

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS PARA LA MITIGACIÓN DE
LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO EN FINCAS
LECHERAS DEL DISTRITO DE BUGABA, PROVINCIA DE
CHIRIQUÍ.**

**BETZY CASTILLO
4-814-1405**

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2026

**BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS PARA LA MITIGACIÓN DE
LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO EN FINCAS
LECHERAS DEL DISTRITO DE BUGABA, PROVINCIA DE
CHIRIQUÍ**

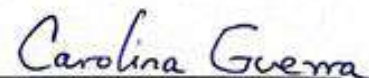
**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDA PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

PROF. CAROLINA GUERRA



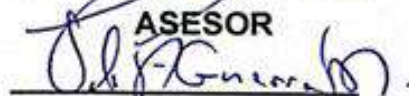
DIRECTOR

PROF. LUZ I. LORÍA A.



ASESOR

PROF. FÉLIX GUERRA



ASESOR

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi familia, por todo el apoyo brindado para culminar esta investigación de manera exitosa, pero especialmente a mi madre, por sus consejos, su ayuda y brindarme ánimos para no rendirme y seguir adelante, gracias por siempre hablarme y ser fuente de inspiración.

Gracias Dios por guiar mi camino.

Agradecimientos

Quisiera agradecer profundamente a mi familia, especialmente a mi madre, que gracias a ella y a su apoyo ha sido posible que este trabajo se llevara a cabo. También quiero agradecer a mi profesora Carolina Guerra, también a conocidos que me brindaron apoyo para contactar con algunas personas de interés para mi investigación.

También agradezco mucho el apoyo brindado por el MIDA, especialmente al Ingeniero Elvis Montero, quien fue la persona encargada de contactar con productores y lograr el acercamiento necesario para lograr la entrevista y recoger los datos en las fincas.

BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS PARA LA MITIGACIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO EN FINCAS LECHERAS DEL DISTRITO DE BUGABA, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ

Castillo, B. 2026. Buenas prácticas ganaderas para la mitigación de los gases de efecto invernadero en fincas lecheras del distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí. Tesis Ing. en Manejo de Cuencas y Ambiente. Chiriquí, PA, Universidad de Panamá. 98 p.

Resumen

La investigación tuvo como objetivo determinar las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) con potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) en fincas lecheras del distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí. Se desarrolló con predominio cualitativo, alcance descriptivo-diagnóstico y diseño no experimental de corte transversal, con apoyo de estadística descriptiva y análisis de conglomerados de carácter exploratorio. La información se recolectó en 39 fincas lecheras mediante encuesta semiestructurada y observación directa. El estudio permitió identificar las BPG presentes, valorar su estado de adopción y reconocer fuentes potenciales de emisión de GEI asociadas al sistema productivo. Entre los principales hallazgos se identificaron 13 BPG con potencial de mitigación. Se registró adopción universal de pasto mejorado, árboles dispersos en potreros, cercas vivas y rotación del ganado. También se observaron altos niveles de adopción en suplementación con concentrados y mejoramiento genético, mientras que el manejo de estiércol, el tratamiento de aguas residuales, la cosecha de agua y la lombricultura presentaron baja presencia. La fermentación entérica estuvo presente en todas las fincas evaluadas, y el manejo del estiércol, la fertilización y el uso de combustibles fósiles se identificaron como fuentes potenciales relevantes. El análisis de conglomerados distinguió tres tipologías de fincas: innovadoras, transicionales y tradicionales. Se concluye que las fincas presentan avances en prácticas productivas y silvopastoriles básicas, pero mantienen brechas en prácticas de gestión ambiental, especialmente en residuos y agua. Los resultados aportan una línea base útil para la asistencia técnica, la formulación de políticas y futuros estudios de cuantificación de emisiones.

Palabras clave: *Buenas Prácticas Ganaderas; gases de efecto invernadero; fincas lecheras; mitigación climática; Bugaba.*

Good Livestock Practices for Greenhouse Gas Mitigation on Dairy Farms in the Bugaba District, Chiriquí Province

Castillo, B. 2026. Good livestock practices for greenhouse gas mitigation on dairy farms in the Bugaba district, Chiriquí province. Undergraduate Thesis in Watershed and Environmental Management. Chiriquí, Panama: University of Panama. 98 p.

Abstract

This research aimed to determine Good Livestock Practices (GLP) with potential to mitigate greenhouse gas (GHG) emissions in dairy farms located in the district of Bugaba, province of Chiriquí, Panama. The study followed a predominantly qualitative, descriptive-diagnostic, non-experimental, cross-sectional design, supported by descriptive statistics and exploratory cluster analysis. Data were collected from 39 dairy farms through a semi-structured survey and direct observation. The research made it possible to identify the livestock practices currently in place, assess their level of adoption, and recognize potential on-farm GHG emission sources associated with the production system. Thirteen mitigation-related practices were identified. Improved pastures, scattered trees in paddocks, live fences, and cattle rotation were present in all farms. High adoption levels were also observed for concentrating supplementation and genetic improvement, whereas manure management, wastewater treatment, rainwater harvesting, and vermiculture showed low presence. Enteric fermentation was identified in all farms, and manure management, fertilization, and fossil fuel use were also recognized as relevant potential emission sources. Cluster analysis distinguished three farm typologies: innovative, transitional, and traditional. It is concluded that the evaluated farms show progress in productive and basic silvopastoral practices, but still present gaps in environmental management practices, especially in waste and water management. These findings provide a useful baseline for technical assistance, policy formulation, and future studies aimed at quantifying emissions.

Keywords: *Good Livestock Practices; greenhouse gases; dairy farms; climate change mitigation; Bugaba.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Página de aprobación	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen	v
Abstract.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	x
I- INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Planteamiento del problema	13
1.2 Antecedentes	14
1.3 Justificación.....	17
1.4 Objetivo General	19
1.5 Objetivos específicos	19
1.6 Preguntas de investigación.....	19
1.7 Alcances y Limitaciones.....	20
II- MARCO TEÓRICO	21
2.1 Gases de efecto invernadero y cambio climático	21
2.2 Ganadería y emisiones de gases de efecto invernadero	22
2.3 Fermentación entérica y eficiencia alimentaria	23
2.4 Manejo del estiércol y emisiones asociadas.....	24
2.5 Buenas prácticas ganaderas y mitigación de GEI	25
2.6 Contexto latinoamericano y coherencia con sistemas reales	26
2.7 Proyectos realizados en diferentes sitios de la región.	27

2.8 Estrategias estudiadas para el futuro en Panamá.....	30
III- MARCO METODOLÓGICO	33
3.1 Lugar de estudio	33
3.2 Tipo y enfoque de la investigación	34
3.3 Población y muestra	35
3.3.1 Población de estudio	35
3.3.2 Muestra y tipo de muestreo	35
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.4.1 Técnica de recolección de datos	36
3.4.2 Instrumento de recolección de datos	36
3.5 Variables observadas y operacionalización.....	37
3.5.1 Buenas Prácticas Ganaderas (BPG).....	37
3.5.2 Estado de adopción de las BPG.....	38
3.5.3 Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero	38
3.6 Procedimiento de campo	39
3.7 Consideraciones éticas.....	39
3.8 Plan de análisis de los datos	40
IV- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Síntesis de los hallazgos principales	41
4.2. Caracterización de los productores y las fincas	42
4.2.1 Perfil sociodemográfico de los productores	42
4.2.2. Características productivas de las fincas	44
4.3. Resultados y discusión por objetivos específicos	45
4.3.1. Objetivo 1: Identificación y caracterización de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG)	45

4.3.2. Objetivo 2: Estado de adopción de las BPG	50
4.3.3. Objetivo 3: Fuentes de emisión de GEI identificadas	59
4.3.4. Análisis de conglomerados (Tipologías de fincas)	63
4.4 Caracterización de las prácticas encontradas	65
4.5 Posibles fuentes de emisiones que fueron encontradas en las fincas.....	66
4.6 Tipologías de fincas y su interpretación	68
CONCLUSIONES	71
Objetivo específico 1: Identificar un listado de Buenas Prácticas Ganaderas con potencial de mitigación de GEI.	72
Objetivo específico 2: Determinar el estado de adopción de las prácticas identificadas.	72
Objetivo específico 3: Identificar las fuentes de emisión de GEI presentes en las fincas.	73
RECOMENDACIONES	74
5.1.1 Recomendaciones para los productores	74
5.1.2 Recomendaciones para instituciones públicas y privadas	74
5.1.3 Recomendaciones para futuras investigaciones	75
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	77
ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CARACTERIZACIÓN SOCIODEMOGRÁFICO DE LOS PRODUCTORES LECHEROS ENCUESTADOS DEL DISTRITO DE BUGABA (N=39).	43
CUADRO 2. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE LAS FINCAS LECHERAS EVALUADAS EN EL DISTRITO DE BUGABA (N=39).	45
CUADRO 3. LISTADO Y FRECUENCIA DE BUENAS PRÁCTICAS GANADERAS (BPG) IDENTIFICADAS EN LAS FINCAS (N=39).	47
CUADRO 6. FUENTES DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) IDENTIFICADAS EN LAS FINCAS LECHERAS (N = 39)	61
CUADRO 7. CARACTERIZACIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE FINCA RESULTANTES DEL ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MEDIDAS QUE SE PUEDEN IMPLEMENTAR IMPLEMENTARSE EN SISTEMAS GANADEROS PARA REDUCIR EMISIONES DE GEI.	32
FIGURA 2. MAPA DE DISTRITO DE BUGABA CON SUS CORREGIMIENTOS.	34
FIGURA 3. CARACTERIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS.....	66
FIGURA 4. POSIBLES FUENTES DE EMISIONES ENCONTRADAS EN LAS FINCAS LECHERAS EVALUADAS DEL DISTRITO DE BUGABA.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ENCUESTA APLICADA	85
ANEXO 2. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS: ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS.....	93
ANEXO 3. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS: CERCAS VIVAS	94
ANEXO 4. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS: PASTOS MEJORADOS	95
ANEXO 5. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS: MEJORAMIENTO GENÉTICO.....	95
ANEXO 6. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS: PASTO DE CORTE	96
ANEXO 7. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS: BANCO DE PROTEÍNA: BOTÓN DE ORO	96

ANEXO 8. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS:	
MANEJO DE AGUAS RESIDUALES	97
ANEXO 9. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS:	
MANEJO DE SÓLIDOS	97
ANEXO 10. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS:	
LOMBRICULTURA	98
ANEXO 11. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LAS PRÁCTICAS ENCONTRADAS EN LAS FINCAS:	
COSECHA DE AGUA.....	99

I- INTRODUCCIÓN

Con el transcurrir de los años la población ha registrado un crecimiento sostenido, por lo tanto, también en las actividades humanas, entre ellas, las que cumplen las necesidades esenciales como la producción de alimentos, actividad que desencadena en elementos positivos y negativos, siendo estos últimos el objeto de estudio que nos ocupa, pues el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) que se depositan en la atmósfera provocan desequilibrios en nuestro planeta (FAO, 2025).

Los gases de efecto invernadero son componentes gaseosos que están presentes en la atmósfera, ya sea de manera natural o por actividades realizadas por el hombre, éstos conceden la entrada y salida de la radiación que emite el sol, permitiendo que se desarrolle la vida en el planeta; sin embargo, con el paso del tiempo, la concentración de estos gases ha aumentado, provocando el calentamiento global y el cambio climático.

Entre las principales causas de aumento de los (GEI) se encuentra la deforestación, la quema de combustibles fósiles, los procesos industriales, el transporte, producción de energía y las actividades agropecuarias (Núñez, 2023).

Se estima que un 75% de las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica se generan en países en vías de desarrollo, como Panamá. Las principales áreas emisoras en orden de importancia son Asia, América Latina, África y Europa (Robles, 2018).

Por ello, el presente trabajo tuvo como propósito identificar las Buenas Prácticas Ganaderas con potencial de mitigación de gases de efecto invernadero presentes en fincas lecheras del distrito de Bugaba, determinar su estado de adopción y reconocer las principales fuentes potenciales de emisión asociadas al sistema productivo local.

1.1 Planteamiento del problema

La ganadería bovina, y en particular la producción de leche se desarrolla en sistemas biológicos complejos donde ocurren procesos inevitables de emisión de GEI. Entre estos gases, el metano (CH_4), generado principalmente durante la fermentación entérica propia de la fisiología digestiva de los rumiantes, representa la fuente dominante de emisiones en los sistemas lecheros, seguido por las emisiones derivadas del manejo de estiércol y, en menor proporción, por las emisiones de óxido nitroso (N_2O) asociadas a los suelos agrícolas (Rotz, 2018; Jayasundara et al., 2016).

A escala global, el sector lácteo contribuye de manera significativa a las emisiones de GEI, estimándose que representa alrededor del 3.3 por ciento de las emisiones globales totales. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que este sector posee un alto potencial de mitigación mediante la adopción de mejoras técnicas y de manejo que permiten reducir la huella climática sin comprometer la productividad (Gutiérrez-León et al., 2023; Peña-Avelino et al., 2024).

La literatura científica coincide en que, a nivel de finca, estas fuentes concentran la mayor parte del potencial de mitigación, por lo que las estrategias más efectivas suelen enfocarse en la alimentación del ganado, el manejo del estiércol y la

gestión de pasturas y suelos (Rotz, 2018; Jayasundara et al., 2016; Brouček, 2018).

En regiones tropicales, como América Latina, la fermentación entérica suele dominar el perfil de emisiones, especialmente en sistemas de baja y media tecnificación, lo que refuerza la necesidad de identificar prácticas adaptadas al contexto local (Gutiérrez-León et al., 2023; Villanueva et al., 2023).

En el distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí, la producción lechera constituye una actividad relevante para el medio rural y se desarrolla en un contexto biofísico y productivo que condiciona el manejo de pasturas, la alimentación animal, el uso del agua y la organización del sistema de finca. Estas condiciones pueden incidir tanto en la productividad como en la intensidad de las emisiones de GEI por unidad de producto. En este contexto, no resulta suficiente afirmar de manera general la existencia de buenas prácticas ganaderas; se requiere identificar de forma concreta cuáles prácticas se aplican realmente en las fincas, cuál es su nivel de adopción y qué fuentes potenciales de emisión están presentes en los sistemas productivos locales.

1.2 Antecedentes

La literatura científica internacional ha documentado ampliamente que el aumento de la productividad por unidad de producto puede contribuir a reducir la intensidad de las emisiones de GEI en sistemas lecheros (FAO, 2010), al diluir los requerimientos energéticos de mantenimiento sobre una mayor producción de leche. No obstante, esta relación no es automática ni lineal, ya que depende de múltiples factores asociados a la nutrición, la calidad del forraje, el manejo del hato

y posibles compensaciones fisiológicas, como cambios en la digestibilidad de la fibra (Brouček, 2018; Løvendahl et al., 2018). En este sentido, se ha señalado que, si bien las vacas más eficientes tienden a emitir menos metano por kilogramo de leche producida, una selección orientada exclusivamente a la reducción de emisiones podría generar efectos no deseados sobre la eficiencia digestiva.

