

Monografía

Caracterización de gases producidos por el ganado vacuno e impactos y alternativas para la mitigación
y mejora en Colombia

Francy Milena Ospina

Laura Gisell Valencia Chavita

Director:

Javier Martínez Beltrán

Zootecnista, Magister en gestión ambiental sostenible

Universidad Nacional Abierta y a Distancia Unad Cead – Acacias

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa Ingeniería Ambiental

2021

Monografía

Caracterización de gases producidos por el ganado vacuno e impactos y alternativas para la mitigación
y mejora en Colombia

Elaborado por:

Francy Milena Ospina
Laura Gisell Valencia Chavita

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para
Optar Al Título De Ingeniería Ambiental

Javier Martínez Beltrán
Zootecnista, Magister

Universidad Nacional Abierta y a Distancia Unad Cead – Acacias
Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente
Programa Ingeniera Ambiental

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del jurado

Contenido

Lista De Tablas	7
Lista De Ilustraciones.....	8
Introducción	9
Resumen Del Proyecto	11
Abstract	11
Objetivos.....	13
Objetivo General	13
<i>Objetivos Específicos</i>	13
Capítulo I. Generalidades	14
Estado Del Arte De La Investigación	14
Identificación Del Problema De Investigación	20
Formulación De Hipótesis De Investigación	22
Sistematización Del Problema.....	23
Procesos De Generación De Gases.....	24
Conceptos Y Definiciones.....	25
Atmosfera:	25
Bovino:.....	26
Calentamiento Global:.....	26
Cambio Climático:.....	26
Dióxido De Carbono (CO ₂):.....	26
Gases De Efecto Invernadero:	26

	5
Metano (CH ₄):	27
Óxido Nitroso (N ₂ O):	27
Capítulo II Ganado Vacuno Y Emisiones	28
Fisiología Del Bovino.....	28
Estado Actual De La Ganadería Bovina En Colombia	29
Impactos De Gases Al Medio Ambiente	33
Relación Con El Cambio Climático.....	35
Impactos De Gases En Colombia.....	38
Costos De Perdidas Por Emisión De Gases Emitidos Por Los Bovinos.....	38
Sumideros Naturales De Gases Emitidos.....	40
Capítulo III Alternativas De Mitigación.....	41
Alternativa 1 Dieta Mejorada Que Disminuya La Fermentación Entérica	41
Sistemas silvopastoriles:.....	43
<i>Beneficios Productivos Y Ambientales De Los Arreglos Silvopastoriles.....</i>	48
Alternativa 2 Capacitación A Los Productores Mediante La Creación De Una Escuela Sobre Ganadería Amigable Con El Medio Ambiente Y El Consumo Responsable.	50
Alternativa 3 Práctica De Almacenamiento Y Gestión Del Estiércol.....	51
Lombricultura Y Producción De Humus Líquido	51
Compostaje.....	52
Producción De Escarabajos	54
Biodigestor	55
Uso De Spalangia Para El Control De Mosca En El SSP	56

Conclusiones	57
Referencias Bibliográficas.....	61

Lista De Tablas

Tabla 1 Fuentes de emisión cubiertas en GLEAM	15
Tabla 2 Forrajes, pasturas y arboles promisorios en los SSP	41

Lista De Ilustraciones

Ilustración 1 Aparato digestivo de los bovinos.....	17
Ilustración 2 Inventario bovino colombiano (cifras oficiales en cabezas)	20

Introducción

La ganadería como uno de los componentes aportantes al calentamiento global es un tema que se considera en este documento como parte de la revisión bibliográfica que denota aspectos de mejoramiento en las practicas pecuarias desde el campo la ganadería como parte de la estrategia de mitigación frente a los efectos de los gases que producen el ganado bovino, siendo de este modo importante rescatar aquellos aspectos alrededor del tema específico de tres de los gases principales derivados de la digestión animal bovina y como parte de las alternativas de mejora continua que se pueden abogar en el sentido de análisis de las prácticas de dicha ganadería y en función de mejoras considerables en Colombia frente al tema medioambiental.

Desde el programa de Ingeniería Ambiental se considera pues los aspectos de la problemática de gases de efecto invernadero a partir de la caracterización primera de los gases producidos por el ganado bovino pasando por la descripción de impactos y alternativas para la mitigación de los mismos en el sentido de tres capítulos desde los cuales se abordan las características más relevantes en este sentido, veamos:

El capítulo I describe las generalidades del estudio de gases aportantes al calentamiento global, pasando por el estado del arte de la investigación documental realizada y considerando como los gases producidos por bovinos y el efecto invernadero están vinculados, para lo cual se da una mirada a la identificación del problema de investigación que para este estudio corresponde al como los gases caracterizados aportan en Colombia al calentamiento global desde el escenario de la ganadería, por la cual se desprende la formulación de hipótesis de investigación y sistematización del problema dentro de los procesos de generación de gases, los principales gases son el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O).

El capítulo II consideramos los aspectos relacionados con el ganado vacuno y emisiones, esto definiendo criterios de la fisiología del bovino y como se presenta el estado actual de la ganadería bovina en Colombia tanto para el caso de impactos de gases al medio ambiente como del lado de su relación con el calentamiento global desde la mirada de costos de pérdidas por emisión de gases emitidos por los bovinos y los sumideros naturales de gases.

Cerrando con el capítulo III en el que correspondemos en la exploración de alternativas de mitigación que van desde dietas mejoradas como parte de la contribución a la disminución de la fermentación entérica en el ganado bovino, además de los aspectos que brindan los sistemas silvopastoriles y como las prácticas de almacenamiento y gestión del estiércol son elementos de control para la disminución de las emisiones de gases, y también se considera de modo participativo a la población con opciones como prácticas de educación nutricional, para reducción del consumo de carne por persona, siendo de este modo alternativas que describen soluciones trabajadas en proyectos productivos de tipo pastoril y productivo de ganado bovino como parte de los aspectos de mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI).

Resumen Del Proyecto

En Colombia se dan circunstancias particulares frente a los procesos de generación de gases a partir de digestión entérica en el ganado bovino, por lo cual se consideraron generalidades de dichos gases como son el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso; a partir de los cuales se determinó frente a las emisiones, que es debido a la fisiología del bovino y el estado actual de la ganadería bovina en Colombia la que genera unas condiciones aportantes a la definición de impactos de gases al medio ambiente y con relación a costos de pérdidas por emisión de gases emitidos y contrarrestando también el trabajo realizado por los sumideros naturales de gases emitidos. Por lo cual se consideran alternativas de mitigación que van desde forrajes, pasturas y árboles promisorio, ecoturismo en corredores ecológicos, producción de maderas, sistemas silvopastoriles apoyados en apicultura, capacitación del productor en escuela sobre ganadería amigable con el medio ambiente y el consumo responsable, almacenamiento y gestión del estiércol bovino; sumando a este aprovechamiento de tal estiércol en lombricultura, compostaje, el uso de escarabajos y biodigestor.

Abstract

In Colombia, particular circumstances occur in the face of gas generation processes from enteric digestion in cattle, so generalities of such gases were considered as Carbon Dioxide, Methane, Nitrous Oxide; from which it could be determined against emissions, which is due to the physiology of cattle and the current state of cattle farming in Colombia which generates conditions that give way to the definition of gas impacts environmentally friendly and in relation to emission loss costs of emitted gases and also counteracting the work done by natural sinks of emitted gases. Therefore, mitigation alternatives ranging from fodder, pastures and promising trees, ecotourism in ecological corridors, wood production, beekeeping-supported forestry systems, training of the producer in school on environmentally friendly

livestock and responsible consumption, storage and management of bovine manure; adding to this the use of such manure in vermiculture, composting, the use of beetles and biodigester.

Objetivos

Objetivo General

Caracterizar los gases producidos en ganado vacuno, sus impactos, alternativas de mejora y comparación con base en reportes para Colombia según bibliografía indexada de los últimos 10 años.

Objetivos Específicos

- Analizar información teórica sobre los gases emitidos por el ganado bovino en la digestión entérica a partir de bibliografía indexada no mayor a 10 años.
- Determinar impactos de los gases emitidos por ganado bovino.
- Identificar las alternativas para mitigar la producción de gases por la ganadería bovina.

Capítulo I. Generalidades

Estado Del Arte De La Investigación

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2018b) Indica que los gases producidos por los bovinos tienen su origen en cuatro procesos: fermentación entérica, gestión del estiércol, producción de los piensos y consumo de energía. La fermentación entérica hace referencia al metano que se genera durante la digestión de los rumiantes, la calidad de la alimentación se relaciona muy estrechamente con las emisiones entéricas. Por ejemplo, dietas con alto contenido en fibra se relacionan con mayores emisiones entéricas, y el estiércol da lugar a emisiones de metano y óxido nitroso. El metano se genera durante la descomposición anaeróbica de la materia orgánica, el óxido nitroso es un producto de la descomposición del amoníaco contenido en el estiércol. Existen distintas emisiones relacionadas con la producción de los piensos, las emisiones de dióxido de carbono provienen de la expansión de pastizales y tierras de cultivo usadas para la alimentación animal en zonas naturales y bosques, de la fabricación de fertilizantes y pesticidas para dichos cultivos y de su procesado y transporte. Por otra parte, el uso de fertilizantes nitrogenados y la aplicación de estiércol causan emisiones de óxido nitroso. El consumo de energía tiene lugar a lo largo de toda la cadena de producción, la fabricación de fertilizantes, el uso de maquinaria agrícola y el procesado y transporte de los cultivos para la alimentación animal generan emisiones de GEI. Dichas emisiones se contabilizan como parte de la producción de piensos. Existe también un consumo energético en las propias granjas debido a la ventilación, iluminación, climatización, etc. Por último, el procesado, envasado, empaquetado y transporte de los productos animales consume energía y genera emisiones.

A continuación, en la tabla del Modelo Global de Evaluación Ambiental de la Ganadería (GLEAM), los gases que se describen son el metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2).

