos de edad avanzada, machos cebados mayores de 44 meses y vacas de descarte	Termeros destetos, leche, levantes de casi 30 meses y machos cebados	Termeros destetos, machos cebados y leche, comercializada en alta proporción como queso.	Carne y leche	Leche, derivados lácteos y carne
Área ocupada	11 millones de has.	14,6 millones has	4,5 millones has	270 mil has.	-----
Población	1,5 millones	14 millones	6,5 millones	800 mil (513 mil de razas lecheras)	25 mil
Participación en la producción de carne	2,6%	41,8%	49,1%	6,3%	0,2%
Capacidad de carga	✚ 0,5 cabezas/ha	0,8 a 1,0 cabezas/ha	1,2 animales /ha.	3 a 3,5 cabezas /ha	-----
Natalidad	43%	54%	66 %a 69 %	71% a 75%	83%
Mortalidad en terneros	10%	8%	7%	4%	11%
Mortalidad en adultos	4%	3%	2%	1%	2%
Descarte de vacas	11%	15%	18%	Generalmente alto	s.d.
Intervalo entre partos	28 a 30 meses	23 meses	17 a 20 meses	14 a 16 meses	13 a 14 meses

Nota. Referente de parámetros en sistemas extensivo, intensivo y confinado (Cardoso, et al., 2020).

2.3. Evaluación de la sostenibilidad en los sistemas ganaderos

Un sistema ganadero es económicamente viable cuando genera ingresos suficientes para sostener a todas las personas que dependen de ella, su estabilidad financiera está estrechamente relacionada con la eficiencia en la producción, la diversificación del sistema con nuevas técnicas y la capacidad para oponer resistencia factores que puedan afectar su rentabilidad (Padel, et al., 2020).

En este contexto, Wezel et al. (2020), señalan que la viabilidad económica de la

producción bovina depende de varios factores clave que se enmarcan dentro de los principios de sostenibilidad, entre ellos destacan la eficiencia productiva, entendida como el manejo adecuado del ganado, el uso de pasturas de alta calidad, la reducción de los costos en insumos y la optimización de los procesos reproductivos y de engorde del hato.

Por otro lado Cammarata, et al., (2021), contextualizan que la diversificación productiva implica no depender exclusivamente de la venta de carne o leche, sino también aprovechar subproductos como estiércol para fertilización, producción de biogás o incluso turismo rural en el rancho, dando como punto clave la estabilidad económica que también está influenciada por la capacidad que tiene el hato ganadero para adaptarse a factores externos como cambios en el clima, fluctuaciones en el mercado de precios de la carne y la leche, o políticas gubernamentales relacionadas con subsidios y regulaciones ambientales, es decir implementar prácticas agroecológicas y sistemas de producción sostenibles puede ayudar a reducir costos y aumentar la resiliencia del negocio.

La ganadería debe proporcionar dentro de su proyecto sostenible condiciones de bienestar a quienes participan en su producción, y que permita la continuidad entre generaciones, especialmente en sistemas ganaderos familiares, asegurando que un sistema ya mejorado con prácticas sostenibles tenga permanencia en el tiempo (Padel, et al., 2020).

Ferreira, et al. (2020), puntualizan que en la cría y producción de bovinos; el bienestar social implica garantizar condiciones de trabajo que sean sostenibles es decir en la transmisión del conocimiento y la continuidad del negocio entre generaciones son esenciales para preservar

las tradiciones y mejorar la productividad a lo largo del tiempo en pro al beneficio del animal, la economía y el ambiente, para lograrlo, es clave la implementación de modelos de producción sostenibles que permitan económica y ambiental durante nuestra producción, evitando el colapso de los patrimonios naturales y fortaleciendo toda una comunidad rural, fomentado organización y cooperación entre productores que permita facilitar la dirección a mercados, tecnología y financiamiento, asegurando que la finca bovina siga siendo una fuente estable de ingresos y bienestar para futuras generaciones en pro al cuidado de los recursos ambientales.

La ganadería se considera sostenible cuando conserva y gestiona de manera responsable los recursos naturales esenciales para su funcionamiento, garantizando generaciones pendientes sin comprometer su disponibilidad, en la cría de bovinos, la sostenibilidad implica un manejo eficiente del suelo, el agua, los pastizales y la biodiversidad, evitando su degradación y promoviendo su regeneración, por ejemplo, la rotación de potreros y la implementación de sistemas silvopastoriles permiten la eficiencia fértil de la tierra y comprimir la erosión de la misma, asegurando que se puedan seguir siendo productivas en el futuro (Padel, et al., 2020).

Asimismo, el uso responsable del agua es clave; técnicas como almacenar agua lluvia, la protección de los ríos y toda fuente hídrica y la reducción del desperdicio en sistemas de riego pueden contribuir a la sostenibilidad, es importante minimizar la dependencia de fertilizantes sintéticos y agroquímicos, para el contrario capacitarnos en abonos orgánicos y el control biológico de plagas (Wezel, et al., 2020).

Una producción sostenible implica garantizar condiciones adecuadas para el ganado,

proporcionando acceso a alimento de calidad, agua limpia y un ambiente libre de estrés, mejora la productividad, salud de los animales y las propiedades de la carne o la leche producida, una ganadería sostenible debe ser económicamente viable y socialmente justa, asegurando que las familias productoras puedan mantener su actividad en el tiempo, transmitiendo conocimientos y buenas prácticas a las siguientes generaciones, y fortaleciendo los sistemas ganaderos con nuevas técnicas y tecnologías limpias con el medio ambiente (Cammarata, et al., 2021).

Tabla 2

Evaluación de la Sostenibilidad en los Sistemas Ganaderos

DIMENSION	CRITERIOS DE EVALUACION	INDICADORES
AMBIENTAL	Conservación de suelos y agua	Rotación de potreros, control de erosión, protección de fuentes hídricas
	Biodiversidad	presencia de sistemas silvopastoriles, corredores biológicos, variedad de especies forrajeras
	Uso eficiente de insumos	Reducción de agroquímicos, uso de fertilizantes orgánicos, reciclaje de residuos
	Reducción de emisiones	Medición de huella de carbono, menor uso de combustibles fósiles, alimentación basada en pastos naturales
ECONOMICA	Rentabilidad	costos de producción vs ingresos, acceso a mercados
	Diversificación de insumos externos	Producción de carne, leche, derivados y otros productos agropecuarios
	Independencia de insumos externos	Uso de recursos locales, autosuficiencia forrajera
	Acceso a financiamiento y apoyos	Créditos disponibles, subsidios para prácticas sostenibles
SOCIAL	Bienestar de los trabajadores	Condiciones laborales, Seguridad social, Capacitación
	Participación comunitaria	Cooperativas, redes de productores, comercialización directa
	Transmisión generacional	Formación de nuevas generaciones, relevo generacional en la ganadería
	Calidad de vida	Acceso a educación, salud y servicios básicos en comunidades rurales

Nota. Dimensiones, criterios e indicadores a tener en cuenta en la evaluación de sostenibilidad ambiental ganadera. (Ferreira, et al., 2020).

Capítulo 3. Técnicas de gestión de manejo sostenible en los hatos ganaderos

3.1. Sistemas silvopastoriles

Baldassini y Paruelo (2020), define que los sistemas de producción animal en los países tropicales presentan baja eficiencia y rentabilidad, lo que, junto con el deterioro ambiental, ha impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles, en su artículo analiza los resultados del uso de sistemas silvopastoriles (SSP) en América Latina y el Caribe con el objetivo cómo influye en la producción de leche y carne, así como su impacto en la reducción de parásitos bovinos. Los SSP ofrecen biomasa comestible, mejoran la nutrición en la dieta de los bovinos y aumentan la productividad, favoreciendo la biota del suelo, aceleran la descomposición de excretas y reducen la proliferación de parásitos e insectos vectores, el autor destaca la importancia de transformar pasturas degradadas y cultivos de gramíneas en SSP para optimizar la producción ganadera y mejorar el equilibrio ambiental (Murgueitio, et al., 2019).

Los sistemas silvopastoriles han logrado gran aceptación en el ámbito comercial, investigativo y agropecuario debido a su capacidad para integrar pasturas, árboles y animales con distintos objetivos productivos, estos sistemas ayudan a mitigar los impactos ambientales negativos al mejorar el automatismo de los recursos de la naturaleza, la sostenibilidad de estos sistemas dependerán de la selección de especies vegetales, el tipo de producción y los productos esperados, su viabilidad se basa en la capacidad de los árboles para generar biomasa rica en proteínas, optimizar la energía solar y reducir el manejo de fertilizantes químicos (Bermúdez & Araica, 2022).

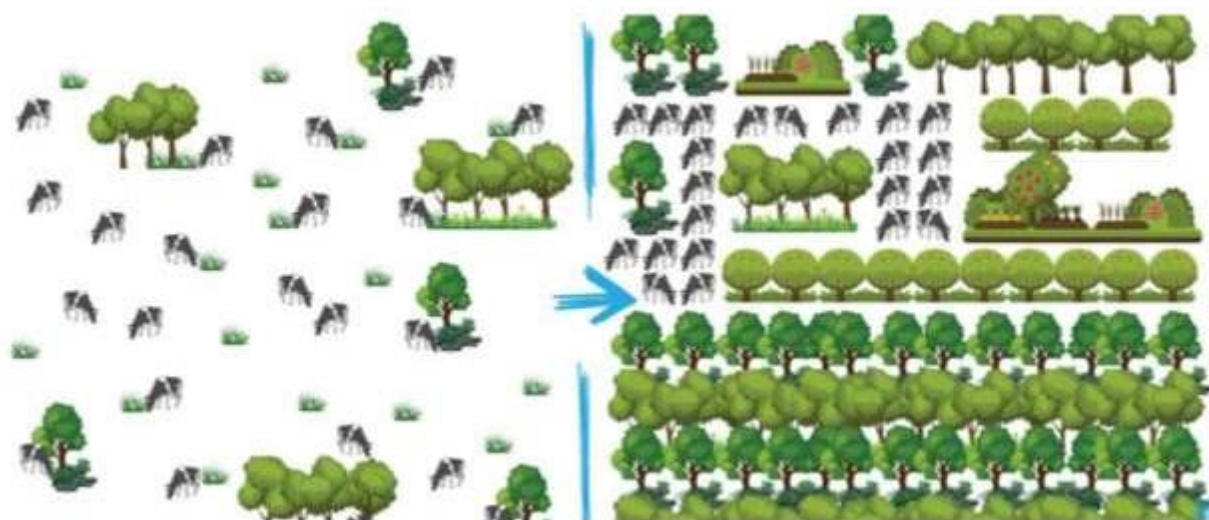
El sistema silvopastoril favorece una interacción positiva con el suelo, especialmente a

través del reciclaje de nutrientes, estos regresan al suelo mediante la caída de hojas, restos de pastoreo y podas, la incorporación de nitrógeno atmosférico mejora el crecimiento de los forrajes, lo que a su vez incrementa la ganancia de peso del ganado, lo que permite una producción ganadera más eficiente y sostenible a largo plazo (Cadavid & BE, 2020).