En América Latina, diversos estudios de caso han demostrado que es posible reducir las emisiones de GEI mediante la adopción de paquetes integrados de buenas prácticas ganaderas, especialmente en sistemas lecheros tropicales. Investigaciones realizadas en países como Ecuador, Honduras, Guatemala y Costa Rica coinciden en que la fermentación entérica constituye la principal fuente de emisiones, aunque la contribución relativa de otras fuentes, como la fertilización nitrogenada o el manejo del estiércol, puede incrementarse en sistemas más tecnificados (Gutiérrez-León et al., 2023; Villanueva et al., 2023; Marín-López et al., 2022). Estos estudios también destacan que la cobertura arbórea y los sistemas silvopastoriles desempeñan un papel clave en la compensación de emisiones mediante el secuestro de carbono en biomasa y suelo.

En el contexto regional, se han documentado experiencias exitosas en las que la integración de árboles dispersos, cercas vivas y bancos forrajeros ha permitido no solo mejorar la productividad animal y el bienestar del ganado, sino también alcanzar balances de carbono positivos a nivel de finca, especialmente en sistemas de pastoreo bien manejados (Montagnini et al., 2013; Murgueitio et al., 2016; Villanueva et al., 2023). Estos resultados respaldan la promoción de

sistemas silvopastoriles como una estrategia viable para mitigar el cambio climático en la ganadería tropical.

En Panamá, la ganadería bovina mantiene un peso estructural importante dentro del sector agropecuario. El Instituto Nacional de Estadística y Censo estimó 1,516,774 cabezas de ganado vacuno en 2022, de las cuales 311,093 correspondieron a la provincia de Chiriquí. A nivel de política pública, la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2050 reconoce la NAMA Ganadera como una estrategia orientada a reducir gases de efecto invernadero e incrementar sumideros de carbono mediante sistemas silvopastoriles, manejo racional de pasturas, buenas prácticas ganaderas, captación de agua y gestión del estiércol. De forma consistente, CATIE ha documentado para Panamá que las tecnologías silvopastoriles y las buenas prácticas ganaderas pueden mejorar la productividad bovina y contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2023; Ministerio de Ambiente, 2019; CATIE, 2017).

Estas limitaciones se reflejan en niveles relativamente bajos de eficiencia productiva y en una mayor intensidad de emisiones por unidad de producto. Asimismo, se ha estimado que las emisiones de metano provenientes de la ganadería representan una fracción relevante de las emisiones nacionales, lo que refuerza la necesidad de promover prácticas de mitigación adaptadas a las condiciones locales (Climate and Clean Air Coalition, 2022–2024).

Reconociendo la fermentación entérica y el estiércol como las principales fuentes de emisiones de GEI en la ganadería, así como la importancia de prácticas como

los sistemas silvopastoriles, el manejo de pasturas, la alimentación y la gestión de residuos para reducir el impacto ambiental del sector. persiste la necesidad de profundizar en la identificación concreta de las prácticas a nivel de finca que logren una eficiencia en la fermentación entérica, al igual que se requiere evaluar el estado de adopción en un contexto territorial específico como el distrito de Bugaba.

1.3 Justificación

El metano es un gas de efecto invernadero de vida corta, pero con un elevado potencial de calentamiento en el corto plazo, por lo que su reducción constituye una de las estrategias más efectivas para desacelerar el cambio climático en las próximas décadas (FAO, s. f.; IPCC, 2023). En este contexto, la ganadería lechera representa un sector prioritario para la mitigación, dado que existen prácticas técnicamente viables y económicamente accesibles que permiten reducir las emisiones sin comprometer la producción (Villanueva et al., 2023; Peña-Avelino et al., 2024).

Desde el punto de vista productivo, múltiples estudios han demostrado que las mejoras en la alimentación, el manejo del hato, la gestión del estiércol y la integración de sistemas silvopastoriles no solo contribuyen a disminuir la intensidad de las emisiones de GEI, sino que también fortalecen la resiliencia de las fincas frente a la variabilidad climática y pueden generar beneficios económicos a mediano plazo (Brouček, 2018; Udourioh et al., 2025). En este sentido, diagnosticar el nivel de adopción de estas prácticas permite identificar brechas tecnológicas y orientar estrategias de asistencia técnica más eficientes.

Finalmente, desde una perspectiva local y aplicada, Panamá cuenta con estrategias climáticas nacionales y con iniciativas orientadas a la ganadería baja en carbono que requieren información de base para su implementación efectiva. Un diagnóstico detallado en el distrito de Bugaba aporta evidencia empírica sobre la situación real de las fincas lecheras, lo que resulta clave para la formulación de políticas públicas, programas de extensión rural y proyectos de desarrollo sostenible adaptados al contexto territorial.

De manera complementaria, en la región centroamericana se ha señalado la necesidad de fortalecer la generación de información, la contabilización de emisiones y la articulación institucional para avanzar hacia una ganadería baja en emisiones, con base en evidencia técnica y en procesos de gestión del conocimiento sectorial (Pico et al., 2025).

Es importante resaltar que Panamá ha avanzado en la formulación de instrumentos de política pública orientados a enfrentar el cambio climático en su territorio, entre los que destaca la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2050, la cual reconoce la importancia del sector agropecuario en las emisiones nacionales y plantea la necesidad de generar información técnica que respalde la toma de decisiones y la implementación de acciones de mitigación (Ministerio de Ambiente, 2019).

En consecuencia, el problema que aborda esta investigación es de naturaleza diagnóstica y aplicada: se desconoce en qué medida las fincas lecheras del distrito de Bugaba han incorporado buenas prácticas ganaderas con potencial de mitigación de GEI, cuál es el nivel real de adopción de dichas prácticas y cuáles

son las principales fuentes de emisión presentes en estos sistemas productivos. La ausencia de esta información limita el diseño de estrategias técnicas y de política pública orientadas a promover una ganadería más sostenible. Por ello, resulta necesario realizar un diagnóstico basado en trabajo de campo que permita establecer una línea base sobre la situación actual de las fincas lecheras del distrito.

1.4 Objetivo General

- Determinar las buenas prácticas ganaderas (BPG) para la mitigación de gases de efecto invernadero en fincas lecheras del distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí.

1.5 Objetivos específicos

- Identificar un listado de buenas prácticas ganaderas que ayuden a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y caracterizarlas según su tipo.
- Determinar el estado en que se encuentran las prácticas adoptadas en cada finca del estudio.
- Identificar las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en las fincas de estudio.

1.6 Preguntas de investigación

- ¿Las fincas cuentan con presencia de prácticas que ayudan a mitigar los gases de efecto invernadero provenientes de sus actividades?

- ¿Cuáles son las prácticas que ayudan a la mitigación de gases de efecto invernadero en las fincas visitadas?
- ¿Cuáles son las principales fuentes de emisión identificadas en las fincas?

1.7 Alcances y Limitaciones

El presente estudio tuvo un alcance descriptivo y diagnóstico, centrado en la identificación de buenas prácticas ganaderas, su estado de adopción y las fuentes de emisión de GEI presentes en fincas lecheras del distrito de Bugaba. La investigación no contempló la medición directa de emisiones, sino que se apoyó en la identificación de prácticas y condiciones que la literatura científica vincula con la mitigación de GEI.

Entre las principales limitaciones se identificaron restricciones logísticas relacionadas con el acceso a las fincas, dificultades de transporte, limitaciones de recursos económicos y la disponibilidad de información precisa sobre la ubicación de las explotaciones lecheras. Estas condiciones pueden influir en el ritmo del trabajo de campo y en la representatividad operativa de la muestra, sin invalidar el valor exploratorio y diagnóstico de los resultados obtenidos.

II- MARCO TEÓRICO

2.1 Gases de efecto invernadero y cambio climático

El cambio climático es uno de los principales desafíos ambientales contemporáneos y se origina, en gran medida, por el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Estos gases tienen la capacidad de retener parte de la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre, generando un aumento de la temperatura media global. Entre los GEI de mayor relevancia se encuentran el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), los cuales difieren en su potencial de calentamiento global y en su tiempo de permanencia en la atmósfera.

El metano y el óxido nitroso presentan un potencial de calentamiento significativamente mayor que el CO_2 en horizontes temporales cortos, lo que los convierte en gases prioritarios para estrategias de mitigación inmediata. En particular, el metano es considerado un gas de vida corta, pero con un impacto climático elevado, por lo que su reducción puede generar beneficios relativamente rápidos en la desaceleración del calentamiento global (Wang et al., 2025; Ministerio de Ambiente, 2019).

En este contexto, el sector ganadero adquiere especial relevancia debido a su contribución a las emisiones globales de GEI, especialmente a través del metano y el óxido nitroso. La literatura coincide en que, aunque la ganadería representa un desafío ambiental, también ofrece oportunidades concretas de mitigación mediante cambios en el manejo productivo, sin que ello implique necesariamente

una reducción de la producción de alimentos de origen animal (Ministerio de Ambiente, 2019; Villanueva et al., 2023).

2.2 Ganadería y emisiones de gases de efecto invernadero

La ganadería bovina es responsable de una proporción significativa de las emisiones de GEI asociadas al sector agropecuario (Rotz, 2018). En los sistemas lecheros, las emisiones se originan principalmente en procesos biológicos inherentes a la digestión de los rumiantes y al manejo de sus excretas. Diversos estudios han estimado que el sector lácteo contribuye aproximadamente con el 3,3 por ciento de las emisiones globales de GEI, aunque este valor varía según el sistema productivo, el nivel tecnológico y las condiciones locales (Gutiérrez-León et al., 2023).

Las principales fuentes de emisión en fincas lecheras son la fermentación entérica, el manejo del estiércol y las emisiones de óxido nitroso provenientes de suelos agrícolas. La fermentación entérica ocurre en el rumen del animal durante la digestión del alimento y genera metano como subproducto natural del proceso. Este gas es liberado principalmente por los eructos de la vaca y representa, en la mayoría de los sistemas lecheros, la fracción dominante de las emisiones totales de GEI (Rotz, 2018; Villanueva et al., 2023).

El manejo del estiércol constituye otra fuente relevante de emisiones, especialmente cuando las excretas son almacenadas o manejadas bajo condiciones anaeróbicas que favorecen la producción de metano, o cuando el nitrógeno presente en las deyecciones se transforma en óxido nitroso. La magnitud de estas emisiones depende del tipo de manejo, la forma de

almacenamiento, la temperatura ambiente y las prácticas de aplicación al suelo (Jayasundara et al., 2016).

En sistemas de mayor intensificación, las emisiones asociadas al uso de fertilizantes nitrogenados y al consumo de energía pueden adquirir mayor relevancia relativa. Sin embargo, en sistemas pastoriles tropicales, como los predominantes en América Latina, la fermentación entérica suele mantenerse como la principal fuente de GEI, seguida por las emisiones del suelo y del estiércol (Villanueva et al., 2023; López-Guerrero & Meneses, 2023).

2.3 Fermentación entérica y eficiencia alimentaria

La fermentación entérica es un proceso fisiológico esencial para los rumiantes, ya que permite la digestión de fibras vegetales mediante la acción de microorganismos presentes en el rumen. No obstante, este proceso genera metano como subproducto, el cual representa no solo una fuente de emisiones de GEI, sino también una ineficiencia en el uso de la energía consumida por el animal. En sistemas bovinos, el metano entérico constituye una de las principales fuentes de emisión, y puede representar pérdidas aproximadas de entre seis y 10 por ciento de la energía bruta ingerida, lo que refuerza la importancia de mejorar la eficiencia alimentaria como estrategia de mitigación (Villanueva et al., 2023; Rotz, 2018).

Diversos estudios han demostrado que la cantidad de metano emitido por unidad de producto está estrechamente relacionada con la eficiencia alimentaria. Animales que convierten de manera más eficiente el alimento en leche tienden a emitir menos metano por kilogramo de leche producida, ya que una mayor

proporción de la energía consumida se destina a la producción y no se pierde en forma de gases (Brouček, 2018; Løvendahl et al., 2018).

Sin embargo, la relación entre eficiencia alimentaria y emisiones de metano no es simple ni lineal. Investigaciones recientes han advertido que seleccionar animales exclusivamente por bajas emisiones podría afectar negativamente la digestibilidad de la fibra, generando posibles compromisos entre mitigación y eficiencia digestiva. Løvendahl et al. (2018) señalan que vacas con muy bajas emisiones de metano pueden presentar una menor capacidad de digestión de la fibra, lo que subraya la necesidad de enfoques equilibrados que consideren tanto la productividad como la salud ruminal.

Desde una perspectiva práctica, las estrategias más viables para reducir las emisiones entéricas en sistemas lecheros incluyen mejorar la calidad y digestibilidad del forraje, balancear la dieta, incorporar suplementación estratégica y ajustar el manejo alimentario según la disponibilidad estacional de biomasa. Estas medidas favorecen una mayor conversión de la energía consumida hacia la producción de leche y contribuyen a reducir la intensidad de metano por unidad de producto, especialmente en sistemas tropicales donde la oferta y calidad del forraje varían a lo largo del año (FAO, 2013; FAO, 2017).

2.4 Manejo del estiércol y emisiones asociadas

El estiércol generado en las fincas lecheras constituye una fuente potencial de emisiones de metano y óxido nitroso, dependiendo de las condiciones de manejo. Cuando las excretas son almacenadas en ambientes anaeróbicos, como lagunas o fosas, se favorece la producción de metano. Por su parte, la aplicación de

estiércol al suelo puede dar lugar a emisiones de óxido nitroso como resultado de procesos de nitrificación y desnitrificación.

La literatura científica ha identificado diversas prácticas de manejo del estiércol que permiten reducir estas emisiones, entre las que se incluyen el compostaje aeróbico, la digestión anaerobia mediante biodigestores y la aplicación controlada del estiércol al suelo en momentos y dosis adecuadas (Jayasundara et al., 2016; Udourioh et al., 2025). En particular, los biodigestores han sido destacados como una de las tecnologías más prometedoras para la mitigación del metano en sistemas lecheros, ya que permiten capturar el biogás generado y utilizarlo como fuente de energía renovable.

No obstante, la adopción de estas tecnologías enfrenta barreras importantes en países en desarrollo, tales como los costos iniciales, la falta de asistencia técnica y la limitada infraestructura. Udourioh et al. (2025) señalan que, a pesar del alto potencial de mitigación del manejo mejorado del estiércol, su implementación a gran escala requiere apoyo institucional, incentivos y capacitación técnica.

2.5 Buenas prácticas ganaderas y mitigación de GEI

Las buenas prácticas ganaderas (BPG) se definen como un conjunto de acciones orientadas a mejorar la eficiencia productiva, el bienestar animal y la sostenibilidad ambiental de los sistemas ganaderos. En el contexto de la mitigación del cambio climático, las BPG incluyen prácticas relacionadas con la alimentación del ganado, el manejo del hato, la gestión del estiércol, el manejo de pasturas y la integración de componentes arbóreos en los sistemas productivos.

La evidencia científica indica que la mitigación efectiva de GEI en la ganadería no se logra mediante una única práctica aislada, sino a través de la combinación de varias estrategias complementarias. Brouček (2018) y Jayasundara et al. (2016) destacan que los mayores beneficios se obtienen cuando se integran mejoras nutricionales, manejo adecuado del estiércol y prácticas de base territorial, como el manejo racional de pasturas.