TABLA 1

Fuentes de emisión cubiertas en GLEAM

	Fuentes de emisión	Descripción
CO₂ Por alimentación	Operaciones de campo	Emisiones de CO ₂ derivadas del uso de combustibles fósiles durante las operaciones de campo.
	Producción de fertilizantes	Emisiones de CO ₂ de la fabricación y transporte de fertilizantes sintéticos nitrogenados, fosfatados y potásicos.
	Producción de pesticidas	Emisiones de CO ₂ de la fabricación, transporte y aplicación de plaguicidas.
	Procesamiento y transporte	CO ₂ generado durante el procesamiento de cultivos para alimentación y el transporte por tierra y / o mar.
	Mezcla y granulación	CO ₂ resultante de la mezcla de piensos concentrados.
CO₂ Por alimentación y Cambio de uso del suelo	Cultivo de soja	Emisión de CO ₂ por Cambio de uso del suelo asociada a la expansión de la soja.
	Torta de palmiste	Emisión de CO ₂ por Cambio de uso del suelo asociada a la expansión de plantaciones de palma aceitera.
	Expansión de pastos	Emisión de CO ₂ por Cambio de uso del suelo asociada a la expansión de pastos.
N₂O Alimentación	Estiércol aplicado y depositado	Emisiones directas e indirectas de N ₂ O del estiércol depositado en los campos y utilizado como fertilizante orgánico.
	Fertilizantes y residuos de cultivos	Emisiones directas e indirectas de N ₂ O de fertilizantes nitrogenados sintéticos aplicados y descomposición de residuos de cultivos.
CH₄ Por alimentación	Producción de arroz	Emisiones de CH ₄ derivadas del cultivo de arroz utilizado como pienso.
	Fermentación entérica CH ₄	Emisiones de CH ₄ causadas por fermentación

Fuentes de emisión	Descripción
	entérica.
Gestión del estiércol CH ₄	Emisiones de CH ₄ derivadas del almacenamiento y la gestión de estiércol.
Manejo del estiércol N ₂ O	Emisiones de N ₂ O derivadas del almacenamiento y la gestión del estiércol.
CO ₂ de uso directo de energía	Emisiones de CO ₂ derivadas del uso de energía en la explotación para ventilación, calefacción, etc.
Uso de energía incorporado CO ₂	Emisiones de CO ₂ derivadas del uso de energía durante la construcción de edificios y equipos agrícolas.
CO ₂ en.	Emisiones de CO ₂ del procesamiento y transporte de productos pecuarios.

Nota: El Modelo Global de Evaluación Ambiental de la Ganadería (GLEAM), evalúa las emisiones de los gases de efecto invernadero de las actividades y procesos biofísicos de las cadenas de suministro de la ganadería, los gases que se describen son el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂). Tomado de (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018, p.4).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO. 2019) presentó un estudio donde “muestra que las emisiones de GEI del sector han aumentado en un 18 por ciento entre 2005 y 2015 porque la producción total de leche ha crecido sustancialmente en un 30 por ciento, en respuesta a un aumento demanda del consumidor” p.11. Por otro lado describe que el ganado produce emisiones de GEI por “emisiones directas del ganado (de estiércol y fermentación entérica) e indirectas emisiones de la producción de piensos para el ganado, uso de energía en la fabricación de fertilizantes, operaciones agrícolas como ordeño, refrigeración, alojamiento, almacenamiento y transporte de posproducción,

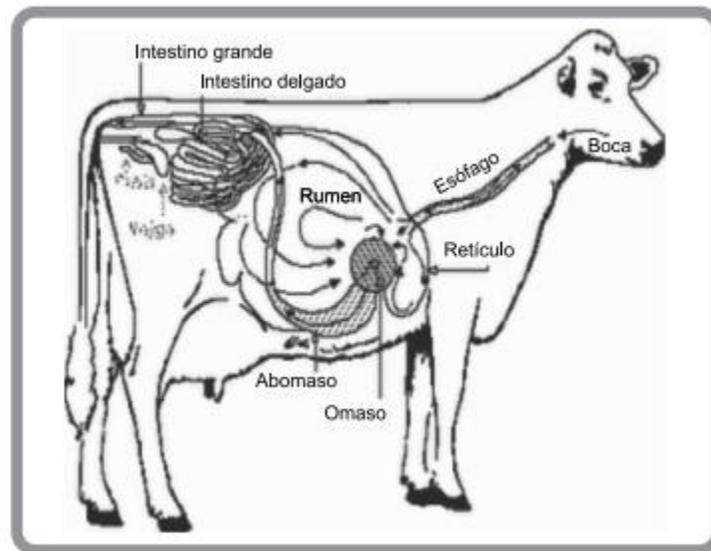
procesamiento y venta al por menor” (p.11). Debido al constante crecimiento de emisiones “los patrones climáticos amenazan la producción de alimentos, al aumento del mar niveles que aumentan el riesgo de catástrofes inundaciones, el impacto del cambio climático es alcance mundial y escala sin precedentes” p.6.

La fisiología del aparato digestivo de los bovinos es complejo, y Morales et al., (2011) dice que:

“La digestión es una serie de procesos que desdoblan los alimentos en sustancias sencillas dentro del tracto digestivo. La absorción es el pasaje de esas sustancias hacia la sangre, a través de las células que forman el tracto digestivo, los nutrientes absorbidos son disponibles a los tejidos del cuerpo para cumplir con el trabajo, crecimiento y la síntesis de leche” p.20.

Ilustración 1

Aparato digestivo de los bovinos



Nota: Sistema digestivo de una vaca tomado de (Morales et al., 2011)

Morales et al., (2011) dice que una vaca tiene cuatro estómagos y están distribuidos de la siguiente forma:

“El retículo y rumen son los primeros estómagos de los rumiantes, el contenido del retículo es mezclado con los del rumen casi continuamente (una vez por minuto). El rumen es un vaso de fermentación grande que puede contener hasta 100-120 kg de materia en digestión y las partículas de fibra se quedan en el rumen de 20 a 48 horas porque la fermentación bacteriana es un proceso lento. El retículo es una intersección de caminos donde partículas que entran o salen del rumen están separadas. Solo las partículas que tienen un tamaño pequeño (1.2 g/ml) pueden proceder al tercer estómago. El omaso o tercer estómago parece a un balón de fútbol y tiene una capacidad de aproximadamente 10 kg. El omaso es un órgano pequeño que tiene una alta capacidad de absorción. Permite el reciclaje de agua y minerales tales como sodio y fósforo que pueden retornar al rumen a través de la saliva. El cuarto estómago es el abomaso. Este estómago se parece al estómago de los animales no-rumiantes. Secreta ácidos fuertes y muchas enzimas digestivas” p.18.

El IPCC 2013 citado por la United States Environmental Protection Agency (EPA, 2019) dice que: Aunque la atmósfera de la Tierra se compone principalmente de oxígeno y nitrógeno, ninguno de los dos juega un papel importante en la intensificación del efecto invernadero porque ambos son esencialmente transparentes a la radiación terrestre. El efecto invernadero es principalmente una función de la concentración de vapor de agua, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y otros gases traza en la atmósfera que absorbe la radiación terrestre que sale de la superficie de la Tierra (p.58).

La tierra recibe las radiaciones solares, pero la superficie de la tierra remite las radiaciones infrarrojas que, en su camino hacia el espacio, son atrapadas por nuestra atmósfera y la recalientan, los responsables son vapor de agua, gas carbónico, metano y protóxido de nitrógeno. Al haber mayor concentración de GEI se absorbe más radiación infrarroja, lo que atrapa el calor y calienta el planeta (EPA, 2019, p.28). En un clima que se calienta, el deshielo del permafrost puede inducir la descomposición del carbono acumulado en

los suelos congelados, dando lugar a un aumento de las concentraciones de CO₂ y metano en la atmósfera (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2013, p.70). Además, “el cambio climático se manifiesta con prolongadas precipitaciones, aumento de la temperatura, períodos largos de sequía, cambio de dirección de los vientos, deshielo en los polos, cambios en las migraciones de los animales, tormentas, ciclones, maremotos y aumento del nivel del mar” (Díaz Cordero, 2012, P.237).

La atmósfera se ve afectada por el fenómeno de la ganadería como describen Faverin & Machado (2016) “La ganadería mundial es reconocida como un sector que contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero conocidos como GEI, particularmente de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (NO₂), con cifras que oscilan entre 10-12%” (p.3). Además, (Santacoloma, 2011) manifiesta que “las emisiones de metano provenientes de ganado bovino representan un 80% del total de aporte de todas las especies”.

En Colombia esta actividad “se desarrolla en las cinco grandes regiones biogeográficas, (Andina, Amazonia, Caribe, Orinoquía y Pacífica) del país y sobre todas las altitudes” (Molina Benavides & Sánchez Guerrero, 2017, p.10,12).

El tamaño del hato bovino colombiano en 2016, según la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN, 2018) afirma que sumaba cerca de 23,8 millones de animales, donde 14,8 millones eran hembras y 9 millones machos, distribuidos en 39% de doble propósito, 35% de cría, 20% ceba y 6% lechería especializada. Además, manifiesta que el hato bovino colombiano por el tamaño ocupa el puesto 12 a nivel mundial, el 5 en América y el 4 en Latinoamérica (p.18).

Ilustración 2

Inventario bovino colombiano (cifras oficiales en cabezas)



Nota: Adaptado de Inventario bovino colombiano (cifras oficiales en cabezas), Cifras oficiales FNG - ICA (2001 a 2015) y cifras oficiales CNCL– ICA 2016, como se citó en Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN, 2018, p.18).