Los sistemas silvopastoriles benefician el suelo al mejorar la absorción de agua y nutrientes mediante raíces profundas, protegerlo de la erosión y regular su temperatura y aireación, incrementando la presencia de materia orgánica, favoreciendo la actividad biológica que contribuye a la fertilidad, en cuanto al agua, estos sistemas ayudan a regular su disponibilidad y calidad, reteniendo humedad y controlando excedentes, lo que es clave para la gestión sostenible de las microcuencas en zonas ganaderas (Sánchez Parales, 2020).

Figura 3

Diseño de un sistema ganadero convencional vs un sistema silvopastoril



Nota. Imagen tomada de (Sánchez Parales, 2020).

Igualmente contribuyen a mejorar la calidad del aire al mitigar gases generados por el efecto invernadero, formados gracias a la actividad ganadera y otras fuentes contaminantes, ya que los árboles y arbustos capturan y almacenan dióxido de carbono (CO_2), transformándolo en biomasa y oxígeno, ayudando así a reducir el calentamiento global, donde las pasturas mejoradas tienen una mayor capacidad de secuestrar carbono en el suelo, evitando su liberación a la atmósfera y fortaleciendo la sostenibilidad ambiental (Bermúdez & Araica, 2022).

Las pasturas cubren una gran extensión del planeta y desempeñan un papel clave en la presa de carbono y el reajuste del CO_2 en la atmósfera, en particular, las pasturas tropicales pueden almacenar entre 16 y 48 toneladas de carbono por hectárea, e incluso más en ciertas regiones, como los Llanos Orientales de Colombia, al integrar diversas especies vegetales y promover interacciones ecológicas, favorecen la biodiversidad y la sostenibilidad de la ganadería, dichas prácticas permiten el desarrollo del sector sin comprometer el equilibrio ecológico ni la rentabilidad a largo plazo (Sánchez Parales, 2020).

Finalmente, estos sistemas integran la producción animal con diversas especies vegetales, como árboles maderables, industriales y forrajeros, así como plantas fijadoras de nitrógeno, es una combinación que mejora la productividad y sostenibilidad del sistema, con la asociación de leguminosas con gramíneas permite una ganadería más eficiente y rentable, reduciendo la dependencia de insumos externos, aunque su implementación varía según los recursos disponibles en cada finca. (Bermúdez & Araica, 2022).

3.2. Conservación de forrajes

Uno de los principales desafíos de la ganadería en Colombia es la producción estacional de forrajes, lo que dificulta la alimentación del ganado en épocas de lluvias intensas o sequías, para garantizar una oferta constante de alimento, se utilizan técnicas de conservación como la henificación, el ensilaje y la amonificación (Riveros-Cañas, 2020).

La aplicación de estas prácticas debe planificarse en función de las necesidades nutricionales del ganado, la disponibilidad de material vegetal y la infraestructura disponible, considerando además las condiciones climáticas de la región (Riveros-Cañas, 2020).

Los programas de conservación de forrajes pueden integrarse con distintos sistemas de producción ganadera, desde los extensivos hasta los intensivos y de confinamiento, incluyendo el silvopastoreo (Riveros-Cañas, 2020). Estos sistemas representan una alternativa económica y ecológica para mejorar la alimentación del ganado, aunque requieren una inversión inicial en maquinaria e infraestructura para su procesamiento y almacenamiento, pero lo anterior lo podemos costear por el rendimiento que se da en carne y leche que entraría a pagar esos costos gracias al manejo eficiente en los forrajes con técnicas sostenibles mejorando la rentabilidad de la finca a largo plazo (Sánchez Parales, 2020).

3.3. Utilización de bloques de urea – melaza

Algunas de las principales opciones de alimentación alternativa incluyen el uso de bloques nutricionales como los de urea-melaza y los multinutricionales, así como la incorporación de residuos orgánicos de origen animal, como la gallinaza y la porquinaza, donde

se pueden aprovechar subproductos de la industria alimentaria, suplementos minerales, compuestos microbianos y ruminales, así como diversos tipos de concentrados, entre otros insumos que contribuyen a mejorar la dieta del ganado y al mejorar la dieta del ganado vamos a obtener heces más frescas que ayudaran a la conservación de los suelos y evitando la contaminación de las fuentes hídricas (Hernández & Landaverri, 2022).

El uso de bloques de urea-melaza en la alimentación bovina proporciona un importante aporte de nitrógeno, especialmente en épocas de sequía, cuando los forrajes tienen menor contenido proteico, para una adecuada asimilación, la urea debe combinarse con una dieta rica en energía, como los forrajes, y con ingredientes que mejoren su palatabilidad, siendo la melaza una opción ideal por su bajo costo y fácil disponibilidad, esta suplementación puede integrarse en cualquier sistema de pastoreo o silvopastoreo, contribuyendo a mejorar la producción y la rentabilidad ganadera (Hernández & Landaverri, 2022).

Cuando los forrajes tienen niveles adecuados de proteína, la suplementación con urea no es esencial, pero la adición de melaza mejora la digestibilidad de los forrajes en el rumen. Un estudio de la FAO evaluó el efecto de dietas ricas en leguminosas suplementadas con diferentes cantidades de melaza (100, 200 y 300 gramos) mejoraba la eficiencia en la utilización del nitrógeno y la digestibilidad de los nutrientes, lo que se traduce en mayores ganancias en la ceba de bovinos en pastoreo (Hernández & Landaverri, 2022).

Otra forma de proporcionar la combinación de urea y melaza es mediante los bloques multinutricionales, los cuales incluyen además minerales esenciales como fósforo, calcio, azufre

y otros micronutrientes, estos bloques están formulados con proporciones equilibradas para satisfacer las necesidades nutricionales específicas del grupo de animales que recibirán la suplementación lo que permite una mejor digestión produciendo menos gases y fortaleciendo sus heces ya que son menos contaminantes y con propiedades que ayudan la fertilización de las plantas (Sánchez Parales, 2020).

En este sentido, los bloques multinutricionales a base de urea y melaza representan una herramienta innovadora y sostenible para mejorar el aporte proteico y energético de la dieta bovina, especialmente en épocas de escasez de forraje, práctica que ha sido reconocida por su bajo costo, facilidad de elaboración local y capacidad de reducir la presión sobre recursos naturales, ya que son suplementos sólidos compuestos por fuentes no convencionales de nitrógeno (urea), energía (melaza), minerales y aglutinantes naturales como la cal o el cemento agrícola, y se suministra al ganado en forma sólida, lo que permite una ingesta lenta y controlada, mejorando el aprovechamiento de pastos de baja calidad y la digestión de la fibra vegetal (Valle Moreno, et al., 2019).

Su funcionamiento se basa en estimular la actividad de la microbiota ruminal, lo cual incrementa la eficiencia en la degradación de forrajes fibrosos y residuos agroindustriales, permitiendo mantener o mejorar la producción animal sin necesidad de ampliar la frontera agrícola ni depender exclusivamente de concentrados comerciales (Pérez Castañeda, et al., 2023).

Disminuir las emisiones de metano entérico, es una de sus principales beneficios ya que

en estudios realizados por AGROSAVIA indican que el uso de bloques con urea mejora la fermentación ruminal y puede reducir hasta en 12 % las emisiones de metano en sistemas de doble propósito (Sánchez Parales, 2020).

Desde el punto de vista productivo, ganaderos del departamento del Magdalena reportaron un aumento del 20 % en la ganancia diaria de peso en terneros suplementados con bloques, además de una mejora en la condición corporal del hato en épocas de sequía, así mismo, se ha observado una mayor eficiencia reproductiva en hembras tratadas, con reducción en el intervalo entre partos y mejora en la tasa de concepción (Pérez Castañeda, et al., 2023).

El uso de bloques multinutricionales ha sido promovido en Colombia desde inicios de la década de 2000 por instituciones como el ICA, AGROSAVIA y programas de desarrollo rural como el Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (PGCS), donde actualmente, más de 1.200 fincas en regiones como el Piedemonte llanero, aplican esta estrategia con resultados exitosos, y se han establecido centros comunitarios de producción de bloques, donde los mismos productores elaboran el suplemento con insumos locales, reduciendo costos y fortaleciendo la autogestión (Valle Moreno, et al., 2019).

La utilización de bloques de urea–melaza se consolida como una práctica ganadera sostenible de alto impacto en Colombia, ya que tiene la capacidad para mejorar la eficiencia alimentaria, reducir la dependencia de insumos comerciales, mitigar el impacto ambiental y aprovechar recursos locales especialmente para pequeños y medianos productores (Sánchez Parales, 2020).

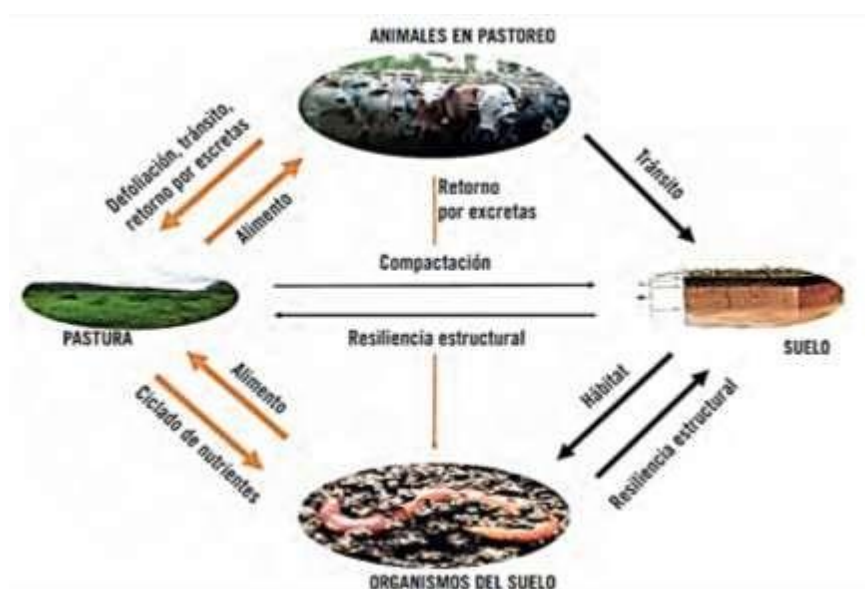
3.4. Pastoreo rotativo

El pastoreo rotativo es un sistema de manejo ganadero que consiste en fraccionar las hectáreas en diferentes partes medibles en parcelas y mover el hato de bovinos de una parcela a otra; de manera planificada, que conlleva una estrategia que permite que las áreas de pastoreo tengan períodos de descanso, promoviendo la regeneración de los pastos, mejorando las diferentes particularidades del suelo y optimizando el forraje (Sánchez Parales, 2020).