En sistemas tropicales, las prácticas silvopastoriles han adquirido especial relevancia debido a su capacidad para mejorar la disponibilidad de forraje, reducir el estrés térmico del ganado y capturar carbono en la biomasa y el suelo. Estudios realizados en América Latina han demostrado que la presencia de árboles dispersos, cercas vivas y franjas forestales puede contribuir a balances de carbono positivos a nivel de finca, compensando parcialmente las emisiones generadas por el ganado (Villanueva et al., 2023; López-Guerrero & Meneses, 2023).

Asimismo, las buenas prácticas relacionadas con la gestión del agua, la conservación de suelos y la reducción del uso ineficiente de insumos contribuyen indirectamente a la mitigación de GEI, al mejorar la eficiencia general del sistema productivo. Estas prácticas son especialmente pertinentes en regiones donde las limitaciones climáticas y edáficas condicionan la productividad, como ocurre en gran parte del territorio panameño.

2.6 Contexto latinoamericano y coherencia con sistemas reales

Los estudios realizados en América Latina muestran que la intensidad de las emisiones de GEI en sistemas lecheros varía ampliamente según el nivel de

tecnificación, el tamaño de la finca y las prácticas de manejo adoptadas. En sistemas de baja tecnificación, la fermentación entérica suele dominar el perfil de emisiones, mientras que en sistemas más intensivos pueden adquirir mayor relevancia las emisiones asociadas a fertilización nitrogenada y consumo de energía (Villanueva et al., 2023).

Investigaciones en fincas lecheras de Honduras, Ecuador y Guatemala han demostrado que la adopción de mejoras técnicas puede reducir las emisiones totales y la intensidad por unidad de producto, incluso en sistemas de pequeña y mediana escala (Marín-López et al., 2022; Gutiérrez-León et al., 2023). Estos estudios resaltan que la mitigación es factible en contextos reales de producción y no se limita a sistemas altamente tecnificados.

En el caso de Panamá, donde predominan sistemas pastoriles y mixtos, la evidencia técnica disponible sugiere que las estrategias de mitigación más viables son aquellas que fortalecen la eficiencia productiva, promueven el manejo racional de pasturas, mejoran la gestión del estiércol e incentivan la integración de árboles y cobertura arbórea en las fincas ganaderas. Este enfoque es coherente con la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2050 y con la sistematización técnica de CATIE para Panamá, las cuales priorizan medidas como sistemas silvopastoriles, buenas prácticas ganaderas, captación de agua y manejo de residuos sólidos y líquidos (Ministerio de Ambiente, 2019; CATIE, 2017).

2.7 Proyectos realizados en diferentes sitios de la región.

Estudios sobre sistemas agrosilvopastoriles, realizados por Soto (2015), en Nicaragua, identificaron la contribución en la mitigación del cambio climático, la

práctica consistió en la transformación de los sistemas tradicionales de producción bovina en modelos de producción sostenible (económica, social y ambiental), basados en la implementación de tecnologías silvopastoriles, los cuales tienen potencial para ajustarse a los cambios en los mercados, y a la variabilidad climática. Con ello se buscó mejorar la rentabilidad de las fincas, ofrecer al ganado mayor cantidad y calidad de forrajes, reducir las emisiones de GEI, adaptarse al cambio climático y generar bienes y servicios ambientales. Algunos de los resultados que lograron obtener fueron los siguientes:

- La captura de carbono en vegetación y suelos aumenta mientras que las emisiones de GEI disminuyen con el pastoreo controlado, el uso de especies de pasturas adecuadas y los SSP, que son la combinación de árboles o arbustos con pasturas. Se manifiesta, una reducción significativa de la intensidad de emisiones de gases no-CO₂ (metano y óxido nitroso), como resultado del aumento de la eficiencia del proceso productivo y de la mejora de la calidad de la dieta.
- Reducción de emisiones de metano por mayor eficiencia en el rumen del ganado. En los SSP, el suministro de especies forrajeras al ganado genera una reducción en las emisiones de metano por kilogramo de materia seca consumida y por kilogramo de materia seca digerida. Esto a su vez genera una reducción en las emisiones de metano por kilo de carne o leche producida en los SSP.

También en Costa Rica, pusieron en práctica el proyecto denominado Lechería tropical: un modelo de integración de buenas prácticas de producción

climáticamente inteligente, El sistema tiene como objetivo demostrar que la actividad lechera puede ser rentable y a la vez sostenible. Para esto se han venido ejecutando una serie de buenas prácticas (Figura 1), tales como: manejo de pasturas, fertilización de precisión, arborización de potreros, mejoramiento genético del ganado, manejo del estiércol, uso de energía renovable y captación de agua de lluvia. Con el manejo de estiércol, mensualmente se producen seis toneladas de abono sólido que se incorporan a los pastos de piso y pasto de corte. El efluente líquido se vierte sobre un área de 10 ha de pasto de piso donde se ha reducido el uso de fertilizante químico en un 75%. Semanalmente se vierten 20 metros cúbicos de efluente. La parte sólida ha alcanzado una producción anual de 90 t, utilizada en el pasto de corte, el cultivo de caña de azúcar y en plantaciones de café de la finca. Al utilizar abonos orgánicos y no sintéticos, se reducen las emisiones de N₂O en el sistema, lo que favorece la mitigación de GEI (Soto, 2015).

En Centroamérica, distintos estudios y experiencias de campo han mostrado que la intensificación productiva no necesariamente incrementa la intensidad de emisiones por unidad de producto. En Costa Rica, la experiencia piloto del NAMA Ganadería ha promovido prácticas orientadas a mejorar la eficiencia productiva y ambiental de las fincas, entre ellas la rotación del ganado, la mejora de especies forrajeras, el uso de energías renovables y la optimización de la fertilización, como parte de una estrategia para reducir la intensidad de emisiones y fortalecer la sostenibilidad del sistema lechero, aunque su efecto depende del nivel de adopción y del contexto de manejo en cada finca (Jiménez et al., 2018; Villanueva

et al., 2023). En esa misma línea, Honduras, Costa Rica, Nicaragua y Panamá participaron en la medición de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas dentro del proyecto *Desarrollo de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en América Central*, cuyos resultados evidenciaron una relación positiva entre el grado de intensificación de las fincas (alta, media y baja), la carga animal y las emisiones generadas en la finca, pero también permitieron apreciar que, cuando la intensificación se acompaña de estrategias de alimentación, uso de pastos de corte y leguminosas, se contribuye a reducir las emisiones generadas (CATIE, 2018). De forma complementaria, en el mismo contexto regional se observó que una mayor productividad puede asociarse con menores emisiones por kilogramo de leche; en Nicaragua, por ejemplo, las emisiones por kilogramo de leche presentaron una correlación negativa con la producción de leche ($r = -0.74$), y en Honduras se registró una tendencia similar ($r = -0.42$), lo que sugiere que las mejoras en alimentación, manejo y productividad pueden contribuir a reducir la intensidad de emisiones en sistemas ganaderos reales (FAO, 2017; FONTAGRO, 2019).

2.8 Estrategias estudiadas para el futuro en Panamá.

En Panamá, la NAMA Ganadera debe entenderse como una línea de política climática y planificación sectorial orientada a reducir emisiones de gases de efecto invernadero e incrementar sumideros de carbono en sistemas ganaderos, mediante acciones como el manejo racional de pasturas, los sistemas silvopastoriles, la cobertura arbórea y la gestión del estiércol. No obstante, la información oficial más reciente indica que el NAMA ganadero se encuentra en proceso de formulación. En este contexto, puede señalarse que ANAGAN y

CATIE han manifestado su interés en avanzar hacia una ganadería bovina más resiliente y baja en carbono en Panamá (Ministerio de Ambiente, 2019; Ministerio de Ambiente, 2022; Dirección de Cambio Climático, s. f.; CATIE, 2023).

Con las medidas que se sugieren implementar también se busca obtener como resultado lo siguiente: incrementar la productividad en el mismo espacio de tierra; Restauración de paisajes; Turismo sostenible y agroturismo; Generación de servicios ecosistémicos del bosque.

Las acciones que sugieren tomar son las siguientes:

Intensificación productiva y encadenamiento sostenible de la producción ganadera

- Sistemas silvopastoriles: cercas vivas, árboles dispersos, bancos forrajeros.
- Manejo racional de pasturas.
- Buenas prácticas ganaderas (división y rotación de potreros, manejo de la alimentación y nutrición, genética).
- Captación de aguas (reservorios, cosecha, sistema de riego)
- Incorporación en sistemas de comercialización de economías verdes (sellos –eco etiquetado).

Gestión sostenible del uso de la tierra y de la cobertura forestal

- Conservación e incrementar la cobertura boscosa y arbórea en fincas ganaderas, Manejo de plantaciones en bloque.

- Protección de riberas de ríos, e incremento de áreas de bosque en sitios no aptos para la producción ganadera,
- Conservación de las áreas con bosques existentes en las fincas.

Gestión de residuos sólidos y líquidos

- Manejo y gestión del estiércol mediante el uso de biodigestores, biofertilizantes, producción de compost, entre otros.

En Panamá, la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2050 y la sistematización técnica de CATIE organizan las medidas de mitigación del sector ganadero en tres ejes principales: intensificación productiva sostenible, gestión sostenible del uso de la tierra y cobertura forestal, y gestión de residuos sólidos y líquidos (Figura 1) (Ministerio de Ambiente, 2019; CATIE, 2017).

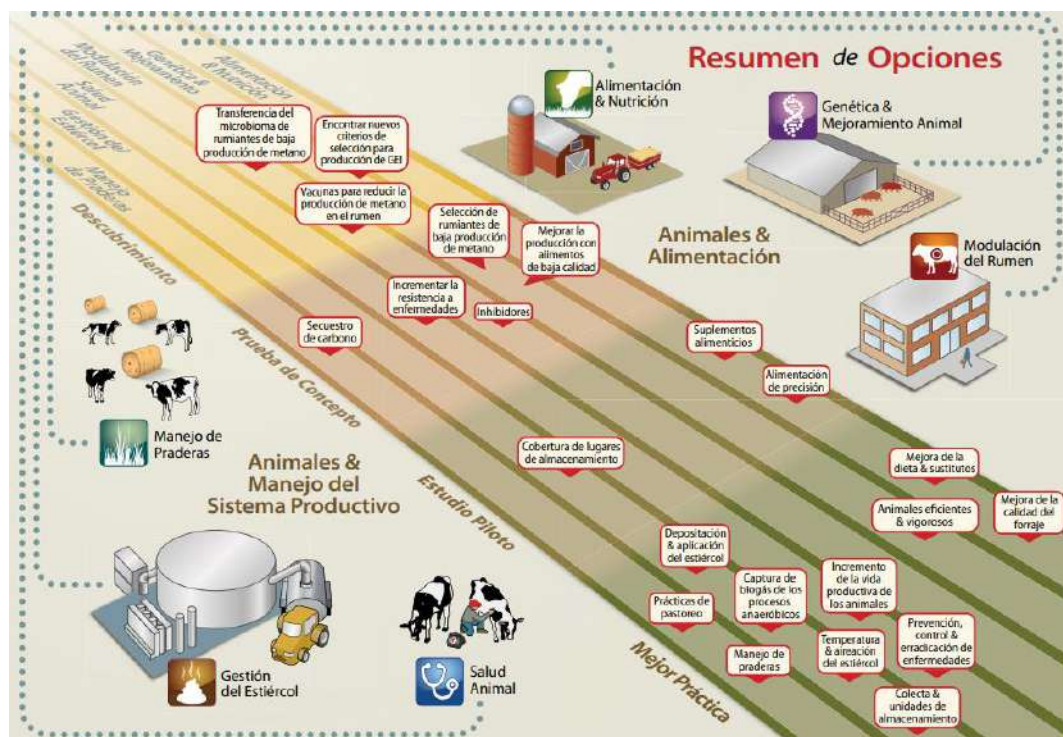


Figura 1. Medidas que se pueden implementarse en sistemas ganaderos para reducir emisiones de GEI. Fuente: Sustainable Agriculture Initiative Platform.

III- MARCO METODOLÓGICO

3.1 Lugar de estudio

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Bugaba, ubicado en la provincia de Chiriquí, República de Panamá. Este distrito se caracteriza por una importante actividad agropecuaria, particularmente en la producción bovina de leche, desarrollada principalmente bajo sistemas pastoriles y de doble propósito.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censo (2000, 2010 y 2023), Bugaba tiene una superficie de 517.3 km² y, en la división político-administrativa vigente, comprende 13 corregimientos. Desde el punto de vista agroclimático, el distrito presenta heterogeneidad altitudinal y ambiental.

En la clasificación utilizada por el MIDA e IDIAP para Chiriquí, en áreas vinculadas a Bugaba se reconocen condiciones correspondientes a zonas con sequía liviana a mínima, con meses relativamente más secos entre enero y abril, precipitación anual aproximada entre 2000 y 3500 mm y elevaciones desde 200 msnm hasta más de 500 msnm. Estas condiciones inciden en la disponibilidad de forraje, el manejo del agua y las estrategias de alimentación y manejo del ganado, por lo que el distrito constituye un escenario pertinente para el análisis de prácticas ganaderas vinculadas tanto a la productividad como a la mitigación de gases de efecto invernadero.

Estas condiciones hacen del distrito de Bugaba un escenario pertinente para el análisis de prácticas ganaderas vinculadas tanto a la productividad como a la mitigación de gases de efecto invernadero en sistemas lecheros tropicales.

El clima de Bugaba es muy caliente y opresivo durante todo el año; la temperatura generalmente varía entre 21 °C y 33 °C. En cuanto a la precipitación, octubre es el mes más lluvioso, con un promedio de 228 mm de lluvia, mientras que febrero es el más seco, con un promedio de 18 mm (Weather Spark, s. f.). Los suelos predominantes son inceptisoles, francos arenosos, con topografía plana en los corregimientos de Santa Marta y Santo Domingo y ondulada en Sortová, con pH de alrededor de 5,5 y un déficit hídrico de cinco meses desde finales de diciembre hasta mediados de abril (IDIAP, 1991).

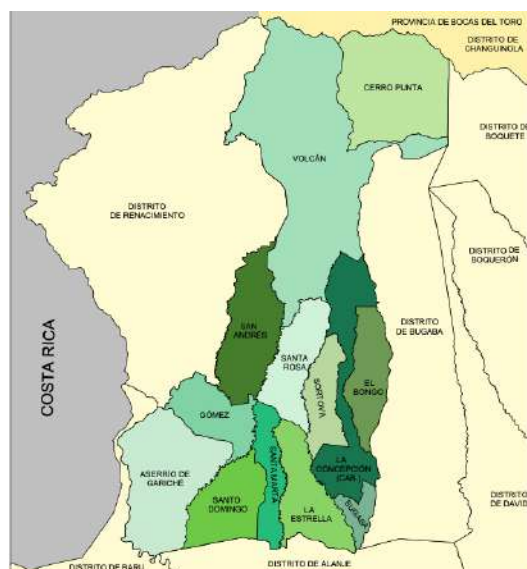


Figura 2. Mapa de distrito de Bugaba con sus corregimientos. Fuente: Elaborado por la sección de cartografía, Instituto Nacional de Estadística y Censo, Contraloría General de la República.