Identificación Del Problema De Investigación

La ganadería bovina intensiva, extensiva y semi-extensiva, con índices de productividad bajos producen un alto costo ambiental por la emisión de gases a la atmósfera (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2006). La contaminación atmosférica por emisiones del ganado vacuno tiene tres fuentes principales, primero, emisión de gas metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), dióxido de carbono (CO_2) durante la alimentación; las emisiones de CH_4 son producto de la fermentación entérica, la emisión de CO_2 por cambio de uso del suelo asociada a la expansión de pastos y cultivos para piensos, las emisiones directas e indirectas de N_2O y CO_2 por la fabricación, transporte, aplicación de pesticidas, fertilizantes sintéticos nitrogenados, fosfatados, potásicos y descomposición de residuos de cultivos. Segundo, emisiones de CH_4 y N_2O por manejo de estiércol, derivadas del

almacenamiento y la gestión para producción de fertilizantes orgánicos. Tercero, emisión de CO₂ por uso directo e incorporado de energía procedente del uso de energía durante la construcción de edificios, equipos agrícolas, procesamiento y transporte de productos pecuarios (FAO, 2018, p.4). Las emisiones del ganado vacuno tiene como consecuencia directa el aumento de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, causante del calentamiento global que produce deshielo en los polos, glaciares y nevados, aumentando el nivel del mar; además, al subir las temperaturas del planeta provoca cambios en la dirección del viento, prolongadas precipitaciones, periodos largos de sequía, tormentas, ciclones, y maremotos; también genera variaciones en la migración de animales y las estaciones del año, disminuyendo el rendimiento de cultivos, por el estrés térmico e hídrico, así como mayor presencia de plagas y enfermedades (Fonade & Instituto De Hidrología Meteorología Y Estudios Ambientales, 2013, p.26). El cambio climático afecta a todos los países en todos los continentes, produciendo un impacto negativo en su economía, la vida de las personas y las comunidades (Organización de las Naciones Unidas, 2015), amenazando la seguridad alimentaria mundial y aumento de la pobreza (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018).

Las dietas mejoradas que disminuyen la fermentación entérica son una alternativa para contribuir a la mitigación de emisiones GEI, entre ellas están los sistemas silvopastoriles, y Vera et al., (2014) dice que

“Los sistemas silvopastoriles pueden contribuir a reducir las emisiones de metano procedentes del rumen, por medio del efecto de algunos follajes y frutos que poseen metabolitos secundarios, capaces de afectar la fermentación ruminal. Por ejemplo, los frutos y el follaje de *E. cyclocarpum* (guanacastle, parota) contienen saponinas (compuestos terpenoides) que reducen la población protozoaria del rumen (afectando a las archaea metalogénicas) y disminuyen consecuentemente la emisión de CH₄ al ambiente” (p.9).

En los sistemas silvopastoriles la implementación de pastos y plantas ricas en energías digestibles “es una estrategia que permite acercarse a los sistemas agropecuarios sostenibles, ofreciendo ventajas como el incremento de la cobertura vegetal, protección y mejoramiento de la calidad de los suelos, aumento de la diversidad biológica, recuperación y conservación de fuentes de agua, sumideros de CO₂, producción de leña y fuente de alimento para rumiantes y monogástricos, e incluso para el hombre. En los países tropicales como Colombia existe una gran diversidad de plantas con estas características, entre ellas la *Tithonia diversifolia* o botón de oro” Sarria, 2003 citado por César González-Castillo et al., (2014. p.46.).

Otra especie de planta es el Matarratón (*Gliricidia sepium*), que desde hace varias décadas ha sido incluida como fuente de alimentación animal y en especial en la alimentación de rumiantes, las investigaciones sobre los valores nutricionales de esta especie han arrojado resultados favorables de las ventajas sobre las gramíneas y otras leguminosas forrajeras (Vargas Cardozo, Vicente, 2013).

Formulación De Hipótesis De Investigación

Colombia se encuentra un reporte a 2014 de 236.973 Gg de CO₂ en emisiones que representan en porcentaje un 54,7% según lo descrito por (Torres-Triana, 2020, p. 6), por cuanto es una cifra significativa, lo cual se enmarca en el contexto de categoría fermentación entérica y que cuantifica emisiones de GEI producido en el proceso digestivo de las especies pecuarias más representativas de un país o una región específica, del cual destaca el Gas Metano ubicado en la Categoría IPCC, 2006: 3A1.

Por tanto, si se reducen los niveles de emisiones de gases producidos por los bovinos se estima que con un adecuado mecanismo de selección de técnicas de trabajo con ganadería bovina en especial en sus hábitos de alimentación y apropiación de tecnologías de pastoreo amigables con el medio ambiente, se mitigaran y aportaran un control sobre la producción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) al medio ambiente, reduciendo en este sentido la carga de

gases que provocan el calentamiento global y las consecuencias que esto trae en materia de protección de medio ambiente y desarrollo sostenible de las comunidades.

Sistematización Del Problema

Los GEI en Colombia son un problema que de acuerdo a (Greenpeace, 2019, p. 1), hacen parte de una condición en la cual “no toda la carne contamina igual, pues las vacas son los animales que más gases generan, con 300 litros de metano al día en sus procesos digestivos frente a los pollos y el pescado, que es lo que menos contamina”, por lo cual el ganado bovino presenta según, un sistema digestivo que comprende consumo de pastos, que en la fermentación generan más gases que luego se convierten en productos químicos de la digestión bovina que se alojan tanto en el ambiente como en la atmosfera, produciendo calentamiento global al impedir que de manera natural se regule la temperatura por acción de la retención de calor, al no poder desalojar la capa limite que estos gases forman en la atmosfera al quedar retenidos.

Siendo en Colombia en varias regiones del país una actividad principal de la economía y crecimiento de las regiones se ve facilitado por el proceso de consumo descontrolado de pastos en las extensiones de tierra donde se ubica el ganado, por lo general de suelos poco nutritivos y como consecuencia suministrando a dichos pastos una carga nutricional más pesada y rica en compuestos que luego pasan a la generación proporcional de gases a partir de las condiciones de alimentación que se dé en las regiones de Colombia, de un modo que en las regiones siendo cada una de estas diferentes en aportación nutricional al ganado vacuno, y por consiguiente en la generación de gases la disponibilidad tanto de alimento como de agua, destacan en la fluctuación de escenarios de producción mayor o menor efectiva a la atmósfera por lotes de ganado, de donde la región de la costa especialmente el departamento de Córdoba destaca tanto por calidad de animales en carne y disposición de peso y consumo de

concentrado como suplemento de la alimentación en contraposición a especímenes en otras regiones del país.

Procesos De Generación De Gases

(Verified Carbon Standar, 2016, p. 2) derivado de la definición internacional de Agricultura, el Sector Forestal y Cambio de Uso de Suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés) es una manera efectiva de reducir y evitar las emisiones, indicadas como las que “definan, mitiguen, monitoreen y contabilicen todas las emisiones desplazadas reconocidas como fugas mediante el uso de herramientas aprobadas”, las cuales a manera de describir el proceso de generación de GEI, comprende de acuerdo a los estudios de Contexto Ganadero en Colombia, supone:

“Un aspecto desde donde la producción de carbono de la ganadería de carne en un sistema integrado por, 50 vacas madres y 80 terneros jóvenes, esto nos da un total de 80 toneladas de carbono; sumando las 32 toneladas generadas por el uso de maquinaria y equipo de procesamiento y distribución. Son en total 112 toneladas de carbono producidos en el sistema. Pero a esta cifra, debemos restarle las 500 toneladas de carbono secuestrado en el suelo por las pasturas, en los 150 acres implementados. La ganadería remueve 388 toneladas de carbono de la atmósfera anualmente.” (Carnetec, 2018, p. 2)

Los bovinos producen gases de efecto invernadero, pero son innumerables las alternativas ganaderas desarrolladas hoy en día para mitigarlos. Implementación de praderas perennes (aumentan la digestibilidad de la dieta), terminación a corral de novillos (mejoran la digestibilidad y reducen el número de días de terminación), entre de vaquillonas a los 2 años (emiten menos GEI que vacas de crías, preñadas o falladas) y tanques de recolección, entre otras (Contexto Ganadero, 2018).

Frente a que departamentos aportan en el criterio de generación de GEI por cuenta de ganado bovino (Torres, 2018, p. 14), del reporte de inventario nacional y departamental del GEI nos aclara que son del reporte del IDEAM para 2017 con datos entre 2010 y 2014 Antioquia con 120 Gg de Metano, Córdoba con 95 Gg, Casanare con 85 Gg, Meta con 70 Gg, Cesar con 63 Gg, Santander con 68 Gg, Magdalena con 59 Gg, Cundinamarca con 58 Gg y Caquetá con 53 Gg, los primeros generados de gas metano, aclarando que la unidad de medida expresada en este contexto es en Miles de Toneladas (Giga gramos - Gg), establecido por (Instituto de Hidrología, 2011, p. 2), correspondiente a metodologías de cálculo de Gases de Efecto Invernadero totales define “En el caso de Colombia se utilizó la metodología revisada para 1996 del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Esta metodología corresponde a una estimación indirecta de las emisiones de los distintos sectores, de acuerdo con factores de emisión por unidad de consumo o producción. Se utiliza la siguiente expresión para obtener dicha estimación:”

$$ET_i = \sum_i^n (A_j * FE_j)$$

Donde:

ET_i = Emisión total de CH₄ en el país i

A_j = Dato de actividad del proceso en el sector j

FE_j = Factor de emisión asociado con CH₄ por unidad de actividad en el sector j

Conceptos Y Definiciones

Atmosfera: es

“La capa gaseosa que envuelve la tierra y que se mantiene unida al planeta por la fuerza de la gravedad. Entre sus funciones más importantes cabe destacar que provee a los seres vivos de gases imprescindibles para la vida, forma parte del ciclo hidrológico, nos sirve de protección frente a los rayos cósmicos y distribuye la energía

del sol por toda la Tierra. Tiene un espesor de aproximadamente 1000 kilómetros y a su vez se divide en varias capas concéntricas sucesivas, que se extienden desde la superficie del planeta hacia el espacio exterior. Atendiendo a una clasificación en función de la distribución de temperatura la podemos dividir en troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera” (Generalitat Valenciana, 2015).

Bovino: “De la vaca, el toro o el buey, o relacionado con ellos” (Oxford, n.d.).