El pastoreo rotativo reduce la degradación, erosión y retención de agua de los suelos, lo que asiste a la supervivencia de los hábitats; al mejorar la eficacia de los patrimonios ambientales, se disminuye el uso de insumos fertilizantes y reduce los gases del efecto invernadero (Bermúdez & Araica, 2022).

Figura 4

Interacción del suelo cuando se hace sistema de pastoreo rotativo



Nota. La relación entre la superficie, vegetación y los bovinos en un sistema de pastoreo esencial para el equilibrio del ecosistema. (Bermúdez & Araica, 2022).

El pastoreo rotativo se ha consolidado como una de las principales estrategias de manejo sostenible en sistemas ganaderos, gracias a su capacidad para reducir el impacto ecológico, mejorar la salud del suelo y aumentar la eficiencia productiva, práctica que consiste en dividir los potreros en pequeñas parcelas y rotar periódicamente el ganado entre ellas, permitiendo que las áreas descansadas se regeneren antes de ser utilizadas nuevamente, es una técnica de bajo costo, de fácil aplicación y con beneficios comprobados, ha sido adoptada en diversos modelos de ganadería sostenible en Colombia (Sánchez Parales, 2020).

El funcionamiento del pastoreo rotativo se basa en tres principios fundamentales, en la división de potreros en franjas o parcelas (por lo general con cercas eléctricas), los períodos controlados de ocupación por el ganado, limitados a 1–3 días según la carga animal y el crecimiento del forraje, y finalmente los tiempos adecuados de descanso del forraje, que permiten la recuperación de la biomasa y las raíces antes de su siguiente uso (Bermúdez & Araica, 2022).

Este manejo busca evitar el sobrepastoreo, mejorar la distribución del estiércol, reducir la compactación del suelo y aumentar la biodiversidad vegetal, la implementación exitosa depende del tipo de suelo, clima, especie forrajera y planificación estratégica por parte del productor. (Giraldo Sánchez, 2020).

Dicha técnica reduce la erosión del suelo en un 60 %, gracias a la cobertura permanente del terreno, incrementa la infiltración de agua hasta en un 40 %, lo que mejora la retención hídrica del suelo, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que los pastos bien

manejados fijan más carbono en el suelo, mejoraran la biodiversidad de pasturas, al permitir el rebrote de especies nativas que son desplazadas en el pastoreo continuo y adicionalmente, la mejora en la calidad de los forrajes disponibles favorece una mayor ganancia de peso diario por animal, lo que reduce el tiempo hasta el sacrificio o el inicio de lactancia y, por ende, disminuye la huella ambiental por unidad de producto (Bermúdez & Araica, 2022).

El Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) ha liderado procesos de implementación de pastoreo rotativo en más de 400 fincas ganaderas del Caribe seco colombiano, obteniendo resultados notables, en estas fincas, el pastoreo rotativo ha permitido, aumentar la carga animal de 0.8 a 2.5 animales por hectárea, sin degradar el ecosistema, incrementar en un 35 % la producción de carne y leche por hectárea/año, en comparación con el pastoreo extensivo tradicional, reducir del uso de fertilizantes químicos, debido al mejor aprovechamiento del estiércol distribuido uniformemente en las parcelas (Giraldo Sánchez, 2020).

3.5. Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIP)

Para Macchia (2024), las estrategias biológicas, culturales, mecánicas y químicas relacionadas con la intervención de plagas y enfermedades, se basan con prevención, monitoreo y control mediante el uso de organismos benéficos es decir productos o acciones amigables al ambiente como lo es la rotación de cultivos, conducción beneficiosa hacia el suelo y la aplicación responsable de pesticidas.

Macchia (2024), en su artículo expresa que al manejar de manera técnica las plagas y

enfermedades en un sistema ganadero se contribuye la subsistencia de la biodiversidad, el descenso contaminante al suelo y el agua, y la disminución del riesgo en la humana y a los animales, ya que se promueve la resiliencia de los ecosistemas agrícolas al fortalecer el equilibrio natural entre plagas y sus depredadores, permitiendo una producción más eficiente y sostenible a largo plazo.

3.6. Manejo de los recursos hídricos

Los recursos hídricos son fundamentales en la agricultura y la ganadería sostenible, enfocada en la optimización del uso del agua para garantizar su disponibilidad a largo plazo, reducir el desperdicio y minimizar los impactos negativos en los ecosistemas, su funcionamiento se basa en tecnologías y prácticas como el riego generado por goteo, la captación y acopio de agua de lluvia, la reforestación de cuencas hidrográficas y el uso de cultivos y pasturas más resistentes a la sequía, un uso adecuado del agua contribuye a la conservación de fuentes hídricas, previene la degradación del suelo, reduce la erosión y protege la biodiversidad en ecosistemas acuáticos y terrestres (Murgueitio, et al., 2019).

El manejo eficiente del agua es un pilar fundamental en la construcción de sistemas ganaderos sostenibles, el agua no solo es esencial para la hidratación y bienestar del ganado, sino también para la producción de forrajes, el procesamiento de insumos y el mantenimiento de los ecosistemas donde se desarrolla la actividad ganadera, en Colombia, donde muchas regiones enfrentan periodos prolongados de sequía o lluvias intensas, implementar prácticas que optimicen el uso y conservación del recurso hídrico resulta prioritario (Quila, et al., 2024).

La ganadería convencional suele asociarse con altos niveles de consumo y contaminación del agua, la FAO (2021), se requieren aproximadamente 3.000 a 4.000 litros de agua para producir un solo litro de leche, y hasta 15.000 litros por kilogramo de carne bovina en sistemas ineficientes, consumo que puede verse reducido mediante estrategias sostenibles de manejo hídrico, lo que también contribuye a mitigar la degradación del suelo, la erosión y la pérdida de biodiversidad acuática.

En Colombia, estudios del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) reportan que el sector agropecuario representa más del 30 % de la demanda nacional de agua, siendo la ganadería una de las actividades de mayor consumo, sin un manejo adecuado, este uso intensivo del recurso hídrico puede llevar a la contaminación de fuentes superficiales y subterráneas con residuos orgánicos, sedimentos y productos químicos (De & Las Emisiones Forestales, 2020).

Entre las prácticas sostenibles más implementadas en Colombia destacan; la captación y almacenamiento de agua lluvia, con el uso de tanques, reservorios y canales permite asegurar el suministro de agua durante los periodos secos, en departamentos como Córdoba, Caquetá y Cesar, ganaderías que adoptaron estas prácticas han reportado una reducción de hasta el 40 % en el consumo de agua potable (Murgueitio et al., 2019).

Protección de fuentes hídricas, con la instalación de cercas vivas y zonas de amortiguamiento evita el acceso directo del ganado a ríos y quebradas, reduciendo la erosión de las riberas y la contaminación fecal, practica aplicada en conjunto con sistemas silvopastoriles en

más de 250 predios en la región del Magdalena Medio, donde mejoró la calidad del agua y permitió la regeneración de vegetación ribereña, ya que al integrar árboles, pasturas y animales, se logra una mayor retención de humedad en el suelo y una mejor infiltración del agua, disminuyendo la necesidad de riego donde en fincas con sistemas silvopastoriles utilizan 25 % menos agua en comparación con pasturas convencionales (Quila, et al., 2024).

Las tecnologías de monitoreo hídrico, son herramientas digitales como sensores de humedad del suelo y estaciones meteorológicas permiten a los productores ajustar el riego y prevenir pérdidas por exceso o déficit hídrico, la implementación de buenas prácticas en el manejo del agua genera impactos positivos directos en la sostenibilidad del sistema ganadero reduciendo la presión sobre fuentes hídricas, mejorando la eficiencia de producción y el bienestar animal que contribuye a la conservación de ecosistemas clave como microcuencas, humedales y bosques disminuyendo la emisión de GEI asociada a la degradación de suelos y a la fermentación anaerobia en cuerpos de agua contaminados. La adopción de tecnologías de captación, conservación y uso eficiente del agua, respaldada por evidencia nacional, demuestra que es posible avanzar hacia sistemas ganaderos resilientes, sostenibles y adaptados al cambio climático (Murgueitio, et al., 2019).

3.7. Mejoras genéticas

En la ganadería consisten en la selección y cruce de individuos con características deseables para optimizar la productividad, la resistencia a enfermedades y la adaptación a diferentes condiciones ambientales, proceso que puede realizarse mediante selección natural asistida por el ser humano, biotecnología o técnicas avanzadas como la edición genética y la

inseminación artificial, la mejora genética permite reducir el impacto ecológico de la producción agropecuaria al hacer un uso más eficiente de los recursos, ya que en la ganadería, animales más eficientes convierten mejor el alimento en carne o leche, disminuyendo la cantidad de insumos requeridos y reduciendo las emisiones contaminantes, enfermedades y plagas (Macanchi Morales & Marcalla Yupa, 2023).

La mejora genética en la ganadería representa una de las estrategias más efectivas para avanzar hacia sistemas productivos sostenibles, al permitir la selección de animales con características superiores en productividad, resistencia a enfermedades, eficiencia alimenticia y adaptación al entorno, a través de herramientas biotecnológicas como la inseminación artificial, la selección genómica y, más recientemente, la edición genética, es posible incrementar el rendimiento de los hatos, reducir el uso de insumos y minimizar la huella ambiental de la actividad pecuaria (Gallegos, 2021).

La sostenibilidad en la ganadería no se limita al uso eficiente de recursos naturales, sino que también incluye la eficiencia biológica del animal, un bovino con mayor conversión alimenticia, es decir, que produce más carne o leche con menos alimentos requiere menos tierra, agua y energía para su desarrollo, esto contribuye directamente a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por unidad de producto generado (Cataldo Arriagada, 2022).

Estudios recientes demuestran que la mejora genética puede reducir hasta en un 30 % las emisiones de metano por litro de leche producida, en Colombia, la inseminación artificial es una técnica ampliamente implementada en los sistemas de mediana y gran escala, de acuerdo con el

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en 2023 se reportaron más de 2 millones de dosis de semen bovino distribuidas en el país, lo cual refleja un aumento del 12 % respecto al año anterior, particularmente en programas de mejoramiento de razas lecheras como Holstein y Jersey, y razas de doble propósito como Gyr y Girolando (FAO, 2021).

Por otro lado, la transferencia de embriones y la evaluación genética por ADN son prácticas en expansión, especialmente en el sector ganadero especializado, empresas como AGROSAVIA han desarrollado programas de selección genómica para identificar animales con mayor resistencia a enfermedades tropicales, como la babesiosis y la anaplasmosis, frecuentes en regiones cálidas del país. Investigaciones recientes lideradas por universidades como la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Antioquia han explorado la edición genética mediante CRISPR-Cas9, con resultados prometedores en la identificación de genes asociados a resistencia térmica, productividad lechera y menor producción de metano entérico (Sánchez Arévalo, 2022).