3.2 Tipo y enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolló con predominio cualitativo, de alcance descriptivo-diagnóstico y diseño no experimental de corte transversal. La información se recolectó mediante una encuesta semiestructurada y observación directa en 39 fincas lecheras del distrito de Bugaba. El componente cualitativo se concentró en la identificación y descripción contextual de las Buenas Prácticas

Ganaderas, su estado de implementación y las fuentes potenciales de emisión de GEI observadas en finca.

De manera complementaria, se empleó estadística descriptiva básica para organizar y resumir la información recolectada mediante frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar, así como un análisis de conglomerados de carácter exploratorio para agrupar fincas según patrones de adopción. En consecuencia, el estudio no estimó emisiones ni evaluó relaciones causales, sino que construyó un diagnóstico empírico de la situación observada.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población de estudio

La población de estudio estuvo constituida por fincas dedicadas a la producción lechera ubicadas en los trece corregimientos del distrito de Bugaba. Se incluyeron tanto fincas especializadas en producción de leche como sistemas de doble propósito que realizan ordeño de manera regular.

3.3.2 Muestra y tipo de muestreo

Se trabajó con una muestra de 39 fincas lecheras, seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, considerando criterios de accesibilidad, disposición de los productores a participar y representatividad de distintos niveles de producción.

Adicionalmente, las fincas fueron clasificadas por rangos de producción (grados A, B y C), con el fin de capturar la heterogeneidad productiva existente en el distrito y facilitar análisis comparativos posteriores. Esta clasificación permitió analizar

patrones de adopción de prácticas en función de la escala productiva, sin pretender inferencias estadísticas a nivel poblacional.

El tamaño de la muestra es consistente con estudios diagnósticos de carácter exploratorio en sistemas ganaderos, donde el énfasis se centra en la caracterización detallada de las fincas visitadas más que en la extrapolación estadística.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica de recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante la aplicación de una encuesta semiestructurada, complementada con observación directa durante la visita a cada finca. Esta combinación permitió registrar tanto la información declarada por el productor como elementos observables relacionados con el manejo productivo y ambiental.

3.4.2 Instrumento de recolección de datos

El instrumento utilizado fue una encuesta semiestructurada diseñada específicamente para este estudio (véase Anexo 1). El cuestionario incluyó secciones para la caracterización sociodemográfica del productor, la caracterización productiva de la finca, la identificación de Buenas Prácticas Ganaderas con potencial de mitigación de GEI, la evaluación del estado de adopción de dichas prácticas y la identificación cualitativa de fuentes potenciales de emisión de GEI presentes en la finca.

La guía de encuesta aplicada se presenta en el Anexo 1, mientras que la evidencia fotográfica recopilada durante las visitas de campo se incluye en los Anexos 2 al 11.

La encuesta incluyó un aviso de confidencialidad y consentimiento informado, garantizando el uso anónimo de la información y el derecho del participante a no responder preguntas que considerara sensibles.

Como técnica complementaria de recolección de información, se realizó un registro documental mediante la revisión y documentación fotográfica de las prácticas encontradas.

La información recopilada se utilizó exclusivamente con fines descriptivos, sin establecer relaciones causales con la reducción o incremento de emisiones de gases de efecto invernadero, dado que el diseño del estudio no contempla mediciones directas de metano u otros gases.

3.5 Variables observadas y operacionalización

El estudio se centró en tres grupos principales de variables, alineadas con los objetivos específicos de la investigación:

3.5.1 Buenas Prácticas Ganaderas (BPG)

Se registró la presencia o ausencia de un conjunto de Buenas Prácticas Ganaderas identificadas en la literatura como relevantes para la mitigación de GEI en sistemas lecheros tropicales. Estas prácticas fueron agrupadas en categorías funcionales, tales como manejo forrajero, nutrición, genética, sistemas silvopastoriles, gestión hídrica y gestión de residuos.

La variable fue operacionalizada de manera dicotómica (Sí/No), permitiendo calcular frecuencias y porcentajes de adopción.

3.5.2 Estado de adopción de las BPG

Para las prácticas identificadas como presentes, se evaluó su estado de implementación mediante una escala cualitativa de cero a cinco, donde:

- Cero = ausencia
- Cinco = implementación adecuada

Los valores intermedios representaron niveles crecientes de adopción observados durante la visita de campo y reportados por el productor. Esta escala se utilizó como un indicador operativo del nivel de adopción y no como una medida directa de eficiencia ambiental o de reducción de emisiones.

La evaluación consideró tanto la percepción del productor como la observación realizada durante la visita de campo realizada por la investigadora.

3.5.3 Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero

Se identificaron de manera cualitativa las fuentes potenciales de emisión de GEI presentes en cada finca, tales como fermentación entérica, manejo de estiércol, emisiones del suelo por deyecciones, y uso de energía basada en combustibles fósiles.

La identificación se realizó a partir de condiciones observables y prácticas de manejo, sin estimar cuantitativamente emisiones ni convertirlas a CO₂ equivalente.

3.6 Procedimiento de campo

El trabajo de campo se desarrolló mediante visitas directas a las fincas seleccionadas, durante las cuales se aplicó la encuesta al productor o responsable de la unidad productiva.

Durante cada visita se siguió el siguiente procedimiento:

1. Explicación del objetivo del estudio y solicitud de consentimiento.
2. Aplicación de la encuesta.
3. Observación directa de las prácticas productivas y ambientales.
4. Registro de información complementaria relevante para la interpretación de los datos.

La evaluación del estado de adopción de las prácticas se realizó considerando criterios homogéneos para todas las fincas, con el fin de reducir la subjetividad del evaluador.

3.7 Consideraciones éticas

La investigación respetó los principios éticos básicos de confidencialidad, voluntad del productor para responder y el anonimato de quienes participaron. La información recolectada fue utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

Los productores participantes fueron informados de que su identidad no sería revelada y de que podían retirarse del estudio en cualquier momento de así desearlo.

3.8 Plan de análisis de los datos

El análisis de la información se desarrolló en dos niveles complementarios. En primer lugar, se realizó un análisis cualitativo-descriptivo de la información obtenida mediante encuesta, observación directa y registro documental, con el fin de identificar prácticas presentes, describir su forma de implementación y reconocer fuentes potenciales de emisión de GEI. En segundo lugar, se aplicó estadística descriptiva básica como apoyo al ordenamiento y síntesis de los datos: frecuencias y porcentajes para la presencia de Buenas Prácticas Ganaderas, media y desviación estándar para el estado de adopción de las prácticas, y análisis de conglomerados con fines exploratorios para construir tipologías de fincas según similitud en sus patrones de adopción. Este tratamiento analítico se utilizó con fines diagnósticos y no inferenciales.

En coherencia con el diseño adoptado, los resultados deben interpretarse como una caracterización diagnóstica de las fincas visitadas y no como estimaciones generalizables al total de unidades productivas del distrito. De igual forma, la investigación identifica fuentes potenciales de emisión y niveles de adopción de prácticas, pero no cuantifica flujos de CH₄, N₂O o CO₂ equivalente, por lo que sus hallazgos constituyen una línea base para estudios posteriores de medición directa o modelación de emisiones.

IV- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Síntesis de los hallazgos principales

La presente investigación tuvo como propósito diagnosticar la presencia, el estado de adopción y las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) en fincas lecheras del distrito de Bugaba. Los resultados evidencian un escenario heterogéneo, caracterizado por una alta adopción de prácticas productivas básicas, una incorporación significativa de componentes silvopastoriles simples, y una brecha marcada en la adopción de prácticas de gestión ambiental, particularmente aquellas relacionadas con el manejo del estiércol.

Esta diversidad productiva es relevante desde el punto de vista ambiental, ya que el tipo de sistema, el nivel de intensificación y la eficiencia del manejo pueden modificar la intensidad de emisiones por unidad de producto al influir sobre la dieta, la conversión alimentaria y la organización de la finca (Molina Benavides et al., 2018; Peña-Avelino et al., 2024; Jacobo et al., 2020).

Este patrón es consistente con lo documentado en la literatura internacional y regional, donde se señala que los productores suelen priorizar prácticas con retornos productivos directos y visibles, mientras que las prácticas con beneficios ambientales más indirectos o de largo plazo presentan mayores barreras de adopción (Brouček, 2018; Udourioh et al., 2025). En este sentido, los resultados no deben interpretarse como una ausencia de interés por la sostenibilidad, sino como una racionalidad productiva condicionada por costos, conocimiento y percepción de beneficios. Esta lógica de adopción es consistente con la evidencia

de que las medidas de mitigación con mayor costo inicial o con beneficios ambientales diferidos tienden a implementarse más lentamente en contextos de países en desarrollo, por barreras financieras, técnicas y de percepción de riesgo (Udourioh et al., 2025; Jayasundara et al., 2016).

Desde una perspectiva metodológica, el enfoque diagnóstico adoptado permitió identificar con claridad las fortalezas y debilidades del sistema productivo local, sin incurrir en inferencias cuantitativas sobre emisiones. La literatura señala que la estimación integral de GEI en fincas requiere modelar múltiples flujos (animal–estiércol–suelo–energía), por lo que los estudios diagnósticos son útiles para priorizar fuentes y orientar mediciones posteriores sin extrapolar emisiones (Rotz, 2018). Esto fortalece la validez interna del estudio y delimita adecuadamente el alcance de las conclusiones.

4.2. Caracterización de los productores y las fincas

La información analizada proviene de 39 encuestas semiestructuradas aplicadas a productores lecheros del distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí. Los resultados se presentan de manera descriptiva, conforme al diseño metodológico planteado, y permiten caracterizar a los productores, las unidades productivas evaluadas, la adopción de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) y la presencia de fuentes potenciales de GEI.

4.2.1 Perfil sociodemográfico de los productores

El análisis del perfil sociodemográfico de los productores revela que la actividad lechera en el distrito de Bugaba es desarrollada predominantemente por hombres, quienes representaron el 85% de la muestra ($n = 33$), mientras que las mujeres

constituyeron el 15% restante ($n = 6$). Este resultado es consistente con la estructura tradicional del sector ganadero en la región.

La edad promedio de los productores se encuentra en los 60 años, con una desviación estándar de ± 14.5 años, lo que evidencia una población productora mayoritariamente adulta. Este rasgo etario sugiere la presencia de una amplia experiencia empírica acumulada, aunque también plantea desafíos relacionados con el relevo generacional y la adopción sostenida de innovaciones en el largo plazo.

En cuanto al nivel educativo, se observó una distribución heterogénea. Un 46 por ciento de los productores reportó haber completado estudios universitarios, un 5 por ciento indicó haber iniciado estudios superiores sin culminarlos, un 36 por ciento alcanzó educación secundaria completa y un 13 por ciento reportó únicamente educación primaria (Ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Caracterización sociodemográfica de los productores lecheros encuestados del distrito de Bugaba ($n=39$).

VARIABLE	CATEGORÍA	FRECUENCIA (N)	PORCENTAJE (%)	MEDIA ($\pm$ DE)
GÉNERO	Hombre	33	85	-
	Mujer	6	15	-
EDAD (AÑOS)	-	39	100	60 (± 14.5)
NIVEL EDUCATIVO	Universitario completo	18	46	-
	Universitario incompleto	2	5	-
	Secundaria completa	14	36	-
	Primaria completa	5	13	-

4.2.2. Características productivas de las fincas

Las fincas evaluadas presentaron una amplia heterogeneidad productiva, tanto en su orientación como en su escala de producción. En relación con el tipo de sistema, el 51.3 por ciento de las fincas ($n = 20$) se dedica a la producción especializada de leche, utilizando razas como Holstein, Jersey, Gyr lechero y Montbéliarde. Por su parte, el 43.6 por ciento ($n = 17$) correspondió a sistemas de doble propósito, con predominio de razas como Girolando y Pardo Suizo. Se identificaron además dos fincas (5.1 por ciento) que utilizaban razas típicamente cárnicas para ordeño, orientadas principalmente a la elaboración artesanal de queso.

La producción diaria de leche mostró una marcada variabilidad, con valores que oscilaron entre 20 y 2450 litros por día. La mayoría de las fincas se concentró en los estratos de pequeña y mediana escala: el 59 por ciento produce entre 101 y 500 L/día, el 15.4 por ciento produce ≤ 100 L/día, y el 23.1 por ciento se ubicó entre 501 y 1500 L/día. Solo una finca (2.6 por ciento) superó los 1500 L/día.

Respecto al destino de la leche, se observó una diversificación de canales de comercialización, predominando la venta a empresas procesadoras como Estrella Azul (38.5 por ciento) y La Nevada (30.8 por ciento), así como a queserías artesanales (17.9 por ciento). Esta diversidad refleja distintos grados de integración a la cadena láctea formal (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Caracterización productiva de las fincas lecheras evaluadas en el distrito de Bugaba (n=39).

VARIABLE	CATEGORÍA	FRECUENCIA (N)	PORCENTAJE (%)
ORIENTACIÓN DEL HATO	Especializado en leche	20	51.3
	Doble propósito	17	43.6
	Otro (Razas cárnicas)	2	5.1
PRODUCCIÓN DIARIA (L)	≤ 100	6	15.4
	101 – 500	23	59.0
	501 – 1500	9	23.1
	> 1500	1	2.6
DESTINO DE LA LECHE	Estrella Azul	15	38.5
	La Nevada	12	30.8
	Queserías Artesanales	7	17.9
	Nestlé	3	7.7
	Otros	2	5.1

4.3. Resultados y discusión por objetivos específicos

4.3.1. Objetivo 1: Identificación y caracterización de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG)

En concordancia con el enfoque diagnóstico del estudio, se identificó la presencia de 13 Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) con potencial de mitigación de gases de efecto invernadero en las fincas evaluadas. La identificación se realizó a partir del reporte del productor y de la observación directa durante las visitas de campo. Bajo este enfoque, el listado de BPG identificado se presenta por frecuencia de adopción y se categoriza según su función predominante dentro del sistema productivo.

Las prácticas con adopción universal (100 por ciento) fueron: pasto mejorado, árboles dispersos en potreros, cercas vivas y rotación del ganado. Estas prácticas

constituyen la base productiva predominante de los sistemas lecheros evaluados y reflejan un manejo pastoril relativamente estructurado.

Otras prácticas mostraron altos niveles de adopción, como la suplementación con concentrados (87.2 por ciento) y el mejoramiento genético del hato (84.6 por ciento), evidenciando una orientación productiva hacia el aumento de la eficiencia y del rendimiento animal.

En contraste, las prácticas vinculadas directamente con la gestión ambiental, como el manejo de estiércol, la cosecha de agua de lluvia, el tratamiento de aguas residuales y la lombricultura, presentaron bajos niveles de adopción, con frecuencias inferiores al 21 por ciento. Estos resultados indican que, si bien existen avances en prácticas productivas, persisten brechas significativas en la adopción de prácticas orientadas específicamente a la mitigación ambiental.

Cuadro 3. Listado y frecuencia de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) identificadas en las fincas (n=39).