Calentamiento Global: es el “Aumento estimado de la temperatura media global en superficie promediada durante un período de 30 años, o durante el período de 30 años centrado en un año o decenio particular, expresado en relación con los niveles preindustriales, a menos que se especifique de otra manera. Para los períodos de 30 años que abarcan años pasados y futuros, se supone que continúa la actual tendencia de calentamiento multidecadal” (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2018).

Cambio Climático: Es “Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Naciones Unidas, 1992)

Dióxido De Carbono (CO₂): es “Un gas incoloro e inodoro que consta de moléculas formadas por dos átomos de oxígeno y un átomo de carbono. El dióxido de carbono se produce cuando se quema un compuesto de carbono orgánico (como la madera) o materia orgánica fosilizada (como carbón, petróleo o gas natural) en presencia de oxígeno. El dióxido de carbono se elimina de la atmósfera por "sumideros" de dióxido de carbono, como la absorción por agua de mar y fotosíntesis por plancton oceánico y plantas terrestres, incluidos bosques y pastizales. Sin embargo, el agua de mar también es una fuente de CO₂ a la atmósfera, junto con las plantas terrestres, los animales y los suelos, cuando el CO₂ se libera durante la respiración.” (National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA], 2009).

Gases De Efecto Invernadero: Son “Compuestos químicos en estado gaseoso como el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) que se

acumulan en la atmósfera de la Tierra y que son capaces de absorber la radiación infrarroja del Sol, aumentando y reteniendo el calor en la atmósfera” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE], n.d.).

Metano (CH_4): es “Un gas incoloro e inodoro no tóxico que consiste en moléculas compuestas por cuatro átomos de hidrógeno y un átomo de carbono. El metano es combustible, y es el principal componente del gas natural, un combustible fósil. El metano se libera cuando la materia orgánica se descompone en ambientes con bajo contenido de oxígeno. Las fuentes naturales incluyen humedales, pantanos y pantanos, termitas y océanos. Las fuentes humanas incluyen la extracción de combustibles fósiles y el transporte de gas natural, procesos digestivos en animales rumiantes como ganado, arrozales y los desechos enterrados en vertederos. La mayoría del metano se descompone en la atmósfera reaccionando con pequeñas moléculas muy reactivas llamadas radicales hidroxilo (OH)” (NOAA, 2009).

Óxido Nitroso (N_2O): es

“Un gas incoloro, no inflamable con un olor dulce, comúnmente conocido como "gas de la risa", y a veces utilizado como un anestésico. El óxido nitroso se produce naturalmente en los océanos y en las selvas tropicales. Las fuentes artificiales de óxido nitroso incluyen el uso de fertilizantes en la agricultura, la producción de nilón y ácido nítrico, los automóviles con convertidores catalíticos y la quema de materia orgánica. El óxido nitroso se descompone en la atmósfera por reacciones químicas impulsadas por la luz solar” (NOAA, 2009).

Capítulo II Ganado Vacuno Y Emisiones

Fisiología Del Bovino

Para entender el proceso de generación de gases de efecto invernadero es preciso distinguir como los elementos que hacen parte del sistema digestivo de los bovinos al diferir de sistemas de otras especies animales pasan a aportar productos químicos resultantes de la digestión en función de la conformación del mismo sistema digestivo y las funciones que estos ejercen al paso del bolo alimenticio proveniente de pastos y leguminosas de los prados en los que estos se alojan tras la producción de carne, ya que el alimento genera de cierto modo un aspecto más abundante por los requerimientos alimenticios del animal al saber que proviene de pastos también hay que decir que estos suelen ser menos nutritivos.

Veamos, en términos de conformación de sistema digestivo bovino nos aclara (Morales et al., 2011, pp. 18–20) que está conformado por cuatro estómagos conocidos como retículo, rumen, omaso y abomaso; con respecto a estos se sabe que para el caso del primero y el segundo el contenido del retículo se mezcla con los del rumen casi continuamente (una vez por minuto) con una población densa de microorganismos (bacterias, protozoos y fungí) siendo el rumen un vaso de fermentación que puede contener hasta 100-120 kg de materia en digestión, mientras que la fibra se queda en el rumen de 20 a 48 horas porque la fermentación bacteriana es un proceso lento. Por lo tanto, el retículo es una intersección de caminos donde partículas que entran o salen del rumen están separadas. Solo las partículas que tienen un tamaño pequeño (<1-2 mm) o son densos (>1.2 g/ml) pueden proceder al tercer estómago.

Por otro lado, el tercer estómago tiene una capacidad de aproximada de 10 kg con alta capacidad de absorción donde se recicla agua y minerales tales como sodio y fósforo que pueden retornar al rumen a través de la saliva, no es esencial al ser un órgano de transición entre el rumen y el abomaso, que tienen modos muy diferentes de digestión. Y con respecto al cuarto estómago se sabe que secreta ácidos fuertes y muchas enzimas digestivas donde los

alimentos que entran son compuestos principalmente de partículas no fermentadas de alimentos, algunos productos finales de la fermentación microbiana y los microbios que crecieron en el rumen (Programa Regional de Cambio Climático (PRCC) et al., 2016).

Ahora bien como explica (Pallarez, 2016, p. 2) es en el rumen donde “los microorganismos o bacterias fermentan los carbohidratos para producir energía, gases metano y bióxido de carbón, calor y ácidos” por lo cual advierte que “los bovinos son conocidos por alimentarse de pasto o forraje. La fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares por su capacidad de degradar materiales que un estómago simple no podría hacer” y es dicha función la que como frente a otros aspectos sobre el proceso de digestión bovino (Agronet, 2018, p. 2) manifiesta que en el proceso de fermentación de los alimentos sólidos y la producción de ácidos estimulan el desarrollo de la panza, lo que, a su vez permite, conforme crecen, que los animales de corta edad ingieran progresivamente una mayor cantidad de alimentos sólidos citando a Orskov (1990).

Estos aspectos los describe (Carrasco, 2016, p. 1) que los rumiantes representados en este estudio por el ganado bovino “tienen la capacidad de utilizar como alimento, materias primas que otras especies no pueden usar, por lo que deben esta propiedad, a la adaptación de su aparato digestivo y a la perfecta simbiosis que tiene con los millones de microorganismos que habitan en el rumen” y merecen una consideración en el estudio de su fisiología y los modos por los cuales aportan gases significativos para el calentamiento global.

Estado Actual De La Ganadería Bovina En Colombia

Para ilustrar el panorama de la ganadería en Colombia (Palacios-Lozano et al., 2019, pp. 59–63) expone inicialmente los principales organismos de gestión, vigilancia, trabajo y estudios alrededor de la ganadería en Colombia y sus impactos ambientales además de la producción de productos del ganado bovino, entre estas se describe la Fundación CIPAV tres de sus líneas de estudio son la restauración ecológica, servicios ambientales y ganadería

sostenible indicando como la importancia para el desarrollo sostenible de la ganadería bovina pretende generar conocimiento sobre sistemas silvopastoriles intensivos en varios agroecosistemas, la reconversión ambiental ganadera a través de la generación de nuevos conocimientos. De esta fundación se sabe que no tiene poder sobre la toma de decisiones de la Política Nacional De Ganadería Bovina Sostenible (PNGBS), sin embargo, su papel es fundamental para la formulación y en la implementación, ya que sus líneas de trabajo se articulan directamente con la ganadería sostenible, con la conservación de la biodiversidad y la protección de los bosques contando con estar presente en el territorio en trabajo directo con la comunidad y las organizaciones locales.

Del lado investigativo el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) es un organismo de investigación global en sistemas agrícolas el cual afirma que, si se espera que la demanda global por productos de ganadería se duplique para 2050, el incremento necesario en la producción futura debe conciliarse con el impacto ambiental negativo que la industria pecuaria causa. Siendo sus desarrollos apoyados en enfoques de mejoramiento del rendimiento, calidad y resistencia al estrés de los forrajes; ecológico para mejorar el manejo de sistemas de forrajes; y socioeconómico para crear entornos favorables (mercados, políticas, capital social y humano).

Con respecto al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) descritas por (Palacios-Lozano et al., 2019, p. 20) “corresponde a un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales el cual, como organismo de carácter internacional, no tiene una responsabilidad directa sobre la formulación e implementación de la Ganadería Bovina Sostenible. Aunque aporta al conocimiento y a la gestión con comunidades en la línea de enfoques territoriales en donde se desarrollan instrumentos técnicos para disminuir la vulnerabilidad de las poblaciones ante el cambio climático a través de sistemas de conservación”.

Por su parte la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) tiene como referencia el aspecto de (Briceño Gutiérrez, 2019, p. 17) donde “los recursos naturales sostenibles, el desarrollo rural, la conservación de la biodiversidad, degradación de la tierra y la ganadería sostenible con importantes estudios en estas áreas tanto a nivel académico como de estudios de impacto tanto en la producción como en los lineamientos de injerencia ambiental y calentamiento global por consumo de productos derivados de la actividad agropecuaria de la ganadería”.

Se debe anotar el trabajo de The Nature Conservancy (TNC) de la mano de FEDEGAN (Palacios-Lozano et al., 2019, p. 10) y sus socios los cuales han trabajado en el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible “durante 8 años, brindando asistencia técnica a pequeñas fincas ganaderas ubicada en zonas de alta deforestación como los departamentos del Cesar, Atlántico y Magdalena, así como en el piedemonte de la Orinoquía, Boyacá y la región cafetera. Con el objetivo es hacer ganadería que mejore la productividad, el ingreso, la conservación y minimice impactos ambientales”.

Otro aliado en este sentido es el Global Green Growth Institute (GGGI) donde para (Palacios-Lozano et al., 2019, p. 15) que “como organismo internacional apoya y promueve en los países en desarrollo y las economías emergentes un crecimiento económico sólido, inclusivo y sostenible, la cual no tiene poder sobre la toma de decisiones en términos de la adopción de la Política Nacional de Ganadería Bovina, pero lidera la formulación del Programa de Reconversión de Pasturas en Colombia en el marco del Plan Nacional de Desarrollo vigente”.