La adopción de mejoras genéticas ha mostrado beneficios tanto en términos ambientales como económicos, el mismo autor Acevedo & Yenireth (2022), en sus estudios concluyó que los animales genéticamente mejorados producen hasta 25 % más leche y consumen 20 % menos alimento, lo que se traduce en una menor presión sobre los recursos naturales. El ICA indica que los hatos que aplican biotecnología reproductiva presentan una mayor eficiencia reproductiva, con intervalos entre partos reducidos en hasta 60 días, lo que incrementa la rentabilidad de las fincas ganaderas (Acevedo & Yenireth 2022).

Pese a los avances, la adopción de estas tecnologías enfrenta limitaciones como el alto costo de implementación, la falta de capacitación técnica y el desconocimiento sobre sus beneficios a largo plazo por parte de pequeños y medianos productores, es necesario ampliar los programas de extensión rural, financiamiento e investigación aplicada, que permitan transferir estas tecnologías al campo de manera efectiva y equitativa (Gallegos, 2021).

La mejora genética, impulsada por biotecnologías como la inseminación artificial y la edición genómica, se consolida como una práctica sostenible de alto impacto en la ganadería colombiana, su capacidad para mejorar la eficiencia productiva, reducir el impacto ecológico y adaptarse a condiciones climáticas adversas la posiciona como una herramienta estratégica en la transición hacia una ganadería más rentable y ambientalmente responsable, su fortalecimiento dependerá del acceso a tecnología, la formación de los productores y el respaldo de políticas públicas enfocadas en innovación sostenible (Macanchi Morales & Marcalla Yupa, 2023).

Capítulo 4. Desafíos que trascienden del patrocinio de diestras sostenibles en la ganadería colombiana.

4.1. Limitaciones por el entorno

Para Williams, et al. (2020), este limitante incluye factores como la inestabilidad de la política macroeconómica, las barreras sanitarias y paraarancelarias que restringen el comercio de productos ganaderos, y las políticas económicas nacionales que afectan la competitividad del sector, a esto se le suman desafíos como la crisis de rentabilidad en el agro, la falta de infraestructura agroindustrial en diversas regiones, la limitada integración con la cadena agroalimentaria, el bajo poder adquisitivo de la población y el impacto del conflicto armado.

Estos factores, en conjunto, dificultan la modernización y expansión sostenible de la ganadería, limitando el mercado compatible nacional e internacional en relación a su trazabilidad de alimentos ya que son ganaderías sin estrategias sostenibles lo que no es factible para empresas que manejan una línea con el medio ambiente (Rozo, et al., 2021).

Para superar estas barreras, es fundamental implementar estrategias que fortalezcan la infraestructura, mejoren la articulación con otros sectores productivos y fomenten políticas que favorezcan el crecimiento del sector ganadero (Rozo, et al., 2021).

Noguera-Talavera, et al. (2019), contextualizan que la falta de infraestructura agroindustrial y la baja rentabilidad del sector pueden llevar a prácticas insostenibles, como el sobrepastoreo y la deforestación para ampliar áreas de producción, lo que degrada los suelos y reduce la biodiversidad, lo que puede traer dificultades a la hora de implementar prácticas agroecológicas,

como las barreras sanitarias y comerciales que limitan el acceso a mercados más exigentes en sostenibilidad, desincentivando la adopción de prácticas rotacionales en los cultivos, fertilizantes orgánicos y el manejo eficiente del agua, lo que conlleva que la falta de integración con la red agroalimentaria y la crisis de rentabilidad obligan a los productores a depender de insumos externos (fertilizantes químicos, concentrados y medicamentos), lo que puede aumentar la contaminación.

Murgueitio, et al. (2019), en su artículo describe que el impacto del conflicto armado, es la inestabilidad para llegar a implementar o invertir en generar grandes extensiones en técnicas o prácticas sostenibles ya que actualmente se presentan el desplazamiento forzado afectan el acceso a tecnología y capacitación en ganadería sostenible, limitando la posibilidad de mejorar las prácticas de manejo ambientalmente responsables, lo que conlleva a que lo invertido pueda estar en riesgo.

Al contrario, Jiménez Ruíz, et al. (2019), definen que los procesos de adaptación de prácticas sostenibles se da por la falta de políticas de apoyo y financiamiento al pequeño productor, impidiendo la inversión en tecnologías de mitigación del cambio climático, como sistemas silvopastoriles o gestión eficiente del agua, lo que agrava los efectos negativos de la actividad ganadera sobre el ecosistema, el autor recomienda abordar estos desafíos mediante políticas públicas que fomenten la inversión en infraestructura, la capacitación en prácticas sostenibles y el acceso a mercados diferenciados que valoren la producción responsable con el medio ambiente.

Las restricciones externas que afectan la ganadería deben ser abordadas a través de soluciones que trasciendan el sector, requiriendo la colaboración con entidades gubernamentales y privadas a nivel local, nacional e incluso internacional, es decir establecer alianzas estratégicas con estos actores es fundamental para acceder a financiamiento, mejorar la infraestructura, facilitar el comercio y fortalecer las políticas públicas que incentiven la sostenibilidad y el crecimiento del sector ganadero, además, la capacitación y la transferencia de conocimiento juegan un papel clave en la transformación del sector, la educación continua de los productores, el acceso a innovación tecnológica y el fortalecimiento de redes de comercialización permiten mejorar la eficiencia de las unidades ganaderas y reducir su impacto ambiental (Murgueitio, et al., 2019).

4.2. Limitaciones al interior del sistema ganadero

Dentro del sector ganadero, existen múltiples desafíos internos que limitan su desarrollo de sostenibilidad y su competitividad, como principal son los problemas del predominio de modelos de producción extensiva y extractiva en pro al beneficio del medio ambiente, ya que actualmente estos se caracterizan por llevar un uso ineficiente de los recursos y una baja planificación estratégica, en muchos casos, los sistemas de producción carecen de estructuras bien definidas, lo que dificulta la implementación de tecnologías apropiadas y prácticas sostenibles (Hernández-Chávez, et al., 2020).

El manejo impropio de los recursos nativos es otro factor crítico; la sobreexplotación de los mismos, por el mal manejo de residuos orgánicos e inorgánicos, ocasionan huellas negativas para el ambiente y reducen la productividad a largo plazo, los bajos parámetros

productivos y reproductivos y la ineficiencia del alimento del ganado, lo que resulta en un bajo rendimiento, afectando la rentabilidad de las de los hatos ganaderos ya que no lleva y no se tiene claro la relación de bienestar animal y sostenibilidad ambiental en pasturas de calidad proteica (Gutiérrez-Bermúdez, et al., 2020).

Otro aspecto fundamental es la falta de planes de manejo y estrategias de sanidad preventiva, lo que incrementa las enfermedades en el ganado y los costos veterinarios, a esto se suman los altos costos de producción, la escasa inversión en tecnología y modernización, y la limitada capacidad empresarial de muchos ganaderos, lo que dificulta la competitividad del sector y que los terrenos sean pocos fértiles por el excesivo uso de fertilizantes lo que con lleva a una contaminación de vertederos (Gallardo, et al., 2019).

Para superar estos desafíos, es crucial la adopción de estrategias que mejoren la eficiencia productiva, promuevan la sostenibilidad con la implementación de buenas prácticas ganaderas, el uso de tecnología para optimizar la producción y la gestión de recursos, así como la modernización de la infraestructura, son pasos esenciales para lograr una ganadería más competitiva y sostenible en el largo plazo (Hernández-Chávez, et al., 2020).

Las prácticas sostenibles en la ganadería se ven afectadas de manera significativa por las limitaciones internas del sector, lo que dificulta la conservación de las riquezas naturales y el reajuste del impacto climático (Gallardo, et al., 2019). A continuación, se explican algunos de los principales efectos negativos.

Baldassini y Paruelo (2020), cuestiona la falta de interés o la poca perspectiva y conocimiento sobre las prácticas sostenibles en hatos ganaderos, donde al productor le hace falta integrarse en capacitaciones donde se motive al pequeño productor a mejorar la economía de mano con el medio ambiente ya que si no se hace se presentara una producción extensiva-extractiva y el manejo inadecuado del suelo provocan erosión, pérdida de fertilidad y compactación del terreno, junto con el uso excesivo o mal gestionado del agua genera sobreexplotación de fuentes hídricas, afectando la disponibilidad del recurso para otros usos y ecosistemas, y finalmente la contaminación por residuos orgánicos e inorgánicos (estiércol mal manejado, plásticos, agroquímicos) impacta negativamente la calidad del suelo y los cuerpos de agua.

Es limitante no conocer como productores que ocasiona la pérdida de la deficiencia en la biodiversidad, ya que la sobreexplotación de áreas de pastoreo sin una adecuada rotación puede llevar a la desertificación y a la disminución de especies vegetales nativas, junto con la selección inadecuada de especies ganaderas pueden generar desequilibrios ecológicos (Jiménez Ruíz, et al., 2019).

Gutiérrez-Bermúdez, et al. (2020), en su artículo habla que la gran pérdida del interés del ganadero son las GEI, ya que en la ganadería, especialmente la producción bovina, es fuente de metano (CH_4), gas con un alto potencial de calentamiento global y se da por la ineficiencia en los sistemas de alimentación y el bajo rendimiento productivo por animal que aumentan la huella de carbono y la falta de planes de manejo de estiércol impide su aprovechamiento como biofertilizante o biogás, lo que contribuye a la emisión descontrolada de gases contaminantes.

Las limitaciones internas, aquellas directamente relacionadas con la gestión y operatividad de los sistemas ganaderos, deben resolverse mediante estrategias que impulsen la productividad y competitividad, mediante la optimización de procesos de producción, tecnologías, prácticas sostenibles, ganadería regenerativa y la diversificación de productos para aumentar la resiliencia económica (Jiménez Ruíz, et a., 2019).

Capítulo 5. Tecnologías para la transformación ganadería eficiente y sostenible

5.1. Agro 4.0 ganadería de precisión

La ganadería ha sido un pilar económico clave, pero actualmente enfrenta una transformación impulsada por la era digital, las tecnologías como el internet de las cosas (IoT) y la ciencia de datos están revolucionando el sector, mejorando la producción y sostenibilidad, especialmente en país desarrollados; diversos estudios destacan que la Ciencia de Datos es crucial en el Agro 4.0, ya que permite aprovechar la información generada en la ganadería para optimizar procesos, reducir costos y hacer la actividad más eficiente y competitiva en la región que finalmente ayudan a controlar recursos en pro al medio ambiente es decir optimiza acciones; la aplicación datos inteligentes en la ganadería de precisión representan estrategias efectivas para resolver diversos desafíos y ofrecer importantes ventajas en los ámbitos económico, social y ambiental (Aranda, et al., 2021).

Figura 5

Proceso aplicado en el desarrollo de tecnología de datos en ganadería sostenible



Nota. Los principales 4 procesos de recopilación para datos con base a la tecnología de precisión ganadera. (Aranda, et al., 2021).