Práctica (BPG)	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Categoría
Pasto Mejorado	39	100	Manejo Forrajero
Árboles Dispersos en Potreros	39	100	Sistema Silvopastoril
Cercas Vivas	39	100	Sistema Silvopastoril
Rotación del Ganado	39	100	Manejo Animal
Suplementación con Concentrados	34	87.2	Nutrición
Mejoramiento Genético	33	84.6	Genética
Ensilaje	23	59	Nutrición/Conservación
Pasto de Corte	19	48.7	Manejo Forrajero
Manejo de Estiércol	8	20.5	Gestión de Residuos
Cosecha de Agua de Lluvia	7	17.9	Gestión Hídrica
Banco de Forraje	4	10.3	Manejo Forrajero
Tratamiento de Aguas Residuales	2	5.1	Gestión de Residuos
Lombricultura	2	5.1	Gestión de Residuos

La adopción universal de prácticas con el uso de patos mejorados, la rotación del ganado y la presencia de árboles dispersos y cercas vivas sugiere que las fincas lecheras de Bugaba cuentan con una base productiva compatible con enfoque de ganadería sostenible.

Este resultado coincide con Murgueitio Restrepo et al. (2016), quienes señalan que los sistemas silvopastoriles integran pastos de alta calidad con árboles y

arbustos forrajero, aumentan la oferta alimenticia, mejoran el bienestar animal mediante la sombra y contribuyen al secuestro de carbono en la biomasa aérea y en el suelo. Por lo tanto, la presencia de árboles dispersos y cercas vivas en las fincas evaluadas constituye un hallazgo relevante, aunque todavía debe complementarse con prácticas de gestión ambiental más específicas, como manejo de estiércol, tratamientos de aguas residuales y cosecha de agua.

El patrón de adopción observado sugiere una base productiva relativamente consolidada en prácticas vinculadas al manejo forrajero, la suplementación, la genética y componentes silvopastoriles básicos, pero con rezago en prácticas de gestión de residuos y agua. Esta asimetría es consistente con la literatura, que reporta mayor adopción de medidas con beneficios productivos directos frente a aquellas cuyo beneficio ambiental es menos inmediato o requiere inversión e infraestructura adicional (Brouček, 2018; Jayasundara et al., 2016; Rotz, 2018; Udourioh et al., 2025).

La literatura indica que los sistemas con componente arbóreo contribuyen a la captura de carbono en biomasa y suelo, mejoran el microclima para el ganado y pueden reducir la intensidad de emisiones por unidad de producto, aun cuando no se implementen sistemas silvopastoriles intensivos (López-Guerrero & Meneses, 2023). En este sentido, la situación observada en Bugaba puede interpretarse como un punto de partida favorable, más que como un sistema plenamente optimizado. En sistemas tropicales, incluso arreglos silvopastoriles simples pueden contribuir a compensar emisiones mediante captura de carbono y mejora

del microclima, lo que impacta bienestar y eficiencia productiva (Villanueva et al., 2023; Murgueitio Restrepo et al., 2016).

Asimismo, la alta adopción de suplementación con concentrados y mejoramiento genético refleja una orientación clara hacia el incremento de la eficiencia productiva. Este resultado coincide con lo reportado por Brouček (2018) y Løvendahl et al. (2018), quienes señalan que mejorar la eficiencia alimentaria y genética permite reducir la intensidad de emisiones de metano por litro de leche, al diluir los requerimientos energéticos de mantenimiento.

No obstante, la baja adopción de prácticas como el manejo de estiércol, la cosecha de agua y el tratamiento de aguas residuales evidencia una asimetría en la adopción de BPG, donde las prácticas con beneficios productivos directos superan ampliamente a aquellas cuyo beneficio ambiental es menos inmediato o requiere inversión inicial.

En contraste, las prácticas vinculadas con la gestión de residuos y agua tuvieron menor presencia en las fincas evaluadas, a pesar de que la literatura las reconoce como rutas relevantes de mitigación fuera del rumen. El manejo de estiércol, el tratamiento de aguas residuales, la cosecha de agua y la lombricultura pueden contribuir a mejorar el desempeño sanitario y ambiental del sistema y a reducir condiciones favorables para emisiones asociadas a excretas; sin embargo, su adopción suele ser menor cuando requieren infraestructura, mantenimiento o acompañamiento técnico adicional (Jayasundara et al., 2016; Udourioh et al., 2025; Rotz, 2018).

4.3.2. Objetivo 2: Estado de adopción de las BPG

El estado de adopción de las BPG identificadas se evaluó mediante una escala cualitativa de cero a cinco, de acuerdo con lo establecido en el marco metodológico. Esta escala permitió valorar el grado de implementación de las prácticas presentes, sin pretender cuantificar impactos ambientales directos. Para fortalecer la interpretación del estado de adopción, se consideraron dos fuentes complementarias: la observación realizada durante la visita de campo por la investigadora y la percepción reportada por el productor. De esta forma, el análisis integra tanto elementos observables del manejo de la finca como la valoración del productor sobre la práctica implementada.

La evaluación del estado de adopción mostró diferencias entre las Buenas Prácticas Ganaderas identificadas. Según el puntaje observado, los valores más altos se presentaron en mejoramiento genético, suplementación con concentrados, rotación del ganado y ensilaje. También se registraron valores altos en árboles dispersos en potreros, cercas vivas y pasto mejorado. En contraste, el manejo de estiércol y el tratamiento de aguas residuales presentaron los puntajes más bajos. En conjunto, la información confirma diferencias en el nivel de implementación de las prácticas evaluadas (Cuadro 4).

Las prácticas relacionadas con la mejora productiva, como el mejoramiento genético y la suplementación con concentrados, alcanzaron los puntajes más altos observados, con valores de 5.0 y 4.9, respectivamente. Esto indica una implementación consistente y técnicamente adecuada en las fincas que las adoptan.

Las prácticas silvopastoriles básicas, como árboles dispersos en potreros y cercas vivas, también presentaron niveles altos de adopción, con promedios de 4.4 y 4.3, reflejando su integración funcional en el sistema productivo.

Por el contrario, las prácticas de gestión de residuos y agua mostraron baja frecuencia, menores puntajes promedio en algunos casos y mayor variabilidad, lo que evidencia implementaciones incipientes, parciales o poco sistematizadas. Este patrón refuerza la existencia de una brecha entre prácticas orientadas a la productividad y aquellas orientadas a la sostenibilidad ambiental (Cuadro 4).

Cuadro 4. Estado de adopción de las principales Buenas Prácticas Ganaderas identificadas, según observación de campo y percepción del productor.

Práctica (BPG)	Número de fincas que la adoptan	Puntaje observado por la investigadora (0-5)	Puntaje reportado por el productor (0-5)	Desviación estándar
Mejoramiento genético	33	5.0	4.89	0.0
Suplementación con concentrados	34	4.9	4.74	0.3
Rotación del ganado	39	4.7	4.97	0.6
Árboles dispersos en potreros	39	4.4	4.65	0.7
Cercas vivas	39	4.3	4.61	0.8
Ensilaje	23	4.3	4.80	1.0
Pasto mejorado	39	4.2	4.35	0.9
Pasto de corte	19	4.1	4.29	1.1
Banco de forraje	4	4.0	3.67	1.4
Cosecha de agua de lluvia	7	4.0	2.67	1.2
Manejo de estiércol	8	2.83	3.00	1.5
Lombricultura	2	4.0	No disponible	2.8
Tratamiento de aguas residuales	2	2.0	2.75	1.4

Nota. El puntaje observado por la investigadora corresponde a la valoración realizada durante la visita de campo, mientras que el puntaje reportado por el productor refleja la percepción del propio productor sobre el estado de implementación de la práctica en su finca. Ambos valores se expresan en una escala de 0 a 5, donde 0 indica ausencia y 5 implementación adecuada. La desviación estándar corresponde a la variabilidad del puntaje observado en las

fincas que adoptan cada práctica. Esta escala no mide directamente la reducción de emisiones de GEI, sino el estado de adopción de las BPG identificadas.

La comparación entre el puntaje observado por la investigadora y el puntaje reportado por el productor permite identificar coincidencias y diferencias en la valoración del estado de adopción. En prácticas como mejoramiento genético, suplementación con concentrados, rotación del ganado, árboles dispersos, cercas vivas, ensilaje y pasto mejorado, ambos puntajes se mantienen en niveles altos, lo que indica una percepción relativamente consistente sobre su implementación. En cambio, en prácticas como cosecha de agua de lluvia, manejo de estiércol y tratamiento de aguas residuales se observan valores más bajos o mayores diferencias entre la percepción del productor y la observación de campo, lo que sugiere implementaciones parciales, poco sistematizadas o con necesidad de mayor acompañamiento técnico.

Esta diferencia es importante porque evidencia que algunas prácticas pueden estar presentes en la finca, pero no necesariamente implementadas con el mismo nivel de desarrollo técnico. Por ello, el puntaje del productor debe interpretarse como una valoración complementaria, no como sustituto de la observación de campo. Esta decisión es coherente con el enfoque metodológico del estudio, el cual combina información declarada por los productores con observación directa de las prácticas productivas y ambientales.

El perfil educativo relativamente alto observado en la muestra puede favorecer la comprensión y aplicación de recomendaciones técnicas, especialmente en prácticas que requieren ajustes de manejo, inversión o seguimiento operativo.

Diversos estudios han señalado que el capital humano, la edad, el nivel educativo y el acceso a asistencia técnica influyen en la adopción efectiva de innovaciones productivas y ambientales en sistemas ganaderos (Marín-López et al., 2022; Udourioh et al., 2025; Jayasundara et al., 2016).

El patrón de puntajes confirma una diferencia entre prácticas con retorno productivo inmediato y prácticas de gestión ambiental que requieren infraestructura, asistencia técnica o costos iniciales más altos. Este comportamiento ha sido reportado en la literatura sobre ganadería y mitigación, donde las mejoras en nutrición, genética y manejo del hato suelen implementarse con mayor solidez que las prácticas de tratamiento de estiércol, agua o residuos (Brouček, 2018; Udourioh et al., 2025; Jayasundara et al., 2016).

En contraste, las prácticas de gestión de residuos mostraron no solo baja frecuencia, sino también bajos niveles de implementación y alta variabilidad, lo que sugiere intentos incipientes, no sistematizados o dependientes de iniciativas individuales. Este patrón ha sido ampliamente documentado en países en desarrollo, donde el manejo del estiércol enfrenta barreras económicas, técnicas y culturales (Jayasundara et al., 2016; Udourioh et al., 2025).

La literatura destaca que tecnologías como los biodigestores pueden reducir las emisiones de metano del estiércol entre un 50% y un 70%, además de generar energía renovable y biofertilizantes. Sin embargo, su adopción suele estar limitada por los costos iniciales, la necesidad de mantenimiento técnico y la falta de incentivos claros (Udourioh et al., 2025). Los resultados de Bugaba se alinean con este diagnóstico regional. Estos sistemas son descritos como soluciones “ganar-

ganar” por su potencial de reducción de CH₄ y por la producción de bioenergía y biofertilizantes, aunque requieren soporte e incentivos para escalar (Udourioh et al., 2025; Montes Valencia, 2025).

De manera complementaria, se realizó un taller participativo con productores del distrito de Bugaba y técnicos del MIDA de la región de Chiriquí. En este taller se presentaron las prácticas encontradas durante las visitas de campo, con el propósito de valorar cuáles de ellas eran consideradas más relevantes para la mitigación de gases de efecto invernadero en las fincas lecheras evaluadas (véanse Anexos 12 y 13).

La valoración se realizó mediante una escala de importancia de cinco puntos, donde 1 representó muy baja importancia, 2 baja importancia, 3 importancia media, 4 alta importancia y 5 muy alta importancia. A diferencia del Cuadro 5, esta valoración no mide el estado de adopción en finca, sino la percepción de relevancia técnica y productiva de cada práctica para la mitigación de GEI.

Cuadro 5. Relevancia percibida de las BPG para la mitigación de GEI según taller con productores y técnicos del MIDA.

PRÁCTICA EVALUADA	PROMEDIO DE EVALUACIÓN
PASTO MEJORADO	4.69
ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS	4.69
MEJORAMIENTO GENÉTICO	4.62
ROTACIÓN DE GANADO	4.54
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	4.54
COSECHA DE AGUA	4.54
CERCAS VIVAS	4.46
MANEJO DE ESTIÉRCOL	4.38
ENSILAJE	4.31
PASTO DE CORTE	4.31
BANCO DE FORRAJE	4.31
SUPLEMENTACIÓN A BASE DE CONCENTRADOS	3.77

Nota. La escala utilizada fue: 1 = muy baja importancia, 2 = baja importancia, 3 = importancia media, 4 = alta importancia y 5 = muy alta importancia. Los valores corresponden a la percepción de relevancia para la mitigación de GEI, no al nivel de adopción observado en finca.

Los resultados del taller muestran que las prácticas mejor valoradas fueron el pasto mejorado y los árboles dispersos en potreros, ambas con un promedio de 4.69, seguidas por el mejoramiento genético, con 4.62. También recibieron valoraciones altas la rotación de ganado, el tratamiento de aguas residuales y la

cosecha de agua, cada una con un promedio de 4.54. Esto indica que los participantes reconocen la importancia tanto de las prácticas productivas como de las prácticas ambientales dentro de una estrategia de mitigación.

Un aspecto relevante es que algunas prácticas con bajo nivel de adopción en las fincas fueron consideradas altamente importantes durante el taller. Este es el caso del tratamiento de aguas residuales y el manejo de estiércol. Aunque estas prácticas presentaron baja frecuencia y menor nivel de implementación en campo, fueron valoradas como relevantes para la mitigación de GEI. Esta diferencia evidencia una brecha entre el reconocimiento de su importancia ambiental y su aplicación efectiva en las unidades productivas.

En el caso del manejo de estiércol, los participantes señalaron que algunas fincas cuentan con estructuras básicas, como tinajas de separación de sólidos y líquidos; sin embargo, estas no siempre se acompañan de un tratamiento adecuado. En algunos casos, el manejo se limita a separar los residuos y utilizarlos directamente como fertilizante, sin procesos más sistemáticos de estabilización, aprovechamiento o reducción de emisiones. Esta situación refuerza lo señalado por la literatura respecto a que las prácticas de gestión de estiércol requieren infraestructura, capacitación y acompañamiento técnico para lograr una implementación efectiva (Jayasundara et al., 2016; Udourioh et al., 2025).

Respecto al mejoramiento genético, se destacó la importancia de mantener registros adecuados de los animales, ya que estos permiten seleccionar ejemplares productivamente eficientes y mejor adaptados a las condiciones locales. Desde una perspectiva ambiental, contar con animales más eficientes

puede contribuir a reducir la intensidad de emisiones por unidad de producto, siempre que esta práctica se acompañe de un manejo nutricional, sanitario y reproductivo adecuado. Esta interpretación coincide con estudios que relacionan la eficiencia productiva, la nutrición y el manejo del hato con la reducción de la intensidad de emisiones en sistemas ganaderos (Brouček, 2018; Jayasundara et al., 2016).

La suplementación a base de concentrados obtuvo el promedio más bajo dentro del taller, con 3.77, aunque se mantiene en un nivel medio-alto de importancia. Este resultado puede explicarse por diferencias de criterio entre los participantes. Mientras algunos consideran que la suplementación mejora la eficiencia productiva y puede reducir emisiones por litro de leche producido, otros advierten que también deben considerarse las emisiones indirectas asociadas a la producción, transporte y formulación de los concentrados. Por ello, esta práctica debe analizarse no solo desde su efecto productivo inmediato, sino también desde una perspectiva integral de sostenibilidad (Brouček, 2018; Jayasundara et al., 2016).