(Palacios-Lozano et al., 2019, pp. 22–24) menciona que desde el sector privado nos encontramos principalmente con “la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGÁN) que, como organización gremial sin ánimo de lucro, sujeta al derecho privado colombiano y luego de decisión del IX Congreso Nacional de Ganaderos. Agrupa en calidad de afiliadas, a las organizaciones gremiales ganaderas regionales y locales, como también a otro tipo de

entidades vinculadas a la actividad ganadera nacional. Ha apoyado a Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO) en el diseño de un modelo biodinámico para la planificación financiera del Instrumento a la Transformación Productiva Sostenible ITPS de la ganadería”.

Cabe mencionar que existen otras instituciones también nombradas (Palacios-Lozano et al., 2019, p. 26) que desde su campo de acción han realizado esfuerzos por la difusión de estudios alrededor de la ganadería bovina “entre los que se encuentran La Asociación Nacional De Productores De Leche (ANALAC), Federación Colombiana de Cooperativas de Productores de Leche (FEDECOLECHE), la Unión Nacional De Asociaciones Ganaderas Colombianas (UNAGA) con 150 años de actividad gremial, además de la Nueva Federación de Ganaderos está el gremio de ecosistema lechero ASOLECHE el cual fue creado como entidad gremial en 2016 para trabajar de la mano de FEDEGAN”.

Puntualmente se destaca el trabajo de la (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2020, p. 1) en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París, la FAO se compromete a ayudar a los países a abordar el hambre cero al tiempo que aborda el cambio climático a través de una mejor gestión de los sistemas ganaderos. Destaca dos áreas de trabajo, primero, la Alianza sobre la Evaluación y el Desempeño Ecológico de la Ganadería (LEAP) iniciativa de múltiples partes interesadas proporciona orientación técnica sobre la evaluación de los impactos ambientales de la producción de piensos y ganado, y segunda, el Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM) como modelo espacial de análisis del ciclo de vida de nivel 2 para estimar las interacciones ganaderas y ambientales, como son las emisiones de gases de efecto invernadero, el uso de nitrógeno, el agua, el carbono del suelo y la biodiversidad.

Impactos De Gases Al Medio Ambiente

Una de las principales causas de la deforestación de la selva amazónica es el cambio de uso del suelo para la ganadería extensiva expuesto en la (Revista Semana, 2020, pp. 1–2) “dato que corroboró el informe Perspectivas Agrícolas 2019-2028 realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que señaló que Colombia ocupa el tercer puesto en emisión de gases de efecto invernadero provenientes de la ganadería, después de Uruguay y Argentina” lo cual lleva a considerar el panorama de impactos de los gases provenientes de la ganadería bovina en Colombia considerando los impactos más significativos.

Mencionado anteriormente por (Morales et al., 2011, p. 19) se sabe que las bacterias del rumen “provee un ambiente apropiado, con un suministro generoso de alimentos, para el crecimiento y reproducción de los microbios” por lo cual la ausencia de aire (oxígeno) en el rumen favorece el crecimiento de especies específicas de bacterias, entre ellos las que pueden digerir las paredes de las células de plantas (celulosa) para producir azúcares sencillos (glucosa), aclarando en estos términos que “los microbios fermentan glucosa para obtener la energía para crecer y ellos producen ácidos grasos volátiles (AGV) como los productos finales de fermentación por lo cual los AGV cruzan las paredes del rumen y sirven como fuentes de energía para la vaca” (p. 20), por lo tanto, la acción de masticación se llama rumiación y es parte del proceso que permite al rumiante obtener energía de las paredes de las células de las plantas, también llamada fibra.

Se estima que la producción animal es responsable de entre el 9 y el 14% lo cual considera (Goyache, 2020, p. 3) irreal dado que de acuerdo a su criterio técnico “los estudios varían enormemente según las metodologías y las regiones en las que se realizan. Se llega a responsabilizar al sector ganadero de producir, globalmente, más del 50% de gases de efectos invernadero” considerando estos máximos como irreales, lo cual comprobaremos a la luz de

otros estudios como el de (Naranjo Ramirez, 2020, p.5) sobre mitos y realidades alrededor de los impactos del ganado vacuno considera como mitos: son una de las principales causas del calentamiento global, ocupan tierras agrícolas que podrían producir alimentos vegetales, el ganado compite con la humanidad por los recursos alimenticios y es poco eficiente para convertir alimentos, consumen demasiada agua, las dietas vegetarianas son mejores para el ambiente y no tienen efectos en la salud humana y que la ganadería es la principal responsable de la deforestación del planeta relacionados con el impacto de los gases que estos producen.

Considerando pues lo anterior se suma el concepto de (Contexto Ganadero, 2020, p. 1) considerando que dado el experimento mundial circunstancial de la pandemia se demuestra que “mientras las actividades agropecuarias mayormente no se detienen, y mucho menos que las vacas hayan decidido complotarse para adaptar su ritmo de producir gases de efecto invernadero durante la cuarentena”, considera que reconoce que nuestra ganadería tiene mucho por mejorar sin olvidar las cifras previas para evitar el colonialismo informativo, ni el valor actual y futuro de los pastizales y pasturas, aún sin computar biodiversidad u otros componentes de la sostenibilidad.

Por tanto, cabe destacar los impactos registrados en los cuales el ganado vacuno es participante, uno de estos es el del uso de la tierra de forma ineficiente, declara (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2020, p. 7) que entre 1970 y 2011, “el ganado aumentó de 7.300 millones a 24.200 millones de unidades en todo el mundo, mientras que aproximadamente 60% de todas las tierras agrícolas se utilizan para el pastoreo. La agricultura se ha vuelto menos sobre la producción de alimentos y más sobre la generación de pienso para animales, biocombustibles e ingredientes industriales para productos alimenticios procesados” lo cual será tratado en el aparte de mitigación del capítulo III.

Relación Con El Cambio Climático

Notando la connotación que se da a partir del relacionamiento entre ganado bovino y el cambio climático (Méndez, 2019, p.34) expone como “los sistemas bovinos generan altas emisiones de gases de efecto invernadero, ya sea por procesos metabólicos como la fermentación entérica, el manejo que se le da a las heces en los sistemas de producción, factores tanto como la fabricación y el transporte de insumos utilizado en los procesos productivos y por último el cambio en el uso de la tierra para generar nuevas zonas de pastoreo intensivo, contribuyendo al cambio climático de manera directa o indirecta” expuesto por (Sánchez Parales, 2019, p. 41) demuestra como “la ganadería bovina genera el 18 % de los gases que incrementan el efecto invernadero GEI, teniendo en cuenta que produce dióxido de carbono (CO₂) a razón de un 27 %, metano (CH₄), en una proporción de 44 % y óxido nitroso (N₂O), a razón de 29 %” citando a Gerber et al (2013).

En el estudio que se presentan con relación a las NAMAS, que de acuerdo a (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), 2020) corresponden a “Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas o políticas, regulaciones, programas u otro tipo de acciones que reducen las emisiones de Gases Efecto Invernadero de sus niveles tendenciales o 'business as usual' y que a su vez contribuyen a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible de los países que las implementan, que son principalmente países en desarrollo” son descritas por (Juliana & Garzón, 2018, p. 2) como parte de “un recurso apropiado para que los agricultores y ganaderos establezcan diferentes formas para adaptarse al cambio climático y mitigar los impactos negativos que con ello ha traído a la economía del sector agropecuario; y buscar maneras para aumentar la producción y el bienestar animal de manera que sea sostenible para el productor” esto como parte de mejoras en los rendimientos de la producción ganadera en Colombia, otros beneficios que se pueden obtener de estas NAMAS en el sector pecuario es la oportunidad de empleo, competitividad, seguridad alimentaria, y su adaptación al

cambio climático; de vital importancia con respecto al nivel competitivo que se pretende en materia de estrategias actuales adoptadas en el campo de la mitigación.

El escenario actual comprende varios frentes, uno es el de la posición de los ganaderos frente a la producción de carne, en este sentido (Isabel & Ortegón, 2019, p. 3) indica que a partir de cambios extremos de precipitación en la oferta de carne bovina a través de las decisiones de los ganaderos “el sector ganadero en Colombia es muy importante, ya que hace parte fundamental del sector alimentario de los colombianos y además es un gran sustento para el sector rural” (p. 5) y que a partir de la conclusión de datos precarios alrededor de la ganadería considerando bajo intuición de oferta y demanda, que si bien los agentes no afectan la oferta por las decisiones que se tomen, el clima si incide negativamente en los precios, lo que se creería que sucede por el incremento en la oferta de carne a nivel general; lo que nos lleva a plantear como un elemento externo que motiva a los productores de ganado a producir frente a adoptar mecanismos de mitigación de gases, ya que se concentra el trabajo en la producción y los precios. Por lo cual se considera relevante los esfuerzos descritos por Naranjo Rodríguez:

“Aunque se reconoce la contribución de la producción ganadera a la emisión de GEI, también está documentado su potencial para desarrollar estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático global. En los últimos años han surgido diferentes iniciativas internacionales como LivestockPlus del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável (GTPS) de Brasil, el movimiento ENOUGH (centrado en los cuatro pilares de innovación, opción, acceso y nutrición), los enfoques de agricultura climáticamente inteligente y las estrategias de intensificación sostenible de la FAO. En Colombia, se destaca la iniciativa Ganadería Colombiana Sostenible y las experiencias nacionales y regionales de la Mesa Ganadera Sostenible, que ha impulsado el concepto de crecimiento verde e inclusivo en esferas académicas y

políticas regionales e internacionales y cuya conceptualización sigue siendo objeto de debate” (Naranjo Ramirez, 2020, p. 10).