5.1.1. Mejora en la productividad ganadera

En los sistemas de producción extensiva, es común enfrentar desafíos relacionados con la falta de rendimiento; la implementación de tecnologías inteligentes permiten una gestión más eficientes con el pasto, agua y alimento, a través del monitoreo en tiempo real, el análisis predictivo y la optimización de la alimentación, lo que logra incrementar la producción de hatos dedicados a la venta de carne y la comercialización de leche, lo que esta tecnología facilita la detección temprana de enfermedades y la mejora en la selección genética, contribuyendo a una ganadería más rentable y sostenible (Lachman, et al., 2023).

5.1.2. Gestión sostenible del medio ambiente

En regiones donde el agua y el forraje, es limitado, un monitoreo continuo y una gestión eficiente de estos recursos, optimizan su distribución y reduce desperdicios; facilitando la identificación de patrones climáticos y la planificación de medidas adaptativas ante sequías u otros eventos extremos, al minimizar el impacto ambiental de la actividad ganadera, lo que se sufraga a la supervivencia de los ecosistemas locales y a la moderación del cambio climático, promoviendo un equilibrio entre productividad y sostenibilidad a largo plazo (Lazarte, et al., 2022).

5.1.3. Bienestar animal

El uso de sensores inteligentes y módulos de monitoreo permiten revelar de manera temprana signos de enfermedades, laceres y estrés en los animales, facilitando una intervención rápida y efectiva, con la compilación y estudios de reseñas en tiempo existente ayuda a optimizar

las condiciones de alimentación, confort y manejo del ganado, reduciendo la mortalidad y mejorando su calidad de vida, como resultado, no solo se minimizan las pérdidas económicas, sino que también se incrementa la eficiencia productiva (Areandina, 2019).

Figura 6

Prototipo de collares inteligentes



Nota. Sensores de posicionamiento satelital, que arrojan datos de posicionamiento, temperatura y humedad. (Areandina, 2019).

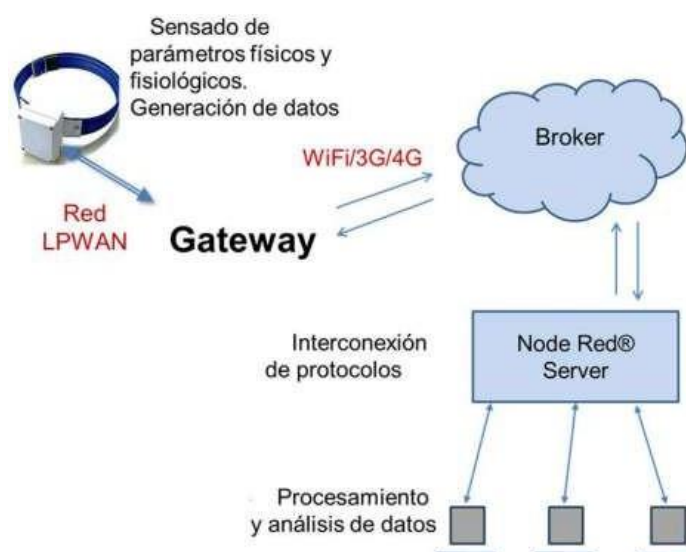
5.1.4. Optimización de la ocupación de disposiciones

La toma de decisiones en hatos ganaderos se fundamenta por datos claves para mejorar la rentabilidad del sistema, en la actualidad existen herramientas avanzadas para analizar información en tiempo real sobre la salud del ganado, las condiciones climáticas, las propiedades del suelo y la disponibilidad de patrimonios, al integrar estos datos en modelos predictivos, los

productores pueden anticipar problemas, ajustar estrategias de alimentación y reproducción, y optimizar el uso de insumos, esto no solo mejora la productividad y sostenibilidad del sistema, sino que también reduce costos operativos y permite una planificación más precisa. (BID, 2019).

Figura 7

Esquema de la representación funcional del sistema de collares con sensores



Nota. Se muestra como es el paso a paso del viaje de datos desde un sensor collar inteligente en bovinos, hasta la base de datos en computadores para su posterior análisis. (BID, 2019).

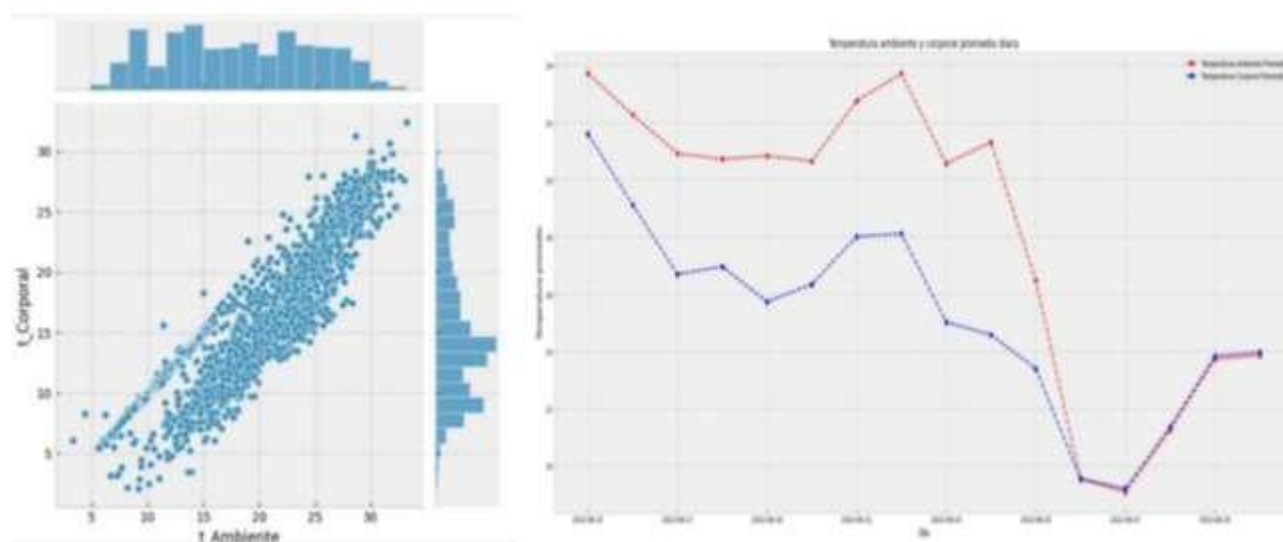
5.1.5. Mayor talento en el mercado

La asociación con tecnologías innovadoras, fortalece la posición inteligente de los productores, al optimizar la producción y garantizar altos estándares de calidad, los ganaderos pueden ofrecer carne y productos lácteos con mejor trazabilidad, cumpliendo con normativas sanitarias y certificaciones que agregan valor a sus productos; permitiéndoles un análisis de datos para anticipar tendencias de consumo y ajustar la oferta; esto no solo abre nuevas

oportunidades comerciales a nivel nacional e internacional, sino que también fomenta relaciones comerciales más sólidas y rentables, en un mundo donde la alta demanda son productos que sean amigables con el medio ambiente (Capsa vida, 2021).

Figura 8

Datos de patrones para toma de decisiones mediante sensores



Nota. Relacion de temperatura del animal y el ambiente (primer grafico), promedio diario de toma de temperatura (segundo grafico). (Capsa vida, 2021).

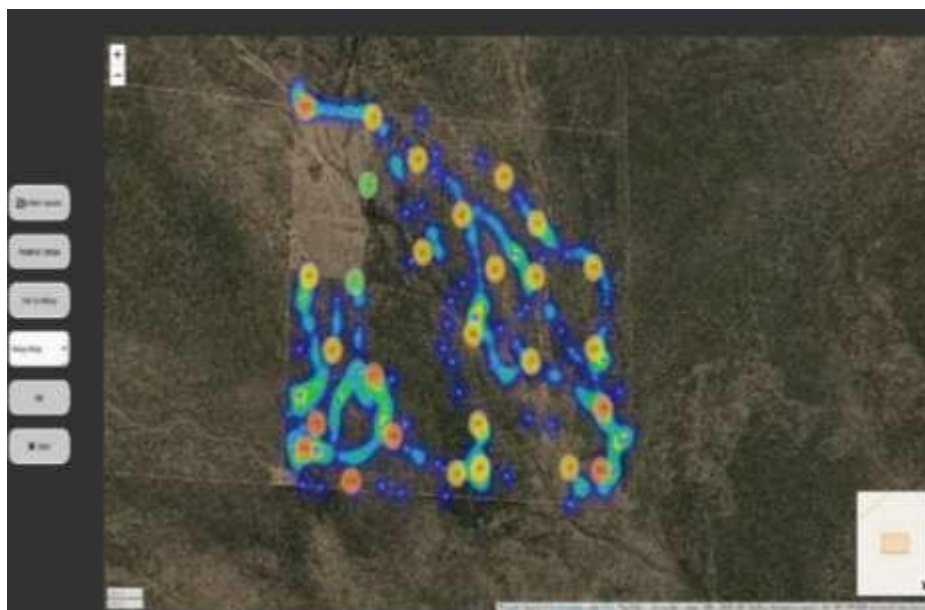
5.1.6. Fomento de la invención y el avance tecnológico

Un ecosistema de innovación y avance tecnológico en Colombia, fomenta la colaboración entre universidades, sedes de investigación y compañías del sector agropecuario, promoviendo una generación con nuevos conocimientos, metodologías y soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades locales, además, este desarrollo tecnológico crea oportunidades para el crecimiento de startups agro-tecnológicas, incentiva la inversión en el sector y genera nuevos empleos en áreas de estudio de datos, automatismo y inteligencia artificial aplicada a la

ganadería, y como resultado, se fortalece la competitividad del país en el ámbito agropecuario, garantizando un crecimiento sostenible y alineado con las tendencias globales de digitalización (Club ganadero, 2023).

Figura 9

Sistema de información para toma de decisiones



Nota. Los tonos más vivos señalan las áreas donde los animales han transitado con mayor frecuencia o han permanecido por más tiempo. (Capsa vida, 2021).

Lo anterior descrito se puede obtener mediante sensores o collares que nos permitan recolectar esa información para toma de decisiones, como ejemplo los collares junto con los mapas de calor son herramientas clave en la ganadería, ya que permiten optimizar la gestión del ganado y mejorar su bienestar a través del análisis de datos, donde facilitan el monitoreo del pastoreo, evitando el sobrepastoreo y asegurando una distribución equitativa de los recursos, contribuyendo en el uso eficaz del pastizal, identificación de estándares alimenticios y mejorar la

gestión de parcelas, nos permite detección temprana de problemas de salud, al identificar comportamientos inusuales en los animales, como es el seguimiento de la reproducción, ya que nos ayuda a detectar patrones de apareamiento e igualmente la prevención de pérdidas del becerro o de los animales como también permitiendo ubicar animales extraviados o fuera del área delimitada, lo que nos va a ayudar a la planificación de instalaciones, identificando las zonas más frecuentadas, con menos arborización y obtener así una mejor ubicación de infraestructura y bienestar animal y finalmente, contribuyen al cumplimiento normativo, asegurando por datos en el respeto a las regulaciones sobre la densidad de ganado, todo en conjunto, optimizan los hatos ganaderos, mejoran la sostenibilidad y garantizan el bienestar del ganado (Gattani, et al., 2019).