En relación con los árboles dispersos en potreros, se sugirió la posibilidad de incorporar especies frutales como alternativa complementaria dentro del sistema productivo. No obstante, también se indicó que su inclusión debe realizarse con criterios técnicos, considerando la densidad, ubicación y manejo de las especies para evitar competencia excesiva con los pastos mejorados. Esta observación es coherente con la literatura sobre sistemas silvopastoriles, en la cual se reconoce que la cobertura arbórea puede aportar beneficios ambientales y productivos,

siempre que sea manejada adecuadamente dentro del sistema ganadero (Marín-López et al., 2022; Jayasundara et al., 2016).

En conjunto, los resultados del estado de adopción y del taller participativo permiten identificar dos dimensiones complementarias. Por un lado, el análisis de campo muestra qué prácticas están actualmente implementadas y con qué nivel de desarrollo. Por otro lado, la valoración participativa evidencia cuáles prácticas son consideradas más relevantes por productores y técnicos para la mitigación de GEI. Esta comparación permite reconocer áreas prioritarias de intervención, especialmente en el tratamiento de aguas residuales, el manejo de estiércol, la cosecha de agua y los bancos de forraje, debido a que presentan potencial ambiental reconocido, pero aún requieren mayor adopción, fortalecimiento técnico o sistematización en las fincas lecheras del distrito de Bugaba. Estos resultados son consistentes con la literatura que señala que las prácticas ambientales de mayor complejidad suelen requerir asistencia técnica, inversión inicial e incentivos institucionales para lograr una adopción sostenida (Udourioh et al., 2025; Jayasundara et al., 2016; Montes Valencia, 2025).

4.3.3. Objetivo 3: Fuentes de emisión de GEI identificadas

La identificación de fuentes potenciales de emisión de GEI se realizó de manera cualitativa, en coherencia con el alcance metodológico del estudio. La fermentación entérica fue identificada como una fuente presente en el 100 por ciento de las fincas, al ser un proceso intrínseco a la producción lechera bovina.

El manejo del estiércol emergió como un punto crítico: en el 79.5 por ciento de las fincas, las excretas se depositan directamente en el campo o en corrales sin

tratamiento, lo que representa una condición favorable para la generación de emisiones de metano y óxido nitroso. Solo el 20.5 por ciento de las fincas implementó algún tipo de manejo básico del estiércol.

Se registró el uso de fertilización en una proporción importante de fincas (79.5 por ciento; n=31), por lo que esta fuente no debe descartarse dentro del diagnóstico de emisiones potenciales asociadas a los suelos agrícolas.

El uso de combustibles fósiles para transporte y bombeo de agua estuvo presente en el 76.9 por ciento de las fincas, mientras que el uso de energías renovables fue limitado (5.1 por ciento) (Cuadro 6).

Cuadro 4. Fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) identificadas en las fincas lecheras (n = 39)

Fuente de Emisión	Presencia (Sí/No)	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	GEI Principal	Condición Observada
Fermentación entérica	Sí	39	100	CH ₄	Proceso intrínseco a la actividad ganadera.
Manejo de estiércol					
a) Sin tratamiento (campo abierto)	Sí	31	79.5	CH ₄ , N ₂ O	Deposición directa en potreros o corrales sin tratamiento.
b) Con manejo (compostaje, biodigestor)	Sí	8	20.5	CH ₄ (capturado)	Prácticas básicas o uso incipiente de tecnología.
Suelos agrícolas					
a) Por fertilizantes sintéticos	Sí	31	79.5	N ₂ O	Aplicación reportada por productores.
b) Por deyecciones en pastoreo	Sí	39	100	N ₂ O (indirecto)	Fuente difusa asociada a carga animal.
Uso de energía					
a) Combustibles fósiles (vehículos, bombas)	Sí	30	76.9	CO ₂	Uso frecuente para labores diarias.
b) Energías renovables (solar)	Sí	2	5.1	–	Aplicación muy limitada.

La identificación de fuentes potenciales de emisión confirma que la fermentación entérica es una fuente universal en las fincas lecheras evaluadas, lo cual es coherente con la naturaleza del sistema productivo. La literatura coincide en que, en sistemas pastoriles tropicales, el metano entérico suele constituir la fracción

dominante de las emisiones de GEI, seguido por componentes asociados al estiércol y, según el manejo, por emisiones de N_2O en suelos (Rotz, 2018; Villanueva et al., 2023; Gutiérrez-León et al., 2023).

Aunque el presente estudio no cuantificó emisiones, la alta adopción de prácticas nutricionales y genéticas sugiere un potencial de mitigación indirecta de la intensidad de emisiones, en la medida en que estas pueden mejorar la eficiencia alimentaria y productiva. Esta interpretación es consistente con la literatura que vincula la calidad de la dieta y la eficiencia del sistema con reducciones en emisiones por unidad de leche, aunque la magnitud del efecto depende de la estrategia implementada y del contexto productivo (Peña-Avelino et al., 2024; Rotz, 2018).

El manejo del estiércol identificado en la muestra constituye el principal punto crítico ambiental del sistema. En casi el 80 por ciento de las fincas, las excretas se depositan directamente en potreros o corrales sin tratamiento, mientras que solo una proporción menor reportó alguna forma de manejo. La evidencia indica que el tipo de almacenamiento y tratamiento del estiércol influye en la generación de CH_4 y N_2O , por lo que este componente suele considerarse prioritario en las estrategias de mitigación, especialmente en climas cálidos (Rotz, 2018; Jayasundara et al., 2016).

Debe señalarse, además, que la deposición directa de excretas en pastoreo no elimina el componente climático del estiércol. Aunque evita formas de almacenamiento concentrado, mantiene una fuente difusa de nitrógeno en el suelo y, por tanto, la posibilidad de emisiones de N_2O , cuya magnitud depende de las

condiciones de humedad, temperatura y manejo del sistema (Rotz, 2018; López-Guerrero & Meneses, 2023).

Adicionalmente, la fertilización estuvo presente en una proporción importante de fincas, por lo que no debe considerarse una fuente irrelevante dentro del diagnóstico ambiental del sistema. La literatura reconoce que las emisiones de N_2O en suelos dependen del tipo de fertilizante, la cantidad de nitrógeno aplicada, la humedad, la temperatura y la sincronía de la aplicación, de modo que su importancia relativa puede aumentar en sistemas con mayor uso de insumos (Rotz, 2018; Villanueva et al., 2023; Gutiérrez-León et al., 2023).

Por último, el uso de combustibles fósiles se observó en la mayoría de las fincas, mientras que el uso de energías renovables fue muy limitado. Aunque estas fuentes suelen tener menor peso relativo que el metano entérico, su presencia confirma que el perfil de emisiones potenciales del sistema no depende únicamente del animal, sino también del manejo energético y de las operaciones de la finca (Wang et al., 2025; Rotz, 2018).

4.3.4. Análisis de conglomerados (Tipologías de fincas)

Con el fin de identificar patrones comunes, se realizó un análisis de conglomerados (cluster) jerárquico utilizando como variables los puntajes de adopción de las 13 BPG. La solución óptima, determinada por el dendrograma y el criterio de aglomeración, agrupó a las 39 fincas en tres tipologías diferenciadas (Cuadro 7):

1. **Grupo 1 - Alto Nivel de Adopción ("Innovadores", 15.4 por ciento, n=6):** Fincas con un índice global de adopción promedio >4.5 ;

Caracterizadas por la adopción completa de prácticas forrajeras, silvopastoriles y de nutrición, y por la implementación (aunque en diferentes niveles) de prácticas avanzadas de gestión ambiental (manejo de estiércol, cosecha de agua).

2. **Grupo 2 - Nivel Intermedio de Adopción ("Transicionales", 61.5 por ciento, n=24):** Índice de adopción entre 3.0 y 4.0. Adoptan las prácticas básicas (pasto mejorado, árboles, rotación) y algunas de mejora productiva (concentrados, genética), pero carecen casi por completo de prácticas de gestión de residuos y agua. Representan el grupo más numeroso.
3. **Grupo 3 - Bajo Nivel de Adopción ("Tradicionales", 23.1%, n=9):** Índice de adopción <2.5. Sistemas que se limitan a prácticas básicas, a menudo sin manejo planificado. No implementan suplementación estratégica, mejora genética dirigida ni prácticas ambientales. Suelen ser fincas de menor escala.

Cuadro 5. Caracterización de las tipologías de finca resultantes del análisis de conglomerados.

CARACTERÍSTICA	GRUPO 1: INNOVADORES	GRUPO 2: TRANSICIONALES	GRUPO 3: TRADICIONALES
NÚMERO DE FINCAS (N)	N= 6 15%	N=24 61.5%	N=9 23.1%
ÍNDICE GLOBAL DE ADOPCIÓN (0- 5)	> 4.5	3.0 – 4.0	< 2.5
PRÁCTICAS CLAVE ADOPTADAS	Todas las prácticas básicas, suplementación, genética, y al menos 1 práctica ambiental avanzada.	Prácticas básicas, suplementación y/o genética. Ausencia de prácticas ambientales avanzadas.	Solo prácticas básicas (pasto, árboles), a menudo sin manejo intensivo.
GESTIÓN DE RESIDUOS	Presente (compostaje o biodigestor).	Incipiente o ausente	Ausente.
ESCALA PRODUCTIVA TÍPICA	Media a Alta.	Media.	Baja.

4.4 Caracterización de las prácticas encontradas

En las fincas lecheras evaluadas se identificaron Buenas Prácticas Ganaderas asociadas con distintos componentes del sistema productivo. Entre ellas se registraron prácticas de manejo forrajero y del pastoreo, como pasto mejorado (véase Anexo 4), pasto de corte (véase Anexo 6) y rotación del ganado; prácticas de nutrición y conservación de forrajes, como suplementación con concentrados, ensilaje y banco de proteína (véase Anexo 7); prácticas orientadas a la eficiencia del hato, como el mejoramiento genético (véase Anexo 5);

componentes arbóreos, como árboles dispersos en potreros (véase Anexo 2) y cercas vivas (véase Anexo 3); y prácticas de gestión de residuos y agua, como manejo de aguas residuales (véase Anexo 8), manejo de sólidos orgánicos asociados al estiércol (véase Anexo 9), lombricultura (véase Anexo 10) y cosecha de agua (véase Anexo 11).

La distribución de las Buenas Prácticas Ganaderas identificadas en las fincas evaluadas se resume en la Figura 3.

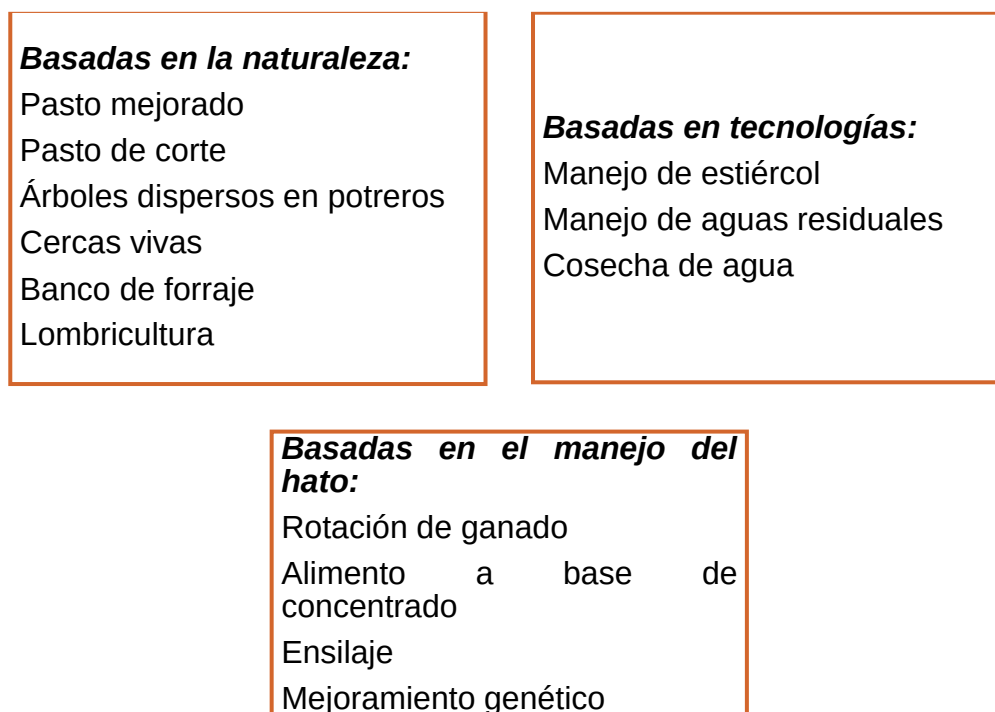


Figura 3. Caracterización de las prácticas encontradas

4.5 Posibles fuentes de emisiones que fueron encontradas en las fincas.

En las fincas evaluadas se identificaron como fuentes potenciales de emisión la fermentación entérica, el manejo de estiércol, los suelos agrícolas por deposición de deyecciones y fertilización, y el uso de energía y combustibles. La fermentación

entérica estuvo presente en la totalidad de las fincas. En el componente de estiércol predominó la deposición directa en campo o corrales sin tratamiento, mientras que una proporción menor reportó alguna forma de manejo. También se registró uso de fertilización en una parte importante de las fincas y empleo de combustibles fósiles para labores operativas, mientras que el uso de energías renovables fue reducido. Como evidencia complementaria de prácticas observadas en campo vinculadas con la gestión de residuos y agua, pueden consultarse los Anexos 8, 9, 10 y 11.

Las fuentes potenciales de emisión identificadas en las fincas evaluadas se resumen en la Figura 4.

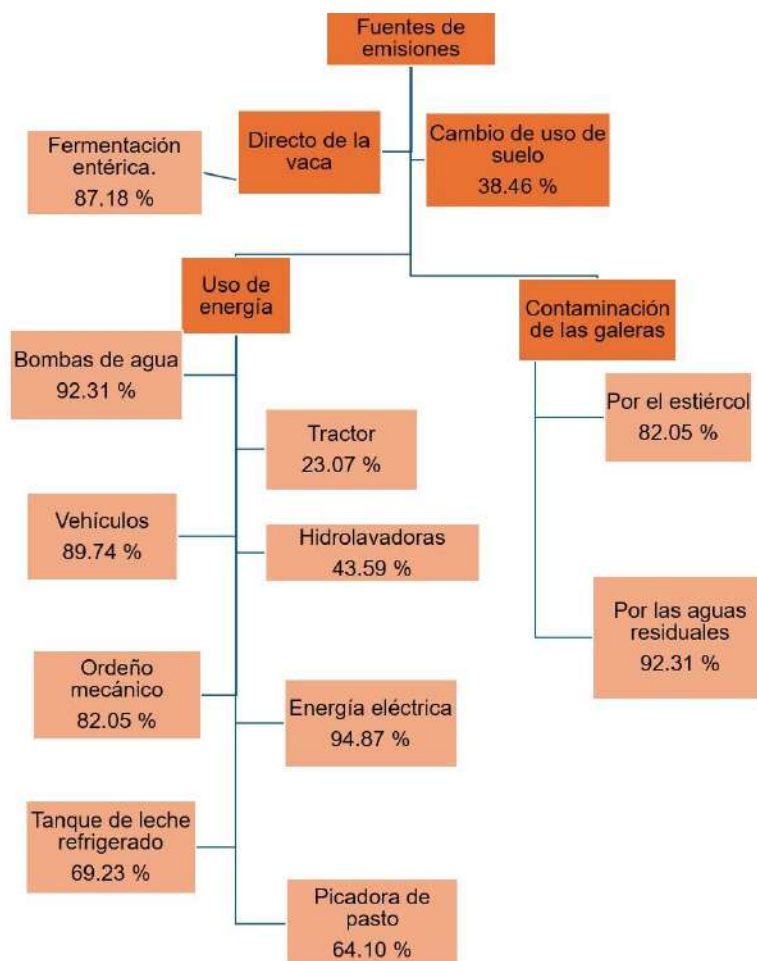


Figura 4. Posibles fuentes de emisiones encontradas en las fincas lecheras evaluadas del distrito de Bugaba.