Destacando que se han dado esfuerzos con respecto al cambio climático se considera ejemplos como el del modelo GANSO (modelo de negocios y de asistencia técnica para la profesionalización de la Ganadería Sostenible en la Orinoquía colombiana) correspondiente al panorama actual de la ganadería de la región considera (Ruden et al., 2020, pp. 1–2) que “las potencialidades que la ganadería tiene desde lo ambiental y económico, un grupo de científicos en ganadería y expertos en cambio climático vieron la necesidad de profesionalizar la producción ganadera desde la asistencia técnica y financiera y las recomendaciones basadas en evidencia científica, dándole forma a GANSO: una asociación entre Climate Focus y la Alianza Bioversity-CIAT -con el apoyo de Los programas de investigación del CGIAR (CRP) en ganadería (Livestock) y en cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria (CCAFS)-, creada para promover la transformación de áreas con pasturas y suelos degradados, corresponde a un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales el cual, como organismo de carácter internacional, no tiene una responsabilidad directa sobre la formulación e implementación de la Ganadería Bovina Sostenible. Aunque aporta al conocimiento y a la gestión con comunidades en la línea de enfoques territoriales en donde paisajes verdes, diversos, productivos y sostenibles” (p. 2).

Con respecto a las cifras de referencia del año 2018 expuestas por (Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), 2018, p.5-11) “La situación más compleja que vive hoy la ganadería colombiana es la disminución de su hato, por lo que Así mismo el cambio climático ha ocasionado la muerte de animales en el momento de ocurrencia de los eventos, pero a su vez genera desplazamiento de animales y daños en su productividad y reproductividad que se ven reflejados en años posteriores” un análisis de esta condición revela que la ausencia de políticas públicas limita el consumo interno de carne, exportaciones y repoblamiento bovino,

también incidieron en su disminución; pronosticando a partir de esta realidad que el cambio climático hará que las sequías e inundaciones sean cada vez más intensas y más frecuentes.

Impactos De Gases En Colombia

Un aspecto a considerar es el de (Santacruz, 2020, p. 13) quien menciona como las mayores emisiones están en las categorías de tierras forestales, pastizales y ganado, con 32%, 31% y 12% del promedio histórico respectivamente. Seguido del sector Agropecuario, donde las principales emisiones se reflejan en la fermentación entérica con un 37%, seguido de las quemaduras y gestión de suelos agropecuarios con un 34%, aproximadamente. Los resultados revelan la participación del sector forestal y del sector ganadero, lo cual explica la relación entre la intensidad de emisiones y el cambio en el uso del suelo. Ya que el aporte significativo de las emisiones de metano que genera los problemas referentes al calentamiento global y cómo desde la alimentación de manera técnica y los procedimientos adecuados se puede mitigar este aporte, siendo prácticamente desde la segunda mitad del siglo anterior se han venido aumentando considerablemente las afectaciones ambientales por el incremento de las cantidades de metano que resultan de los procesos de alimentación en bovinos (Ramos, 2019, p. 16).

Costos De Perdidas Por Emisión De Gases Emitidos Por Los Bovinos

La ganadería implica afectaciones no solo en términos de calentamiento global, sino que relaciona condiciones adicionales por las que se generan pérdidas en costos tales como lo describe (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2013, p.4) se detalla como el diseño de las intervenciones para disminuir las emisiones de gases en el sector requiere también un entendimiento profundo de los efectos que pueden tener estas intervenciones en factores como los costos de producción, la competitividad y los riesgos que atañen a los grupos interesados a lo largo de la cadena de suministro, así como su

impacto sobre bienes y servicios ambientales como el agua y la biodiversidad. Y aclara “Los cultivos de cobertura pueden aumentar la absorción de nitrógeno de las plantas y disminuir la acumulación de nitrato, reduciendo de esta manera las emisiones de N₂O del suelo, aunque los resultados no han sido concluyentes. La ureasa y los inhibidores de la nitrificación son también opciones prometedoras en la disminución de las emisiones de N₂O provenientes de los sistemas intensivos de producción pecuaria, pero su aplicación puede ser costosa y los beneficios para el productor limitados” (p. 12).

Los costos no calculables por las condiciones en las que se llevan las mediciones de afectación se pueden considerar a partir de (Cantero & Mendivelso Escobar, 2019, p.36) “los costos medioambientales por producir una unidad de ganado debería ser reducido a la mitad, evitando el empeoramiento de los niveles actuales de contaminación, pues más tierras para apacentar el ganado y producir concentrados balanceados ha sido causa de la destrucción de bosques tropicales” con lo que la producción pecuaria agrava estos daños por lo que el exceso de pastoreo, la compactación de la tierra y la pérdida de nutrientes convierten las tierras forestales en páramos erosionados; citando a la FAO en materia de afectación medioambiental.

Escenarios como él expone en materia de costos (Briceño Gutiérrez, 2019, p.61) manifiesta “los costos de inversión y mantenimiento; la educación ambiental del área de estudio y conocer los puntos críticos de cada sistema, esto con el fin saber qué tipo de tecnología puede implementarse. De esta forma las acciones no consistirían únicamente en sembrar árboles de cualquier especie o dividir potreros, sino que se necesita conocer qué especies son las indicadas dependiendo del municipio, la región biogeográfica, los forrajes que se quieren implementar y la capacidad de carga” denotando como los escenarios colombianos deben adoptar mecanismos de mitigación asumiendo con ello costos que repercuten tanto en la producción como en el sostenimiento de los mismos mecanismos adoptados.

Sumideros Naturales De Gases Emitidos

A raíz del conflicto del uso del suelo en Colombia y en relación con sumideros naturales concuerda que, en cuanto a los ciclos biogeoquímicos, el suelo juega un papel fundamental y central en su ocurrencia. En relación con el almacenamiento o fijación de carbono, el suelo es un sumidero de carbono en la naturaleza, el cual impide que el dióxido de carbono alcance la atmósfera y, en cambio, contribuye a la transformación del carbono en materia orgánica citando a Burbano-Orjuela (2016) y con respecto a los mecanismos para mitigar los impactos de GEI se considera que los gases de invernadero podrían reducirse a través de dos procesos: reducción de emisiones antropogénicas de CO₂ o creación y/o mejoramiento de los sumideros de carbono en la biosfera por lo que aclara (Corredor, 2020, p.2) frente a los mecanismos silvopastoriles “se constituye en una práctica relevante para el desarrollo de la actividad ganadera dado que esta práctica afirma la plantación de árboles afirmando la estructura de los suelos por medio del uso de materia orgánica elevando los niveles de nitrógeno, cuidando los procesos erosivos del suelo, aporta a la infiltración de aguas de lluvia, aporta a la restitución de aguas subterráneas, contribuye a los sumideros de CO₂” (p. 4).

Uno de los principales sumideros naturales descritos para el estudio de impacto de gases de efecto invernadero GEI corresponde al descrito por (Espinosa-Carvajal et al., 2020, p. 13) frente a los resultados obtenidos en un estudio de flujos de metano en suelos con coberturas de pastos en el norte de Colombia mostraron que “los suelos en el área de estudio se comportaron como sumideros de metano la mayor parte del año, incluso en algunos períodos de la temporada de lluvias, sugiriendo que los suelos en estudio dedicados a la producción ganadera en el valle medio del río Sinú presentaron buenas condiciones de drenaje y propiedades físicas de suelo que favorecieron la aireación y la actividad de microorganismos metanotrófos” aún definimos pues condiciones apropiadas para que el ambiente por cuenta propia realice las transformaciones sobre los GEI considerando sus correspondientes capacidades de regeneración.

Capítulo III Alternativas De Mitigación

Alternativa 1 Dieta Mejorada Que Disminuya La Fermentación Entérica

Tabla 2

Forrajes, pasturas y árboles promisorios en los SSP

Especie Vegetal	Nombre científico	Valor nutricional	Usos y Potencial
Botón de oro	Titonia Diversifolia	24% PC	Nutrición animal
Matarratón	Gliricidia sepium	26 % PC	Nutrición animal, salud animal, cercas, protección de fauna.
Melina	Gmelina arborea	10,85%	Madera, planta medicinal, nutrición animal y protección de fauna.
Guamo	Inga codonantha	225.8 g/kg	Sombrío, cercas, protección de faunas, barreras rompe vientos y protección de cuencas.
Algarrobo blanco	<i>Prosopis alba</i>	15%	Nutrición animal, salud animal, cercas, protección de fauna.
Totumo (ensilaje salino)	<i>Crescentia cujete</i>	9.7	Sombrío, cercas, protección de faunas y barreras rompe vientos
Morera	Morus alba	20-24%	Nutrición animal.
Cratylia	Cratylia argentea	21.9	Nutrición animal.
Cámbulo	Erythrina poeppigiana	20%	Madera, sombra y nutrición animal.
Garabato	Acacia praecox	14,1%	Nutrición animal, salud animal, cercas, protección de

			fauna.
Chambul	<i>Erythrina fusca</i>	25%	Cerca, nutrición, sombra y servicios ecosistémicos
Balù	<i>Erythrina edulis</i>	19.5%	Cerca, nutrición, sombra y servicios ecosistémicos
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	12-25%	Sombra, cerca, barreras rompevientos y leña.
Acacia	<i>Acacia decurrens</i>	15%	Madera, sombra, cerca, barreras rompevientos y leña
Acacia	<i>Mangium</i>	10-18%	Madera, sombra, cerca, barreras rompevientos y leña
Yopo	<i>Anadenanthera peregrina</i>		Madera, carbón, vegetal, leña, sombras, cercas, protección de faunas, barreras rompe vientos y protección de cuencas.
Albizia	<i>Albizia lophantha</i>	12-16%	Sombra, cerca, barreras rompevientos y leña
Ramio, ortiga blanca	<i>Boehmeria nivea</i>	21-24%	Nutrición animal.
Pata de vaca	<i>Bauhinia forficata</i>	13.75%	Sombra, cerca, barreras rompevientos, nutrición animal y leña
Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>	15-22%	Nutrición animal, salud animal, cercas, protección de fauna.
Corotú	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	36%	Reforestación, sombras, cercas, leña y medicina.
Maní forrajero	<i>Arachis pintoi</i>	16-20%	Nutrición animal.
Maíz forrajero	<i>Zea mays</i>	6-12%	Nutricional animal
Pasto llanero	<i>Brachiaria dictyoneura</i>	8-8%	Nutricional animal

Pasto peludo	Brachiaria decumbens	7-10%	Nutricional animal
Pasto la libertad	Brachiaria brizantha	7-9%	Nutricional animal

Nota: Realizado por autoras, 2021

Sistemas silvopastoriles:

Vera et al. (2014) dice que “Los sistemas silvopastoriles pueden contribuir a reducir las emisiones de metano procedentes del rumen, por medio del efecto de algunos follajes y frutos que poseen metabolitos secundarios, capaces de afectar la fermentación ruminal. Por ejemplo, los frutos y el follaje de *E. cyclocarpum* (guanacastle, parota) contienen saponinas (compuestos terpenoides) que reducen la población protozoaria del rumen (afectando a las archaea metalogénicas) y disminuyen consecuentemente la emisión de CH₄ al ambiente” (p.9).