6. Consideraciones relevantes

6.1. Cooperativa “Las Cañadas”

La cooperativa "Las Cañadas", ubicada en Huatusco, Veracruz, está conformada por 22 socios que producen diversos alimentos para el autoconsumo, su transición agroecológica comenzó en 1995 con el cambio de raza bovina y la restauración ecológica de su territorio, dividiéndolo en restauración activa (siembra de 50,000 árboles endémicos) y restauración pasiva (dejando 160 ha sin intervención humana) (Romero-González, 2018).

En 2006, la cooperativa se consolidó con una estructura democrática de toma de decisiones, y en 2010 implementaron el método silvopastoril y el llamado silvopastoreo racional voisin (SPRV), excluyendo agroquímicos y utilizando métodos alternativos para la sanidad animal. Legalmente constituida, la cooperativa genera 28 empleos permanentes, produce el 80 % de su alimento y es una importante sede de instrucción en agroecología en México (Romero-González, 2018).

6.2. Ganadería La Luna

Ganadería la luna, ubicada en Jilotepec, Veracruz, es una experiencia exitosa de innovación ganadera sostenible, anteriormente dedicada a la caña y café, por ende suelos residían mancillados y espesados, con baja biodiversidad, en 2014, dejaron de utilizar agroquímicos, herbicidas e ivermectinas, actualmente, crían ganado Pardo Suizo bajo principios agroecológicos como el Silvopastoreo Racional Voisin (SPRV) (Caraza, 2018). Se han convertido los potreros en praderas mixtas con especies nativas y se han implementado corredores biológicos en zonas riparias, protegiendo riachuelos con cercas y postes vivos, en 2016, obtuvieron el certificado

APC, y para 2018 se volvió biodiversa, incorporando vegetación y árboles (Caraza, 2018).

6.3. Loma Bonita

Loma Bonita, ubicada en Veracruz, ha transitado hacia una ganadería sostenible ya que inicialmente, en 1986, utilizaba maquinaria y agroquímicos que deterioraron los recursos naturales, en 2008, al identificar problemas como deforestación, erosión del suelo y baja rentabilidad, decidieron cambiar su modelo productivo (Del Ángel, 2018).

Entre sus principales acciones destacan la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP) con *Leucaena leucocephala*, el Silvopastoreo Racional Voisin (SPRV), la reducción de agroquímicos y la reforestación de 30 ha, gracias a estas prácticas, la carga animal aumentó progresivamente hasta 1.70 UGM en 2017, logrando producir en leche 1,442 L y en producción de carne de 92 kg por hectárea, junto con la regeneración del suelo ha permitido la recuperación de especies benéficas como escarabajos estercoleros y lombrices, favoreciendo la sostenibilidad del ecosistema, la transición agroecológica, resiliencia del sistema y asegurando bienestar animal, aunque los periodos de sequía siguen siendo un reto (Del Ángel, 2018).

6.4. Hacienda “Hereafter the Farm”

Resare Sahlin, et al. (2022), describen la hacienda “Hereafter the Farm”, ubicada en Suecia, donde se especializa en la producción de carne de bovinos y cultivos, antes de su innovación agroecológica, operaba a gran sucesión, alimentando con piensos comprados a un número total de 1,200 y lo ajustada con ensilaje, empleando grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas químicos, para el 2017, su actividad ganadera generaba CO₂e, en 6.20 millones de kg

cantidad que se comprimió en 2020 a 1.90 millones de kg.

La conversión agroecológica comenzó en 2018, descartando la adquisición de terneros y estableciendo un sistema basado en vacas alimentadas con pastos y ensilaje producidos internamente, mediante la rotación de cultivos y fertilizantes orgánicos, como resultado, un incremento del 43 % al 66 % en la biodiversidad la finca, del 59 % al 84 % para el bienestar animal y del 34 % al 83 % calidad en la producción de leche. También se eliminaron plaguicidas, permitiendo certificación orgánica, lo que atrajo a más clientes interesados en productos de alta calidad, lo que redujo en un 400 kg N/ ha el uso de fertilizantes nitrogenados, y por último el 70 % el impacto climático (Resare Sahlin, et al., 2022).

En 2019, la hacienda fue elegida para participar en el proyecto UNISECO lo que permitió acelerar la transición hacia un sistema más sostenible, reduciendo la dependencia de insumos externos y fortaleciendo la relación entre compradores y vendedores, en 2020, se realizaron cambios significativos en el prototipo y cuantía de insumos utilizados, criando 350 novillas en pasturas seminaturales y ensilaje (Resare Sahlin, et al., 2022).

Aunque el sistema disminuyó, se redujeron los costos operativos y el personal, mientras que la demanda del producto creció, duplicando el número de compradores, la estrategia "menos carne, pero de mejor calidad" implementada en el país de Suecia ha sido clave para promover el concepto de carne sostenible (Resare Sahlin, et al., 2022).

La transición agroecológica de la unidad se basa en el uso eficiente de recursos locales y

una gestión más integrada, sin embargo, es crucial en el sistema ajustar la carga animal en función de la disponibilidad de pastos naturales (Resare Sahlin, et al., 2022).

Para las anteriores estrategias de implementación de prácticas sostenibles en la ganadería de los autores Utter, et al. (2021), Destacan que las habilidades agroecológicas son internacionales y flexibles, lo que permite su adaptación en un hato bovino para avanzar hacia producciones más sostenibles, estos compendios consiguen aplicarse en distintas franjas climáticas es decir tanto templadas como tropicales, y ayudar a oprimir el impacto ambiental de la ganadería.

Wilkes (2022), mide una maniobra clave que logra sostenibilidad y es la aplicación de principios agroecológicos en función de los patrimonios disponibles en distintas dimensiones (climáticas, financieras, sociocultural y políticas), lo que permite ajustar la marca de las prácticas agroecológicas de forma gradual y medible a lo largo del tiempo, determinando así su nivel de sostenibilidad, es decir con principios como el manejo orgánico del suelo y la variación de cultivos.

Nicholls, et al. (2020), en su estudio evalúa que la dificultad civilizatoria ha impactado directamente recursos proteicos brindados por los bovinos leche y carne, lo que lleva a productores a cambiar su enfoque hacia métodos más sostenibles, las iniciativas analizadas muestran que su principal objetivo es mantener la producción con el menor uso de insumos, reduciendo su impacto ambiental y fomentando la colaboración e intercambio de conocimiento, es decir que en estas transiciones, se ha observado una aplicación significativa de principios

agroecológicos, destacando la reducción de agroquímicos, el perfeccionamiento en los sistemas de pastos y la reconstrucción ecológica, el rediseño de módulos de producción, considerando corredores biológicos y el uso de especies locales, que ha sido clave en sistemas que se dan la oportunidad de mejorar un sistema ganadero convencional a uno sostenible.

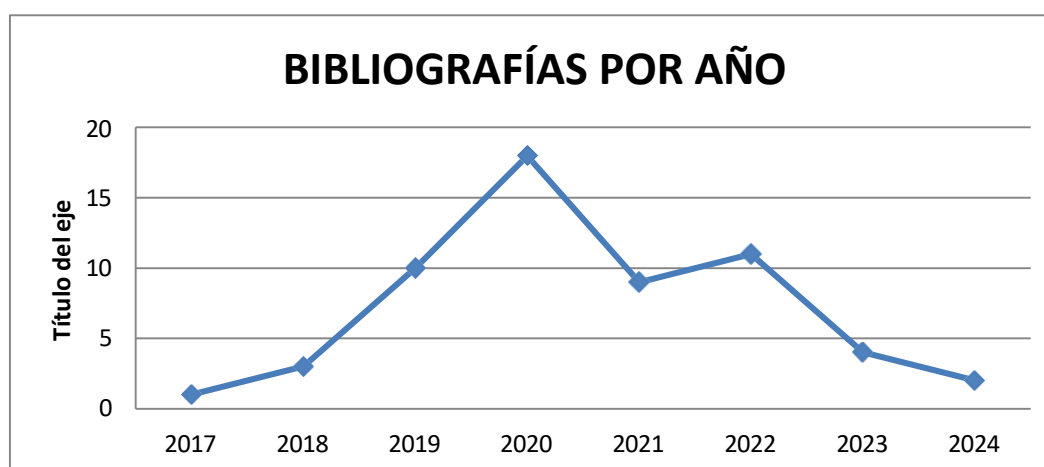
Otro factor fundamental ha sido la estudiado por Alexandre, et al. (2021), es el vínculo de productores e licenciados, junto con una ordenación eficiente para la programación y exposición, esta integración ha marcado la diferencia en comparación con otros enfoques de sostenibilidad, que el éxito en la diligencia de estas diestras depende en gran disposición de la motivación y empoderamiento de los trabajadores, con la estrategia de difundir y expandir las técnicas y puntos clave de la sostenibilidad en sistemas bovinos, ya que ha demostrado ser una estrategia eficaz para enfrentar los desafíos en la producción de alimentos.

7. Resultados

Como resultado del proceso de revisión bibliográfica, se identificaron 58 referencias científicas utilizadas en la elaboración de esta monografía, priorizando fuentes actuales y de alto rigor académico. La mayor concentración de citas corresponde al año 2020, lo que evidencia un enfoque actualizado sobre el tema de la ganadería sostenible. Además, se destacan como años clave de referencia los años 2017 y 2023, por su aporte significativo en fundamentos teóricos y avances recientes (*ver Figura 10*).

Figura 10

Numero de citas bibliográficas por año

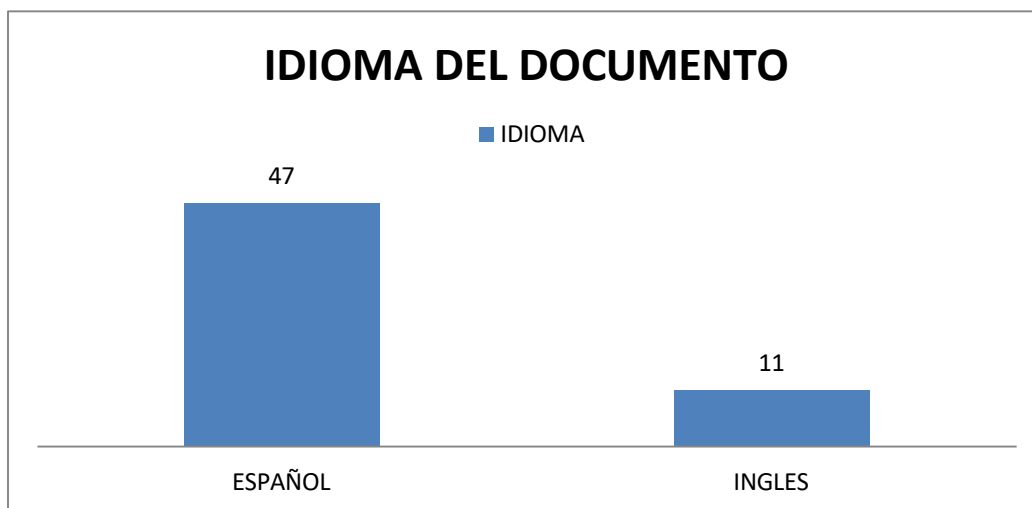


Nota. Se recopilaron un total de 58 citas bibliográficas, en su mayoría correspondientes al periodo 2020, con una referencia destacada del año 2017.