4.6 Tipologías de fincas y su interpretación

El análisis de conglomerados permitió identificar tres tipologías de fincas: Innovadoras, Transicionales y Tradicionales. Esta clasificación evidencia que el sector lechero de Bugaba no es homogéneo y que las estrategias de mitigación no pueden ser uniformes. La evidencia regional muestra heterogeneidad en eficiencia e intensidad de emisiones según tamaño, tecnificación y manejo, lo que

respalda diseñar intervenciones diferenciadas (Gutiérrez-León et al., 2023; Sandoval et al., 2024).

La clasificación en fincas Innovadoras, Transicionales y Tradicionales confirma que el sector lechero de Bugaba presenta distintos niveles de adopción y, por tanto, distintos puntos de partida para la mitigación. Desde esta perspectiva, la utilidad principal de la tipología no es jerarquizar fincas, sino evidenciar que las estrategias de intervención no deberían diseñarse de forma uniforme. La literatura sobre adopción tecnológica y mitigación en ganadería indica que la implementación de prácticas suele estar condicionada por barreras económicas, técnicas e institucionales, por lo que es esperable observar grupos con adopción alta, intermedia y baja dentro de una misma región (Udourioh et al., 2025; Rotz, 2018; Gutiérrez-León et al., 2023).

Las fincas Innovadoras, aunque minoritarias, muestran que es factible integrar prácticas productivas y ambientales incluso en contextos tropicales, lo cual coincide con experiencias documentadas en otros países de la región (Villanueva et al., 2023; López-Guerrero & Meneses, 2023). Estas fincas pueden desempeñar un rol demostrativo en programas de extensión. Experiencias en la región destacan que fincas con componente arbóreo y BPG pueden alcanzar mejores balances de carbono y servir como referencia para extensión y escalamiento (Villanueva et al., 2023; López-Guerrero & Meneses, 2023).

El grupo Transicional, que concentra la mayor proporción de fincas, representa la mayor oportunidad de impacto, ya que cuenta con una base productiva sólida, pero carece de prácticas ambientales avanzadas. Este patrón ha sido identificado

como característico de sistemas en proceso de intensificación sostenible en América Latina (Sandoval et al., 2024).

Al final, las fincas Tradicionales requieren un enfoque gradual, centrado primero en mejorar la eficiencia productiva básica antes de introducir prácticas de mitigación más complejas. La literatura advierte que imponer exigencias ambientales elevadas en sistemas de baja escala puede resultar contraproducente si no se acompaña de apoyo técnico y financiero (Alayón-Gamboa, 2018).

CONCLUSIONES

Las conclusiones de la presente investigación se formulan a partir del análisis descriptivo de los datos obtenidos en 39 fincas lecheras del distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí, y se presentan en coherencia con los objetivos planteados y el alcance metodológico del estudio.

La investigación permitió diagnosticar la situación actual de las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) con potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) en fincas lecheras de Bugaba, evidenciando un escenario caracterizado por avances significativos en prácticas productivas y una adopción limitada de prácticas de gestión ambiental.

En términos generales, se concluye que las fincas lecheras evaluadas cuentan con una base productiva compatible con enfoques de sostenibilidad, reflejada en la adopción universal de prácticas como pastos mejorados, rotación del ganado y presencia de árboles dispersos y cercas vivas. No obstante, persisten brechas importantes en la adopción y nivel de implementación de prácticas orientadas específicamente a la mitigación ambiental, especialmente en lo relativo al manejo del estiércol y la gestión hídrica.

Asimismo, el estudio confirma que las fuentes potenciales de emisión de GEI identificadas en las fincas son coherentes con lo reportado en la literatura para sistemas lecheros tropicales, destacando la fermentación entérica como una fuente intrínseca y dominante, seguida por el manejo inadecuado de las excretas y el uso de combustibles fósiles.

Se concluye a partir de cada objetivo específico:

Objetivo específico 1: Identificar un listado de Buenas Prácticas Ganaderas con potencial de mitigación de GEI.

Se concluye que en las fincas evaluadas se identificaron 13 Buenas Prácticas Ganaderas relevantes, agrupadas en categorías de manejo forrajero, nutrición, genética, sistemas silvopastoriles, gestión hídrica y gestión de residuos. Las prácticas de carácter productivo y estructural presentaron mayores niveles de adopción que aquellas vinculadas directamente a la gestión ambiental, lo que refleja una priorización de prácticas con beneficios productivos inmediatos.

Objetivo específico 2: Determinar el estado de adopción de las prácticas identificadas.

El análisis del estado de adopción evidenció que, cuando las prácticas productivas son implementadas, su nivel de ejecución suele ser adecuado y consistente. En contraste, las prácticas ambientales mostraron bajos niveles de implementación y alta variabilidad, lo que sugiere barreras técnicas, económicas o de percepción que limitan su adopción efectiva. La escala cualitativa utilizada permitió identificar estas diferencias sin atribuir impactos ambientales cuantitativos.

La valoración realizada en el taller con productores y técnicos del MIDA permitió complementar este resultado, al evidenciar que algunas prácticas ambientales poco adoptadas, como el tratamiento de aguas residuales y el manejo de estiércol, son reconocidas como relevantes para la mitigación de GEI, lo que confirma la necesidad de fortalecer su implementación mediante asistencia técnica y seguimiento institucional.

Objetivo específico 3: Identificar las fuentes de emisión de GEI presentes en las fincas. Se concluye que la fermentación entérica está presente en el 100% de las fincas, mientras que el manejo inadecuado del estiércol constituye un punto crítico en la mayoría de los sistemas evaluados. La ausencia de fertilización nitrogenada sintética reduce la relevancia de esta fuente específica de emisiones, aunque la deposición de deyecciones en pastoreo sigue representando una fuente difusa de óxido nitroso.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio confirma que un enfoque diagnóstico y descriptivo, basado en encuestas semiestructuradas y observación directa, es adecuado para caracterizar prácticas y fuentes potenciales de emisión en sistemas ganaderos. No obstante, se reconoce que este enfoque no permite cuantificar emisiones ni estimar reducciones de GEI, lo cual deberá abordarse en investigaciones futuras mediante metodologías complementarias.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones se formulan considerando el alcance del estudio, los resultados obtenidos y las limitaciones identificadas, y se orientan tanto al ámbito productivo como institucional y académico.

5.1.1 Recomendaciones para los productores

Se recomienda fortalecer la adopción progresiva de prácticas de gestión ambiental, en particular aquellas relacionadas con el manejo del estiércol, tales como compostaje controlado, recolección sistematizada o tecnologías de tratamiento adaptadas a la escala de la finca. Estas prácticas no solo tienen potencial de mitigación de GEI, sino que también pueden generar beneficios productivos indirectos, como el aprovechamiento de biofertilizantes.

Asimismo, se sugiere consolidar y mejorar las prácticas ya adoptadas, especialmente las relacionadas con nutrición, genética y manejo de pasturas, dado su potencial para reducir la intensidad de emisiones por unidad de leche producida.

5.1.2 Recomendaciones para instituciones públicas y privadas

Se recomienda a las instituciones vinculadas al sector agropecuario y ambiental fortalecer los programas de extensión rural y asistencia técnica, con énfasis en la promoción de paquetes tecnológicos diferenciados según el tipo de finca identificado (Innovadoras, Transicionales y Tradicionales).

De igual forma, se sugiere el diseño de incentivos económicos y financieros que faciliten la adopción de prácticas de gestión ambiental, considerando las barreras

de inversión inicial que enfrentan los productores, especialmente en tecnologías como el tratamiento de estiércol y la gestión del agua.

Fortalecer, con apoyo del MIDA y otras instituciones vinculadas al sector agropecuario, procesos de capacitación y acompañamiento técnico dirigidos al manejo de estiércol, tratamiento de aguas residuales, cosecha de agua y bancos de forraje, debido a que estas prácticas fueron reconocidas por productores y técnicos como relevantes para la mitigación de GEI, pero aún presentan baja adopción o requieren mayor sistematización en las fincas evaluadas.

5.1.3 Recomendaciones para futuras investigaciones

Se recomienda que futuras investigaciones incorporen mediciones directas de emisiones de GEI, utilizando metodologías reconocidas (por ejemplo, enfoques de inventario o modelación a nivel de finca), con el fin de cuantificar la contribución real de las prácticas identificadas en este estudio.

De igual manera, se recomienda que futuros estudios incluyan un componente de validación metodológica del instrumento (por ejemplo, revisión por juicio de expertos y/o prueba piloto), con el fin de fortalecer la claridad de los ítems, la consistencia interna y la comparabilidad de los resultados entre distintas zonas. Este paso permitiría perfeccionar la medición del estado de adopción de prácticas y reducir posibles sesgos de interpretación en la aplicación de encuestas en campo.

Asimismo, se sugiere desarrollar análisis económicos que evalúen la rentabilidad y viabilidad financiera de las Buenas Prácticas Ganaderas con enfoque ambiental, con el fin de fortalecer los argumentos para su adopción a nivel de productor.

Adicional, se recomienda desarrollar análisis económicos complementarios (costo–beneficio, costo-efectividad) que permitan estimar la viabilidad financiera de adoptar las prácticas con potencial de mitigación identificadas. Este enfoque fortalecería los argumentos para la toma de decisiones del productor, ya que permitiría contrastar inversión requerida, costos operativos, beneficios productivos y posibles beneficios ambientales asociados a una reducción de emisiones o a una mejora de la eficiencia del sistema.

Finalmente, se recomienda ampliar el alcance geográfico del estudio a otros distritos o provincias del país, con el objetivo de comparar realidades productivas y fortalecer la base de evidencia nacional sobre ganadería y cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alayón-Gamboa, J. A. (2018). Estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en la ganadería. *Agro Productividad*, 11(2), [pp-pp]. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i2.112>

Brouček, J. (2018). *Estrategias de reducción de metano basadas en la genética y manipulación dietética de rumiantes: Una revisión*. Archivos de Zootecnia, 67(259), 448–458. <https://doi.org/10.21071/az.v67i259.3804>

CATIE. (2017). Tecnologías silvopastoriles y buenas prácticas ganaderas que contribuyan a mejorar la productividad de la ganadería bovina, así como a la mitigación y adaptación al cambio climático: Foro intercambio de experiencias. CATIE.

CATIE. (2023, 3 de abril). *CATIE y ANAGAN reafirman compromiso para continuar trabajando por una ganadería resiliente y baja en carbono en Panamá*. <https://www.catie.ac.cr/2023/04/03/catie-y-anagan-reafirman-compromiso-para-continuar-trabajando-por-una-ganaderia-resiliente-y-baja-en-carbono-en-panama/>

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2018). Ocho iniciativas regionales sobre adaptación y mitigación del cambio climático en la agricultura. FONTAGRO. <https://fontagro.org/es/newsletter-post/ocho-iniciativas-regionales-sobre-adaptacion-y-mitigacion-del-cambio-climatico-en-la-agricultura/>

Dirección de Cambio Climático. (s. f.). Acciones transversales. Ministerio de Ambiente. <https://dcc.miambiente.gob.pa/acciones-transversales/>

FAO. (2010). Greenhouse gas emissions from the dairy sector: A life cycle assessment. <https://www.fao.org/4/k7930e/k7930e00.pdf>

FAO. (2013). Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/i3437e/i3437e.pdf>

FAO. (2017). Desarrollo de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en América Central. Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar. https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/14652_InformeTecnicoFinal.pdf

FAO. (s. f.). Methane and climate change. <https://www.fao.org/in-action/enteric-methane/background/methane-and-climate-change/en>

FONTAGRO. (2019). Informe técnico final: Desarrollo de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en América Central. FONTAGRO. <https://fontagro.org/es/proyectos/sistemas-ganaderos>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Climate change*. <https://www.fao.org/climate-change/es>

Gutiérrez-León, F. A., Lastra-Bravo, X. B., & Cali Aguirre, V. A. (2023). Estimación de la huella de carbono de las ganaderías de leche de la zona andina del Ecuador. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 39(3), 305–318. <https://doi.org/10.29393/CHJAA39-27EH30027>

Hernández-Sampieri, R., & Baptista-Lucio, P. (2022). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2020). Mejoramiento de la competitividad y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. IDIAP. [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/501.A.1.64_\(1\).pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/501.A.1.64_(1).pdf)

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). (1991). Producción de forraje y composición química de la leguminosa *Gliricidia sepium* en Bugaba, Panamá. *Revista Agropecuaria*, (7), 117–118.

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023). Cuadro 4. Superficie, población y densidad de población en la República, según provincia, comarca indígena, distrito y corregimiento: censos de 2000, 2010 y 2023. Contraloría General de la República. <https://www.inec.gob.pa/archivos/P053342420231213140620Cuadro%2004.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2023). Ganado vacuno: Boletín pecuario, año 2022 (E). Contraloría General de la República de Panamá. https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default2.aspx?ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=13

Iñamagua-Uyaguari, J. P., Jenet, A., Alarcón-Guerra, L. G., Vilchez-Mendoza, S. J., Casasola-Coto, F., & Wattiaux, M. A. (2015). Impactos económicos y ambientales de las estrategias de alimentación en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 1–15. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21874>

IPCC. (2023). Climate Change 2021/2023, Chapter 6: Short-lived climate forcers. <https://www-ipcc-ch.translate.google/report/ar6/wg1/chapter/chapter-6/? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es& x tr pto=tc>

Jacobo, E., Cadaviz, N., Vecchio, M. C., & Rodríguez, A. (2020). Estimación del balance de gases de efecto invernadero en sistemas de producción ganadera de la cuenca del río Salado. *AgriScientia*, 37(1), 15–32. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n1.27514>

Jayasundara, S., Appuhamy, J. A. D. R. N., Kebreab, E., & Wagner-Riddle, C. (2016). Methane and nitrous oxide emissions from Canadian dairy farms and mitigation options: An updated review. *Canadian Journal of Animal Science*, 96(3), 306–331. <https://doi.org/10.1139/cjas-2015-0111>

López-Guerrero, C. C., & Meneses Quelal, W. O. (2023). Modulación de las emisiones de gases efecto invernadero de un hato lechero. *Revista Alfa*, 7(20). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.226>

Løvendahl, P., Difford, G. F., Li, B., Chagunda, M. G. G., Huhtanen, P., Lidauer, M. H., Lassen, J., & Lund, P. (2018). Review: Selecting for improved feed efficiency

and reduced methane emissions in dairy cattle. *Animal*, 12(S2), s336–s349. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002276>

Marín-López, D., Matamoros-Ochoa, I. A., & Ramírez-Restrepo, C. A. (2022). Dinámicas de producción y emisiones modeladas de gases de efecto invernadero en sistemas regionales de producción lechera de Honduras. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 69(1). <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101526>

Ministerio de Ambiente. (2019). *Estrategia nacional de cambio climático 2050* Ministerio de Ambiente. <https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2021/10/04-Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2050.pdf>

Ministerio de Ambiente. (2022). *Plan nacional de acción climática de Panamá*. Gobierno de Panamá. <https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2022/02/Plan-Nacional-de-Accion-Climatica.pdf>

Molina Benavides, R. A., Sánchez Guerrero, H., & Mateus, D. (2018). Livestock greenhouse gases emissions under grazing conditions in the tropic. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(1), 91–106. <https://doi.org/10.22490/21456453.2685>

Montagnini, F., Ibrahim, M., & Murgueitio, E. (2013). Silvopastoral systems and climate change mitigation in Latin America. *Bois et Forêts des Tropiques*, 316(2), 3–16.