En los sistemas silvopastoriles la implementación de pastos y plantas ricas en energías digestibles “es una estrategia que permite acercarse a los sistemas agropecuarios sostenibles, ofreciendo ventajas como el incremento de la cobertura vegetal, protección y mejoramiento de la calidad de los suelos, aumento de la diversidad biológica, recuperación y conservación de fuentes de agua, sumideros de CO₂, producción de leña y fuente de alimento para rumiantes y monogástricos, e incluso para el hombre. En los países tropicales como Colombia existe una gran diversidad de plantas con estas características, entre ellas la *Tithonia diversifolia* o botón de oro” César González-Castillo et al., (2014. p.46.).

El botón de oro en Colombia crece en diferentes condiciones agroecológicas desde el nivel del mar (30 °C) hasta 2.500 msnm (10 °C) y precipitaciones de 800 hasta 5000 mm/año y en distintos tipos de suelos de neutros a ácidos y desde fértiles hasta muy pobres en nutrientes. Esta especie es descrita como planta herbácea de 1.5 a 4.0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, a menudo glabras, las hojas en su mayoría de 7.0 a 20 cm de largo y,

de 4.0 a 20.0 cm de ancho (Romero, 2018. p.18). Maecha et al., 2007 citado por César González-Castillo et al., (2014) dice que

“En vacas se evaluó la producción y calidad de la leche usando *Tithonia diversifolia* en la dieta de los animales, junto con *Brachiaria* de pastoreo y alimento balanceado como suplemento, en la zona de vida de bosque húmedo tropical con temperatura media de 23 °C y altitud de 1475 msnm, mostrando que el reemplazo del 35 % del alimento balanceado por forraje de *Tithonia diversifolia* no afecta, negativamente, la producción ni la calidad de la leche y que, por el contrario, tienden a mejorar estas características, lo cual permite catalogar a esta especie forrajera como eficiente en sistemas de lechería cuando se busca disminuir los costos de producción” (p.54).

En una investigación realizada por (Rivera et al., 2015) se encontró que en Colombia “En el piedemonte de la cordillera oriental en la región amazónica (departamento del Caquetá) caracterizada por suelos muy ácidos, pobres en nutrientes y sometidos a alta precipitación pluvial. Con el objetivo de ampliar el conocimiento sobre este tipo de sistemas, se comparó la producción y calidad de leche en un sistema convencional de pastoreo y un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) con el arbusto forrajero *Tithonia diversifolia* en alta densidad de siembra y árboles nativos e introducidos con pastoreo rotacional de dos años de establecido. Durante un periodo de 20 días, ocho animales fueron evaluados por medio de un arreglo experimental de sobre cambio. Se midió la producción de leche por individuo y por hectárea y se evaluó la calidad composicional y rendimientos económicos por venta del producto. Los porcentajes de grasa, sólidos no grasos y sólidos totales en la leche no presentaron diferencia significativa entre tratamientos ($p>0.05$), pero si el porcentaje de proteína que fue significativamente superior en el SSPi (3.39%) que en el sistema convencional (3.35%) ($p=0.029$). La producción de leche ha/día fue significativamente mayor ($p=0.0001$) en el SSPi que en el sistema convencional (15.4 y 9.70 kg respectivamente) como fruto de un incremento

en la capacidad de carga que pasó de 1.84 a 2.71 Unidades Animales por hectárea y de la producción por animal que se incrementó 6.71% con el SSPi de dos años de establecido. Los resultados demuestran que los SSPi pueden mejorar la calidad y la oferta de nutrientes en la dieta y la producción de Kg/ha/día de grasa, sólidos no grasos, proteína y sólidos totales ($p > 0.05$) y como consecuencia pueden mejorar los ingresos por venta de productos frente a los sistemas tradicionales usados habitualmente en el piedemonte amazónico en Colombia” (p.1).

El botón de oro restaura la fertilidad de suelos degradados, debido a que en los suelos después de seis meses de sembrada aumenta el contenido de nitrógeno en 191 kg/ha, de fósforo en 8,1 kg/ha, potasio en 271 kg/ha, calcio en 70 kg/ha y magnesio en 32 kg/ha (Rutunga et al.1999 citado por César González-Castillo et al., 2014. p.51). Además, esta planta tiene rápido crecimiento y el cultivo requiere una mínima cantidad de insumos y manejo, ya que es una planta invasiva.

Otra especie de planta es el Matarratón (*Gliricidia sepium*), que desde hace varias décadas ha sido incluida como fuente de alimentación animal y en especial en la alimentación de rumiantes, las investigaciones sobre los valores nutricionales de esta especie han arrojado resultados favorables de las ventajas sobre las gramíneas y otras leguminosas forrajeras (Vargas Cardozo, Vicente, 2013). Su valor nutricional es muy elevado, cuenta con una gran aceptabilidad por parte de los animales, gracias a lo tierno de sus hojas, en lo posible se debe de suministrar seco y posteriormente molido, luego de un proceso de secado en un invernadero para evitar cualquier tipo de molestia en el animal. El *Gliricidia sepium* cuenta con un 80% de humedad, una proteína cruda del 20 – 23%, y una fibra cruda del 22% (Ospina Aguilar, 2011. p.25). Vargas Cardozo, Vicente, (2013. p.66) evaluó la inclusión de la *Gliricidia sepium* en los sistemas silvopastoriles encontrando esta como coadyuvante en la mitigación del estrés calórico, manteniendo la temperatura corporal de los rumiantes. Además, facilita la rumia, el ramoneo y el descanso, que son factores primordiales para el bienestar animal y pueden

ayudar a obtener mayores ganancias de peso. Otra propiedad de la *Gliricidia sepium* es su potencial simbiótico en la fijación y contenido de nitrógeno foliar, tanto radical como nodular, y cuenta con grandes concentraciones de clorofila.

Bacab et al., (2013), dice que

“Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) constituyen una opción importante para los sistemas ganaderos en el trópico, debido a los múltiples beneficios que brindan, tales como la alta oferta y calidad de forraje para la alimentación animal; además, con dichos sistemas se obtiene mayor producción de carne y leche en comparación con los sistemas tradicionales de producción en monocultivo. De igual manera, la implementación de los SSPi permite obtener numerosos beneficios ambientales tales como captura de CO₂, fijación de N atmosférico, reducción de la emisión de CH₄ y NH₄, incremento de la materia orgánica en el suelo y mejora en las condiciones microclimáticas” (p.78).

Bacab et al., (2013), afirma que

“Con relación a las altas densidades de árboles, estos permiten obtener múltiples beneficios; tales como: el ahorro de fertilizantes nitrogenados, mayor duración de las pasturas, mejor retención hídrica en el suelo, disminución del efecto desecante de los vientos y reducción del estrés calórico en los animales. Además, se alcanzan altos rendimientos de biomasa que permiten mayor carga animal y un incremento en la ingesta de proteína que mejora la producción y calidad de leche y carne” (p.71).

Murgueitio et al., (2011) también afirma los múltiples servicios de la implementación de prácticas en la ganadería que ayuden al medio ambiente como lo son los silvopastoriles intensivos que

“Son una forma de agrosilvicultura basada en la ciencia que permite un rápido aumento de la productividad y la rehabilitación de pastizales degradados, y por lo tanto son una herramienta novedosa que permite la concentración espacial de la producción ganadera

en las áreas más apropiadas mientras libera otras tierras para restauración y conservación ecológica. Los árboles y arbustos nativos desempeñarán un papel clave en la mejora de los servicios de los ecosistemas en los paisajes pastoriles” (p.1655).

El Matarratón es ideal como sombrío porque su follaje poco denso permite la entrada de la luz hasta el suelo. Esta leguminosa de raíces profundas ocupa ambientes diversos y crece en una amplia variedad de suelos incluyendo los ácidos y erosionados, además es buena fuente de abono verde en sistemas agroforestales (Lemos Ramírez, 2013. p.13). El matarratón en cercas vivas a los 6 meses se han encontrado producciones de 4.0 t de biomasa seca total/km, y a los 9 meses de 5.3 t/km (Lemos Ramírez, 2013. p.19). “El 60% de la proteína bruta del Matarratón es nitrógeno insoluble, con una degradación ruminal cercana al 80%, considerada alta o es una gran fuente de nitrógeno no proteico, aminoácidos y péptidos, que contribuyen a la producción de proteína microbiana en el rumen”. (Lemos Ramírez, 2013. p.21).

Las cercas vivas consisten en árboles espaciados en una hilera, que se usan para colocar alambre o palos para separar una parcela (o potrero) de otra. Entre las ventajas (M. Ruth et al., 2017) dice que:

“Las cercas vivas pueden bajar la temperatura del suelo debido a la mayor retención de humedad donde están ubicadas (11, 39, 47 en 41), lo cual es relevante en el contexto de precipitación errática al que nos enfrentamos. Adicionalmente, se espera que la temperatura del aire en una parcela rodeada con cercas vivas sea más estable que sin ella. La humedad relativa de las parcelas cercanas aumenta con la presencia de cercas vivas, reduciendo la tasa de evapotranspiración de los cultivos, este efecto decrece a medida que se aleja de la cerca viva. La tasa menor de evapotranspiración se traduce en mayor conservación del agua en la planta, evitando el estrés hídrico” p.25.