En cuanto al idioma de las fuentes, 47 documentos fueron consultados en español y 11 en inglés, posicionando al inglés como el segundo idioma más utilizado. No se incorporaron fuentes en otros idiomas, lo cual se refleja en la distribución presentada en la *Figura 11*.

Figura 11

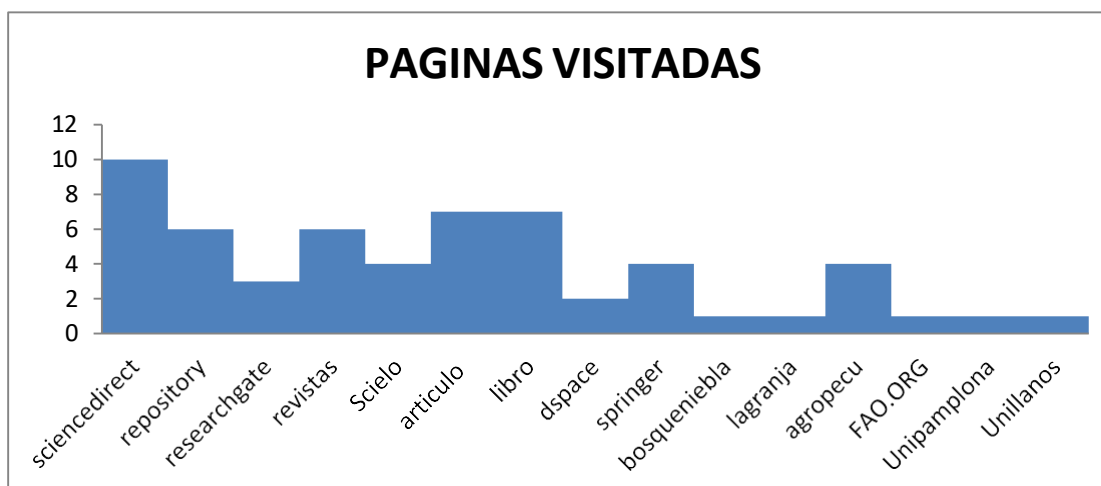
Numero de referentes bibliográficos buscados en Idioma español-ingles



Nota. En la monografía se incluyeron referencias en inglés y español, con un total de 11 fuentes en inglés y 47 en español.

Figura 12

Número de páginas visitas



Nota. Se utilizaron 15 páginas como fuentes de información, siendo ScienceDirect la más consultada, junto con diversos artículos.

La información fue recolectada mediante 15 fuentes principales de búsqueda, entre bases de datos académicas, portales especializados y repositorios universitarios, como se detalla en la *Figura 12*. La selección se centró en publicaciones relacionadas con sostenibilidad ganadera, tecnologías de manejo, sistemas silvopastoriles y adaptación al cambio climático, con énfasis en artículos científicos recientes y literatura especializada en el contexto colombiano y latinoamericano.

Estos resultados confirman la validez y actualidad de los insumos teóricos utilizados, garantizando un respaldo sólido para el análisis y las propuestas desarrolladas a lo largo de esta monografía.

Conclusiones

La presente monografía permitió identificar que la ganadería colombiana cuenta con un conjunto amplio de prácticas sostenibles que, si bien son eficaces en términos productivos, aún enfrentan barreras significativas para su adopción a gran escala. Prácticas como los sistemas silvopastoriles, el pastoreo rotativo, el uso eficiente del agua, la mejora genética y la aplicación de tecnologías digitales ha demostrado mejorar la productividad, reducir el impacto ambiental y fomentar el bienestar animal.

Sin embargo, la implementación de estas estrategias está limitada por factores estructurales como la falta de acceso a tecnologías, escasa capacitación, debilidad en la infraestructura rural, y ausencia de incentivos económicos o normativos para el productor. Además, persiste una brecha importante entre la investigación científica y su aplicación práctica en el campo, especialmente en pequeños y medianos productores.

Por lo tanto, se concluye que para avanzar hacia una ganadería sostenible en Colombia se requiere un enfoque multisectorial que combine innovación tecnológica, formación continua, políticas públicas coherentes y participación activa de los productores, solo así se podrá garantizar la sostenibilidad ambiental, social y económica del sector ganadero a largo plazo.

Referencias

- Acevedo, C., & Yenireth, E. (2022). Evaluación de dos protocolos de sincronización de celo con dos sales de estradiol, en vacas de carne de la finca “La Ceiba” ubicada en el corregimiento de Agua Clara-Norte de Santander.
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/7401>
- Aguilar-Jiménez, J. R., Nahed-Toral, J., Parra-Vázquez, M. R., Guevara-Hernández, F., & Pat-Fernández, L. A. (2019). Adaptability of cattle-raising to multiple stressors in the dry tropics of Chiapas, Mexico. *Sustainability*, 11(7), 1955. <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/7/1955>
- Alexandre, G., Rodriguez, L., Arece, J., Delgadillo, J., Garcia, G. W., Habermeier, K., ... & Archimède, H. (2021). Agroecological practices to support tropical livestock farming systems: a Caribbean and Latin American perspective. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-13. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-020-02537-7>
- Aranda M.; Beltramini P.; Cano J.E.; Villagrán L. D.; Moreno J. P.; Gallina S. H.; Herrera Conegliano O (2021).. “IoT aplicado a la ganadería extensiva” *Revista Argentina de Ingeniería (Radi)*, Argentina, Mayo 2021,. 9(17):106-113. Disponible en:
<https://confedi.org.ar/iot-aplicado-a-la-ganaderia-extensiva/>.
- Areandina (2019). Tecnología en Producción de Ganadería Sostenible. (en línea). Consultado 4 mar 2024. Disponible en. <https://www.areandina.edu.co/tecnologia/virtual/produccion-de-ganaderiasostenible>.
- Baldassini, P. y Paruelo, J. M. (2020). Sistemas agrícolas y silvopastoriles en el Chaco Semiárido. Impacto sobre la productividad primaria. *Ecología Austral*, 30(1), 45-62.
<https://doi.org/10.25260/EA.20.30.1.0.961>

Bermúdez, C. D. C. G., & Araica, B. G. M. (2022). Sistemas silvopastoriles: una alternativa para la ganadería bovina sostenible. *La Calera*, 22(38), 46-52.

<https://camjol.info/index.php/CALERA/article/view/14193>

BID, (2019). Ganadería sostenible: el reto de disminuir la contaminación aumentando la productividad.(en línea, blog).Consultado 4 mar 2024.Disponible.

<https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/ganaderia-sostenible-el-reto-dedisminuir-la-contaminacion-aumentando-la-productividad/>

Cadavid, Z., & BE, S. T. (2020). Sistemas silvopastoriles: Aspectos teóricos y prácticos.

http://cipav.org.co/sdm_downloads/sistemas-silvopastoriles-aspectos-teoricos-y-practicos/

Cammarata, M., Timpanaro, G. y Scuderi, A. (2021). Evaluación de la sostenibilidad de la ganadería ecológica en Sicilia: Un estudio de caso utilizando el marco FAO SAFA.

Agricultura , 11 (3), 274. <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/3/274>

Capsa vida (2021) ¿Qué papel juega el uso de la tecnología en la ganadería?.(en línea,

blog).Consultado 4 mar 2024.Disponible. <https://capsavida.com/blog/uso-tecnologia-ganaderia/>.

Caraza, S. L. (2018). Sistema racional con silvopastoreo: Ganadería La Luna, un enfoque

práctico. *Ganadería Sustentable en el Golfo de México*. 1ª ed. México: Editorial del

Instituto de Ecología AC, 319-338. https://www.researchgate.net/profile/Miguel_Rubio-Godoy/publication/329573883_Introduccion/links/5c102ef54585157ac1bba268/Introduccion.pdf

Cardoso, ADS, Barbero, RP, Romanzini, EP, Teobaldo, RW, Ongaratto, F., Fernandes, MHMDR, ... y

Reis, RA (2020). Intensificación: Una estrategia clave para lograr una

- alta sostenibilidad animal y ambiental de la producción de ganado vacuno de carne en pastizales de *Brachiaria*. *Sustainability* , 12 (16), 6656. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6656>
- Cataldo Arriagada, M. R. (2022). El currículum como dispositivo para la formación temprana en investigación: el caso de la licenciatura en Ciencias Genómicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/5125/SSIT0018020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Club ganadero, (2023). 3 ejemplos de tecnologías en ganadería inteligente.(en línea, blog).Consultado.5 mar 2024.Disponible en. <https://www.clubganadero.com/ganaderia-inteligente/>
- DE, P. D. N. D. R., & Las Emisiones Forestales, P. D. (2020). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MINAMBIENTE Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales–IDEAM. https://redd.unfccc.int/media/18-08-2020_nref_colombia_v8.pdf
- Del Ángel, J. J. A. (2018). La historia de un ganadero en la zona norte del estado de Veracruz. *Ganadería sustentable en el Golfo de México*. 1ª ed. México: Editorial del Instituto de Ecología AC, 339-343. https://cbs.izt.uam.mx/nacameh/volumenes/v13n2/Nacameh_v13n2p25_PerezCh_Lamot he.pdf
- FAOO, 2021, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. 2021. El papel de las cercas vivas en un sistema agropecuario en el Pidemonte Llanero. Colombia: Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación <http://www.fao.org/3/y4435s/y4435s05.htm>

- Ferreira, EL, Barros, RA y Bevilacqua, PD (2020). Mujeres que trabajan en la ganadería: un estudio en el contexto de la transición agroecológica. *Ciencia Rural* , 50 , e20190149. <https://www.scielo.br/j/cr/a/tPmTq95WnzyknWVGZFwJppq/?format=html&lang=en>
- Gallardo, C. A., Vargas, L. S., Bustamante, G. A., Nahed, T. J., Ramírez, B. E. y Casiano, V.M.A. (2019). Riesgos climáticos y modos de vida de las familias productoras de ganado bovino en la Costa Chica, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. (22), 169-178. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2650/1229>
- Gallegos, J. D. Z. (2021). Facultad de ciencias filosófico-teológicas (Doctoral dissertation, Université de Strasbourg). <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1953e167-e4d5-459c-ab00-485910895a51/content>
- Gattani, A., Singh, S.V., Agrawal, A., Khan, M.H. y Singh, P. (2019). Avances recientes en biosensores electroquímicos como diagnóstico inmediato en la salud del ganado. *Analytical Biochemistry* , 579 , 25-34. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003269719302477>
- Giraldo Sánchez, N. V. (2020). Indicadores de calidad del suelo para el monitoreo de la sostenibilidad de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPI) en la Ecorregión Cafetera, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77988>
- Gislon, G., Ferrero, F., Bava, L., Borreani, G., Dal Prà, A., Pacchioli, M. T., ... & Tabacco, E. (2020). Forage systems and sustainability of milk production: Feed efficiency, environmental impacts and soil carbon stocks. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121012. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620310593>

Gutiérrez-Bermúdez, C. C., Mendieta-Araica, B. G. y Noguera-Talavera, Á. J. (2020).