Montes Valencia, J. A. (2025). Innovaciones para una ganadería climáticamente inteligente: Impacto de suplementos, genética y manejo del estiércol en las

emisiones de GEI. *Ibero Ciencias*, 4(2), 662–700. <https://doi.org/10.63371/ic.v4.n2.a89>

Murgueitio Restrepo, E., Barahona Rosales, R., Flores Estrada, M. X., Chará Orozco, J. D., & Rivera Herrera, J. E. (2016). Es posible enfrentar el cambio climático y producir más leche y carne con sistemas silvopastoriles intensivos. *Ceiba*, 54(1), 23–30. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v54i1.2774>

Núñez, C. (2023, febrero 28). ¿Qué son los gases de efecto invernadero y cuáles son sus efectos? *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/gases-efecto-invernadero-que-son-hacen>

Peña-Avelino, L. Y., Alva-Pérez, J., Rosales-Martínez, G. N., Hernández-Contreras, S., & Ceballos-Olvera, I. (2024). Estrategias de nutrición y alimentación para reducir las emisiones de metano en rumiantes bajo sistemas pastoriles: Una revisión. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal*, 60–73. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i2.18>

Pico, C., Córdoba, L., Villalta, D., Sepúlveda, C., & Villanueva, C. (2025, enero). Recomendaciones para contribuir a una ganadería sostenible en la región de los países del Sistema de la Integración Centroamericana (Policy Brief PB 35). Secretaría Ejecutiva del Consejo Agropecuario Centroamericano y CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/12724>

Robles, S. (2018). Cambio climático y ganadería: El papel de la agroforestería. *AgroProductividad*, 70–74. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/122>

Rotz, C. A. (2018). Modeling greenhouse gas emissions from dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 6675–6690. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13272>

Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (1996). Metodología de la investigación. In *Edición McGraw-Hill*. http://www.academia.edu/download/38758233/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006_ocr.pdf

Sandoval, D. F., Junca Paredes, J. J., Enciso Valencia, K. J., Díaz Baca, M. F., Bravo Parra, A. M., & Burkart, S. (2024). Long-term relationships of beef and dairy cattle and greenhouse gas emissions: Application of co-integrated panel models for Latin America. *Heliyon*, 10(1), e23364. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23364>

Soto, K. M. (2015). *Compendio de experiencias en la mitigación de gases de efecto invernadero para la agricultura y ganadería*. EUROCLIMA. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1710456/>

Udourioh, G. A., Chizoma, A. N., Okolie, J. A., Udourioh, M. G., & Solomon, M. M. (2025). Greenhouse gases emission from dairy industries and promising abatement processes and technologies. *International Journal of Dairy Technology*, 78(3). <https://doi.org/10.1111/1471-0307.70040>

Villanueva, C., Ibrahim, M., & Castillo, C. (2023). Enteric methane emissions in dairy cows with different genetic groups in the humid tropics of Costa Rica. *Animals*, 13(4), 730.

Villanueva, C., Moscoso, C., Detlefsen, G., Solis, J., & López, J. (2023). Contribución de la cobertura arbórea a la compensación de las emisiones de

gases de efecto invernadero de fincas productoras de leche en el sur oriente de Guatemala. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(1), 93–102. <https://doi.org/10.53588/alpa.310105>

Wang, Y., Oosting, S. J., Hou, Y., & van Middelaar, C. E. (2025). Assessing the climate impact of dairy farming: Incorporation of climate modelling and food-feed competition. *Science of the Total Environment*, 997, 180208. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180208>

Weather Spark. (s. f.). El clima en Bugaba, el tiempo por mes, temperatura promedio (Panamá). Recuperado el 23 de marzo de 2026, de <https://es.weatherspark.com/y/16727/Clima-promedio-en-Bugaba-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada

Buenas prácticas ganaderas que contribuyen a la mitigación de los gases de efecto invernadero producto de las actividades de producción de leche en fincas del Distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí.

Encuesta No. _____

Nombre del entrevistador _____ Fecha _____ Hora _____

Buenos días/tardes señor(a). Mi nombre es Betzy Castillo estudiante de Ingeniería en Manejo de Cuencas y Ambiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, la información que obtenga de esta entrevista será utilizada en mi trabajo final, de manera anónima y confidencial; mediante diferentes actividades que realice, espero obtener información básica sobre su finca y también sobre qué prácticas ganaderas que ayuden a mitigar los gases de efecto invernadero usted realiza y con esto generar un listado final de todas las prácticas que realizan los productores a nivel del distrito de bugaba. Si usted no desea contestar algunas de las preguntas, puede con total libertad omitir su respuesta, o si en algún momento no desea continuar con la entrevista, puede hacérselo saber. Necesitaré en algún momento tomar apuntes y fotografías, espero no le cause molestia y de ser así, me lo podría comunicar. Agradezco de antemano su colaboración y confianza en permitirme conocer parte de su finca. ¡Sería tan amable de contestar las siguientes preguntas, por favor!

Provincia _____ Distrito _____ Corregimiento _____

Coordenadas UTM _____; _____ Altitud _____

Datos generales del encuestado	
Nombre _____	Sexo: M () F () Edad: () años
Nivel de escolaridad: S/E: sin escolaridad P: primaria S: secundaria T: técnico U: Universitario Formación universitaria: _____	
¿Cuántas personas conforman su familia? () personas	

Se dedica únicamente a la ganadería Sí () No () Si no, ¿en qué más trabaja?	
¿Hace cuántos años se dedica a la ganadería? ()años	
Datos generales de la finca	
¿Cuántas fincas posee? () Derecho posesorio: propia () alquila ()	
Cuál es el área total de la finca ()ha.	
Número de mangas o potreros () Todas las mangas tienen acceso a agua Si () No ()	
Tipo de lechería ()	
Datos del ganado	
Tipo de ganado: especializado () doble propósito ()	
Que razas maneja: _____, _____, _____, _____, _____, _____, _____.	
Disposición de las vacas Estabulado () Semiestabulado () Pastoreo permanente ()	

Inventario de ganado	
Categoría animal	No. de animales
Vacas en producción	
Vacas paridas	
Vacas secas	
Novillas > 2 años	
Novillas 1-2 años	

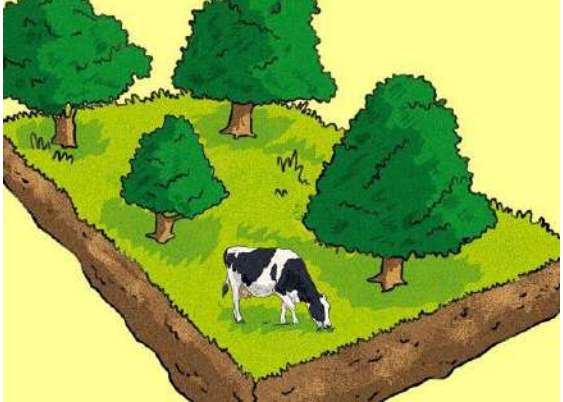
Terneras	
Toros	
Terneros	
Caballos	

Datos de la producción lechera	
Cuántos ordeños realiza por día	
Promedio de vacas en ordeño	
Promedio de producción en litros de leche/día	
Producción de leche por vaca en litros/por día.	
¿Quién es su comprador?	

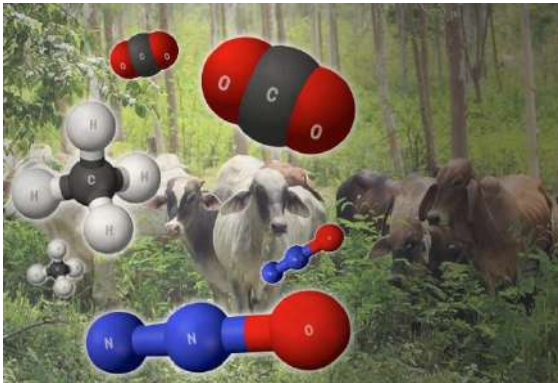
¿Conoce usted lo que son los gases de efecto invernadero? Sí () No ()
¿Qué entiende como buenas prácticas ganaderas?
¿Considera que usted cuenta con buenas prácticas que ayuden a mitigar los gases de efecto invernadero en su finca? Sí () No ()

Encuesta que se le entrega al entrevistado para que pueda observar y seleccionar.

Señale con el siguiente signo (✓) la práctica que usted realiza en su finca.		
Práctica	Nombre	Estado de la práctica Rango de 1-5

	Pasto mejorado Sí () No ()	
	Árboles dispersos en potreros Sí () No ()	
	Cercas vivas Sí () No ()	
	Banco de forraje Sí () No ()	

	Rotación de ganado Sí () No ()	
	Alimentación no sólo a base de pasto Sí () No ()	
	Manejo adecuado de estiércol Sí () No () Si cuentan con esta, ¿cómo la realizan? Biodigestor () Frecuencia de uso () ¿Qué uso le dan? Composta al aire libre () Composta cubierta ()	

	Mejoramiento genético Sí () No ()	
	Tratamiento de aguas residuales en las galeras Sí () No () De ser la respuesta sí, ¿cómo la realizan?	
	Cosecha de agua Sí () No ()	
Si realiza alguna práctica no antes mencionada.	Sí () No () En caso de si tener, si nos la puede describir.	

Evaluación del estado de las prácticas	
Nombre de la práctica	Evaluación de 1-5
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	

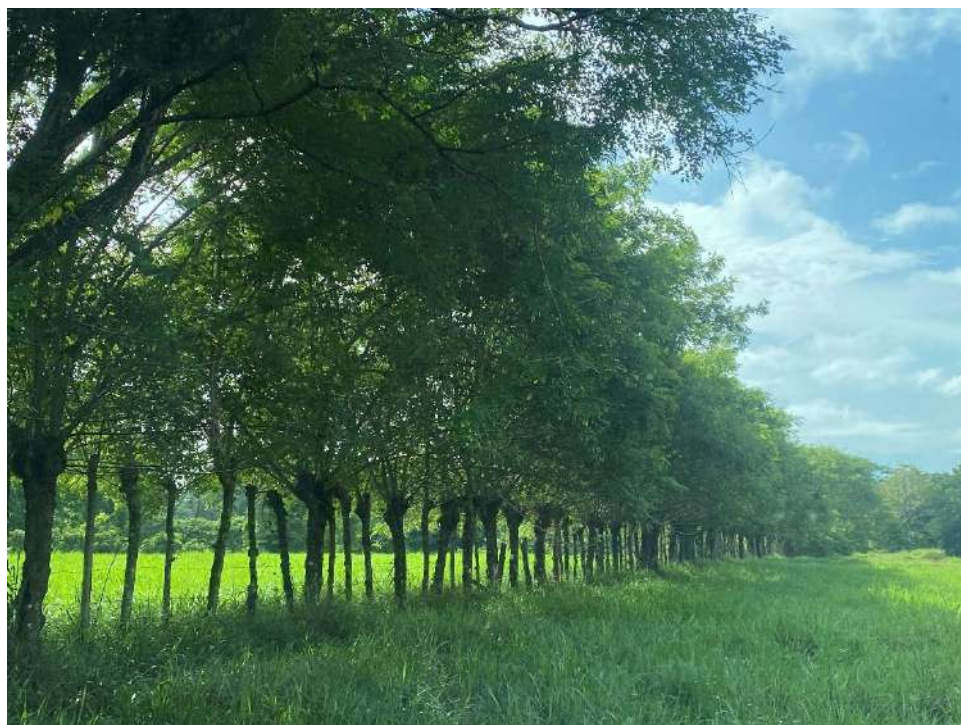
Identificar las fuentes de emisión.	
Cuenta con vehículos de diesel o gasolina	Sí () No ()
Bombas de agua	Sí () No ()
Energía eléctrica	Sí () No ()
Paneles solares	Sí () No ()
Picadoras de pasto	Sí () No ()
Hidrolavadoras	Sí () No ()
Manejo de estiércol	Sí () No ()

Manejo de aguas residuales	Sí () No ()
Ordeño mecánico	Sí () No ()
Elaboración de piensos	Sí () No ()
Fermentación entérica	Sí () No ()
Tanque de leche refrigerado	Sí () No ()
Fertilización	Sí () No ()
Cambio de uso de suelo	Sí () No ()
Sistemas de riego	Sí () No ()
Tractor	Sí () No ()

Anexo 2. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas: Árboles dispersos en potreros



Anexo 3. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas: Cercas vivas



Anexo 4. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas: Pastos mejorados



Anexo 5. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas: Mejoramiento genético



Nota. Este toro fue otorgado con un programa del mida al productor.

Anexo 6. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas: Pasto de corte



Anexo 7. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas: Banco de proteína: botón de oro



Anexo 8. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas: Manejo de aguas residuales



Nota. Tina de separación de sólidos, que no están utilizando actualmente.

Anexo 9. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas: Manejo de sólidos



Nota. Área de secado de la materia orgánica.

*Anexo 10. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas:
Lombricultura*



*Anexo 11. Evidencia fotográfica de las prácticas encontradas en las fincas:
Cosecha de agua*



Anexo 12. Matriz de evaluación de relevancia de las BPG realizada en el taller con productores y técnicos del MIDA.

<i>Pasto mejorado</i>	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
<i>Árboles dispersos en potreros</i>	5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	4
<i>Cercas vivas</i>	4	5	4	5	5	4	3	4	4	5	5	5	5
<i>Rotación de ganado</i>	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4
<i>Suplementación con concentrados</i>	3	5	4	4	3	5	2	3	3	5	4	3	5
<i>Mejoramiento genético</i>	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5
<i>Ensilaje</i>	4	5	5	3	4	4	3	4	5	5	4	5	5
<i>Pasto de cote</i>	5	5	4	2	5	4	3	4	5	5	5	4	5
<i>Manejo de estiércol</i>	4	5	5	4	5	3	5	4	5	4	4	4	5
<i>Cosecha de agua</i>	4	5	4	4	5	4	3	5	5	5	5	5	5
<i>Banco de forraje</i>	4	5	5	3	5	5	3	3	5	5	4	5	4
<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	3	5

Anexo 13. Taller realizado con Técnicos del MIDA de Chiriquí, junto con la presencia de algunos productores del distrito de Bugaba.