Composición trófica de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos en el Corredor Seco de Nicaragua. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 32-40.

<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2102>

Helliwell, R., Morris, C., & Raman, S. (2020). Antibiotic stewardship and its implications for agricultural animal-human relationships: Insights from an intensive dairy farm in England. *Journal of Rural Studies*, 78, 447-456.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016720300590>

Hernández, A. P., & Landaverry, G. A. B. (2022). Principales tecnologías para la alimentación de la ganadería en regiones tropicales para el desarrollo sostenible: Principais tecnologias para alimentação pecuária em regiões tropicais para o desenvolvimento sustentável. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(3), 3392-3407.

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/52653>

Hernández-Chávez, M. B., Ramírez-Suárez, W. M., Zurita-Rodríguez, A. A. y Boulandier, M. N. (2020). Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spiritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 43(1), 18-25.

<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2109>

Jackson, R. D. (2022). Grazed perennial grasslands can match current beef production while contributing to climate mitigation and adaptation. *Agricultural & Environmental Letters*, 7(1), e20059. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ael2.20059>

Jiménez Ruíz, E. R., Fonseca González, W. y Pazmiño Pesantez, L. (2019). Sistemas silvopastoriles y cambio climático: estimación y predicción de biomasa arbórea. *La*

Granja. Revista de Ciencias de la Vida, 29(1), 45-55.

<https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/29.2019.04/3132>

Jiménez, F. G., Alayón, G. J. A., Nahed-Toral, J., & Villanueva, L. G. (2020). Agroforestería y ganado: Una antigua y estratégica amistad. La jornada del Campo, 159, 3.

<https://www.ecosur.mx/agroforesteria-y-ganado-una-antigua-y-estrategica-amistad/>

Lachman, J., Braude, H., Monzón, J., López, S., & GómezRoca, S. (2023) “El potencial del agro 4.0 en Argentina, Diagnóstico y propuestas de políticas públicas para su promoción”.

Ministerio de Desarrollo Productivo, Argentina Productiva, 2030. Julio 2022. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/28_-

[agtech_argentina_productiva_2030.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/28_-agtech_argentina_productiva_2030.pdf)

Lazarte, I.M.; Beltramini, P.I.; Gallina, S.H.; Aranda, M.D.. (2022) “Hacia la implementación de un prototipo para la aplicación de IoT y Ciencia de Datos en la Actividad Agropecuaria Sostenible”. Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 2022. Libro. Artículo

Completo. Congreso. 10° CoNaIISI 2022. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay. <https://riaa->

[techno.unca.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1081/CONAIISI_2023_Ciencia%20de%20Datos%20aplicadas%20en%20la%20ganaderia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riaa-techno.unca.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1081/CONAIISI_2023_Ciencia%20de%20Datos%20aplicadas%20en%20la%20ganaderia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Macanchi Morales, J. E., & Marcalla Yupa, J. V. (2023). Selección de los animales en base a los caracteres de importancia económica en la producción de leche de bovinos acorde al objetivo de mejora genética en la parroquia de Guaytacama.

<https://repositorio.utc.edu.ec/items/5842df50-22ec-46d2-8788-6de19829f78a>

Macchia, G. (2024). Control biológico por conservación: conceptos clave, estrategias y avances para construir una agroecología sostenible. Revista de la Facultad de Agronomía, 123(1), 143-143. <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/14454>

Monterroso-Rivas, A. I., & López-Teloxa, L. C. (2022). La función de la agroforestería en la mitigación y adaptación al cambio climático en México. Tecnologías agroforestales para la adaptación y mitigación al cambio climático. Opciones y perspectivas. 1ª ed. México: Universidad de Colima, 16-20.

[http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Tecnologias-agroforestales-\[electronico\]_527.pdf](http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Tecnologias-agroforestales-[electronico]_527.pdf)

Moscoso, J. E., Franco, F., San Martín, F., Olazábal, J., Chino, L. B. y Pinares-Patiño, C. (2017). Producción de metano en vacunos al pastoreo suplementados con ensilado, concentrado y taninos en el Altiplano Peruano en época seca. Revista de investigaciones veterinarias del Perú, 28(4), 822-833.

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/13887>

Murgueitio, E., Chará, J., y Rivera, JE (2019). Desarrollo de la ganadería sostenible en sistemas silvopastoriles en América Latina. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas , 53 (1).

<http://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/861>

Nicholls, C. I., Altieri, M. A., Kobayashi, M., Tamura, N., McGreevy, S., & Hitaka, K. (2020). Assessing the agroecological status of a farm: a principle-based assessment tool for farmers. [http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2021/12/nicholls-agroeco-](http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2021/12/nicholls-agroeco-principles-methodology-1.pdf)

[principles-methodology-1.pdf](http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2021/12/nicholls-agroeco-principles-methodology-1.pdf)

Noguera-Talavera, Á., Salmerón, F. y Reyes-Sánchez, N. (2019). Bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Cuyo, 51(1), 273-293.

<https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/2451>

Oliva, M., Collazos, R., Vásquez, H., Rubio, H. y Maicelo, J. (2019). Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazonas. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 109-117.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.12>

Padel, S., Levidow, L., & Pearce, B. (2020). UK farmers' transition pathways towards agroecological farm redesign: evaluating explanatory models. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 44(2), 139-163.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21683565.2019.1631936>

Pérez Castañeda, O. E., Rodríguez Orbegozo, P. A., Rubiano Aparicio, M. A., & Aponte Forero, J. A. (2023). Alimentación en vacas lecheras mestizas doble propósito basada en ensilado de King Grass Morado (*Pennisetum Purpureum* x *Pennisetum Typhoides*), con inclusión de bloques nutricionales, harina de yuca y sal mineralizada, en la granja de la Universidad de Los Llanos, sede Barcelona, Villavicencio, Meta, Colombia.

<https://repositorio.unillanos.edu.co/entities/publication/ea40d92a-c3c2-433d-9c0d-f8037e3b4add>

Quila, V., José, N., Gutiérrez Solís, J. F., & Morales Velasco, S. (2024). *Sistemas silvopastoriles para una ganadería ecoeficiente*. Editorial Universidad del Cauca.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=s4hYEQAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=al+integrar+%C3%A1rboles,+pasturas+y+animales,+se+logra+una+mayor+retenci%C3%B3n+de+humedad+en+el+suelo+y+una+mejor+infiltraci%C3%B3n+del+agua,+disminuyendo+la+necesidad+de+riego+donde+en+fincas+con+sistemas+silvopastoriles+utilizan+25+%25+menos+agua+en+comparaci%C3%B3n+con+pasturas+convencionales.&ots=_jMsWjCBI4&sig=gevLyvye5AMRU5w2LoBxdGSDNHo

- Resare Sahlin, K., Carolus, J., von Greyerz, K., Ekqvist, I., & Röö, E. (2022). Delivering “less but better” meat in practice—a case study of a farm in agroecological transition. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(2), 24.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-021-00737-5>
- Resende, L. D. O., Müller, M. D., Kohmann, M. M., Pinto, L. F. G., Cullen Junior, L., De Zen, S., & Rego, L. F. G. (2020). Silvopastoral management of beef cattle production for neutralizing the environmental impact of enteric methane emission. *Agroforestry Systems*, 94, 893-903. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-019-00460-x>
- Riveros-Cañas, R. A. (2020). Caja de Herramientas para promover el desarrollo de la Ganadería sustentable. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/22178>
- Romero-González, R. (2018). Ganadería agroecológica en una zona de bosque de niebla. *Ganadería sustentable en el golfo de México*, 345-367.
<https://bosquedeniebla.com.mx/wp-content/uploads/2019/09/Libro-Ganaderia-sustentable-eISBN-2018-1.pdf>
- Rozo, A. M., Lizcano, D. J., Arango, S. M., Suarez, Á. V., Daza, E. Á. y Acevedo-Charry, O. (2021). Diferencias en paisajes sonoros de sistemas silvopastoriles y potreros tradicionales del piedemonte llanero, Meta, Colombia. *Biota colombiana*, 22(1), 74-95.
<https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a05>
- Sánchez Arévalo, D. C. (2022). Epidemiología de la tripanosomosis en bovidos del departamento del Caqueta. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/9b0283f3-c47f-4be2-9298-63d68e0bf8bc>
- Sánchez Parales, W. A. (2020). Sistemas silvopastoriles ssp como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana. <https://repository.ucc.edu.co/items/5f2b2533-5677-430a->

[8569-24751ed7d164](#)

Sánchez-Romero, R., Balvanera, P., Castillo, A., Mora, F., García-Barrios, LE, y González-Esquivel, CE (2021). Estrategias de manejo, prácticas silvopastoriles y factores socioecológicos en sistemas ganaderos tradicionales en bosques secos tropicales: Un análisis integrado. *Ecología y Manejo Forestal* , 479 , 118506.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112720312755>

Utter, A., White, A., Méndez, V. E., & Morris, K. (2021). Co-creation of knowledge in agroecology. *Elem Sci Anth*, 9(1), 00026. <https://online.ucpress.edu/elementa/article-abstract/9/1/00026/118930>

Valle Moreno, R. J. D., Barrera, L. E., Ruiz Corrales, C., Ortega Vergara, B., & Rojas Peralta, D. L. (2019). Elaboración de bloques multinutricionales como alternativa alimenticia para bovinos en épocas de sequía. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7071?locale-attribute=es>

Vite, C. C., Palma, G. J. M., Cortés, D. E., Martínez, H. P. A., & Pérez, H. P. (2022). Importancia de accesiones nativas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit para la adaptación y mitigación al cambio climático. *Tecnologías agroforestales para la adaptación y mitigación al cambio climático. Opciones y Perspectivas*. 1ª ed. México: Universidad de Colima, 261-262. <https://orcid.org/0000-0002-9655-5072>

Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40, 1-13. <https://link.springer.com/article/10.1007/S13593-020-00646-Z>

Wilkes, J. (2022). Reconnecting with nature through good governance: inclusive policy across scales. *Agriculture*, 12(3), 382. <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/3/382>

Williams, BA, Grantham, HS, Watson, JE, Alvarez, SJ, Simmonds, JS, Rogéliz, CA, ... y Beyer, HL (2020). Minimización de la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos en un paisaje intacto bajo el riesgo de un rápido desarrollo agrícola. *Environmental Research Letters* , 15 (1), 014001. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab5ff7/meta>