Beneficios Productivos Y Ambientales De Los Arreglos Silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles ofrecen beneficios económicos y a su vez ambientales que ayudan al enriquecimiento cultural, social y al desarrollo en las comunidades.

Ecoturismo En Corredores Ecológicos. Los sistemas silvopastoriles son una buena alternativa para generar ingresos económicos adicionales en las granjas, las “actividades complementarias pueden ser el ecoturismo o turismo de naturaleza (en especial el avistamiento de aves), la recolección de hongos comestibles y otras especies medicinales o de otros usos, la captura sostenible de mariposas y otros insectos, etc.” (Montagnini et al., 2015, p.202). El informe de Parques Nacionales Naturales de Colombia del año 2019 evidenció que de 1.967.672 personas que ingresaron a los 25 Parques Nacionales abiertos al ecoturismo, el 71% son de nacionalidad colombiana y el 29% restante extranjeros, los visitantes realizaron diferentes actividades como senderismo, observación de fauna y flora, baños de sol, careteo, toma de fotografías, ciclomontañismo, escalada en roca o hielo, espeleísmo, natación, canotaje, buceo, visitas a comunidades étnicas, entre otras (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2020). Por otro lado Fleitman (2013) dice que:

“Algunas modalidades silvopastoriles, como los linderos, las cortinas rompevientos, las cercas vivas u otras plantaciones forestales, en línea a lo largo de las orillas de las pasturas, influye en el movimiento de los animales y en la dispersión de las plantas de esta forma, pueden tener funciones de biocorredores importantes en paisajes agrícolas, caracterizados por ecosistemas fragmentados que aumentan la biodiversidad los corredores proporcionan camino, fuente y hábitat para las especies nativas” (p.7).

“La diversidad de árboles y la complejidad estructural de la vegetación contribuyen a mejorar el hábitat para organismos como aves, mamíferos, reptiles e invertebrados, que encuentran refugio y recursos alimenticios en el SSPi. En un estudio basado en entrevistas a los ganaderos que adoptaron sistemas silvopastoriles en la cuenca media del río La Vieja, 71%

de los productores mencionaron un aumento en la abundancia y diversidad de aves; El monitoreo de la avifauna de las fincas ganaderas de esta región mostró que, en promedio, los SSPi tienen cuatro veces más aves y una riqueza de especies 35% mayor que los monocultivos de gramíneas” (Montagnini et al., 2015. p.347).

Bosquetes, Producción De Madera Y Aumento De Carne Y Leche. “Los árboles proveen una serie de beneficios, tanto de subsistencia como comerciales, principalmente en la forma de madera, carbón, leña y fruta. Para muchos agricultores, los árboles proporcionaron una de sus principales fuentes de ingresos anuales, pues consideraron a los árboles como cajas de ahorro a largo plazo que podrían cosechar cuando fuera necesario. Además, los árboles proveyeron diversos beneficios ambientales, tales como la protección y el aumento de la fertilidad de los suelos, el aumento de la retención de agua de los suelos, protección de fuentes hídricas y hábitat para la fauna silvestre.” (Montagnini et al., 2015. p.210). Los efectos benéficos de la sombra mejoran la eficiencia de los recursos de la finca, permite la producción de forraje de calidad y la suplementación estratégica son mejor aprovechados al incrementar el consumo voluntario de pastoreo y rumia, generando mayores ganancias de peso y producción de leche (Navas Panadero, 2010).

Apicultura En Los Sistemas Silvopastoriles. Los apicultores se benefician con el polen que recogen las abejas, por la comercialización del producto que se obtiene. Además, este sector contribuye a la protección del ambiente, a la producción agroforestal y proteger la biodiversidad de una región o zona en particular. Las abejas realizan un trabajo de vital importancia para la conservación de las diferentes especies vegetales, la visita de las abejas sobre diferentes flores en busca de néctar y polen para su alimentación, se favorecen transportando los granos de polen de una planta a otra (Rodríguez Mancera & Sánchez Ayala, 2019. p.12).

Alternativa 2 Capacitación A Los Productores Mediante La Creación De Una Escuela Sobre Ganadería Amigable Con El Medio Ambiente Y El Consumo Responsable.

Brindar capacitaciones a productores sobre sistemas silvopastoriles permite mejorar la producción porque “una buena preparación es garantía de progreso económico y social, entre más y mejor capacitado está un individuo, más produce y más recibe” (Fleitman, 2013.p1). En Colombia la federación colombiana de ganaderos (FEDEGAN), cuenta con el proyecto Ganadería Colombiana Sostenible que brinda la oportunidad para mejorar la producción del negocio ganadero a través del trabajo amigable con el medio ambiente; con el uso de diferentes tipos de árboles integrados a la producción ganadera (sistemas silvopastoriles), y la conservación de bosques nativos en las fincas. Los beneficios del proyecto para los ganaderos son pagos por servicios ambientales y asistencia técnica, además, de las ganancias que generan los mismos. El consumo responsable es reducir la cantidad de productos animales que se producen y consumen, es ayudar y proteger nuestro planeta, comer menos carne y los productos lácteos promueven un mundo más justo y mejoran la salud humana (Greenpeace International, 2013). Esta iniciativa se trata de reducir el consumo de carne por persona, más no eliminarla por completo de la dieta, porque “100 g de ternera tienen el doble de proteínas que el equivalente en peso cocido de frijoles y 2,5 veces más hierro. Uno puede ingerir solo alrededor de 2.5 kg de alimentos por día y no todos los alimentos son tan densos en nutrición” (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2019). Las cinco alternativas de reducir el consumo de carne y lácteos que propone Greenpeace International (2019) son las siguientes, primero reducir las porciones, segundo planificar el menú, tercero consumir ecológico, cuarto exigir una dieta menos cárnica y quinto informarse y difundir.

Las prácticas de ganaderías amigables con el medio ambiente brindan servicios ambientales y además permite al productor tener más beneficios económicos como culturales con la misma actividad. Los beneficios ambientales y productivos de los arreglos silvopastoriles son los corredores ecológicos, el avistamiento de aves (genera ganancias al ofrecer este

servicio a turistas), la producción de madera (genera ganancias al venderla), la protección de fuentes hídricas al implementar árboles en sistemas silvopastoriles, y estos árboles a su vez aumentan la productividad de los animales, ya que ofrecen mejor alimento a los bovinos. Las prácticas de almacenamiento y gestión del estiércol permiten reducir los costos de fertilización, además del bienestar animal.

Alternativa 3 Práctica De Almacenamiento Y Gestión Del Estiércol

Lombricultura Y Producción De Humus Líquido

El vermicompost según FAO (2013) es:

“es el proceso de compostar utilizando lombrices y microorganismos. Es un proceso eólico que termina en la estabilización de la materia orgánica. Al igual que el compost maduro, el producto final es materia orgánica, pero son las lombrices quienes realizan el proceso con ayuda de los microorganismos” (p.68).

Para la obtención de vermicompost, la especie de lombriz que comercialmente más se emplea es *Eisenia foetida* conocida comúnmente como la lombriz roja californiana, esta especie es muy hábil en su alimentación, de forma que cada 24 horas consume alimento correspondiente a su propio peso al día. La lombriz obtiene su alimento a partir de materiales orgánicos vegetales, animales o mixtos, frescos o en diferente estado de descomposición, para producir más biomasa de lombriz (crecimiento y nuevas lombrices) y estiércol. Requiere de ciertas condiciones ambientales como una temperatura óptima de 19-25 °C, con humedad del 80%, pH de 6,5- 7,5 y baja luminosidad. La supervivencia de la lombriz depende de la cantidad de materia orgánica en el medio, disminuyendo la supervivencia según baja el porcentaje de materia orgánica (FAO, 2013. p.68). Las propiedades químicas de vermicompost contienen ácidos fúlvicos entre 14-30 %, ácidos húmicos 2,8.5,8%, sodio 0,02%, cobre 0,05%, hierro 0,02%, magnesio 0,006% y relación C/N 10-11%. Los beneficios que brindan son salud en la planta, fijación biológica de nitrógeno y biofertilización y mejoramiento del contenido de carbono en los suelos (FAO, 2013. p.99).

El humus líquido o té de compost dice la FAO (2013) que es:

“El extracto soluble en agua obtenido a partir del compost. Se trata de un sistema para extraer del compost los compuestos que sean solubles en agua y adicionalmente microorganismos. Este sistema es similar al que se emplea para hacer una infusión de hierbas o un té para tomar, solo que se emplea agua fría, y aunque limpia, no necesariamente potable. El proceso de producción de té de compost tiene como fin aumentar la carga microbiana del compost, para lo cual al proceso se pueden incorporar aditivos que actúan como catalizadores para inducir el metabolismo microbiano y con ello aumentar las poblaciones más rápida y eficientemente” (p.72).

Compostaje

“El compostaje es un proceso de descomposición microbiana de la materia orgánica, exotérmico y aeróbico, que tiene varios beneficios relacionados con el manejo del estiércol y con el control de los olores, de la humedad y de los patógenos; además de la estabilización de la materia orgánica y de la generación de ingresos adicionales en la granja” (Hristov et al., 2013. p.103).

FAO (2013) describe el compostaje como:

“un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. El compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost. Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los

microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo” (p.23).

De acuerdo con la temperatura generada durante el proceso se generan diferentes fases según FAO, (2013) son:

“La fase Mesófila el material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días). Fase Termófila o de Higienización. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45 °C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización, ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Fase de Enfriamiento o Mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45 °C. Durante esta

fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista, al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración. Fase de Maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos” (p.23,24).

Producción De Escarabajos

En la gestión de estiércol de los sistemas ganaderos los escarabajos son muy útiles según Giraldo et al., (2018) porque:

“En las áreas de pastoreo, los escarabajos del estiércol, también conocidos como escarabajos estercoleros, son aliados importantes de los productores ganaderos, ya que debido a sus hábitos de alimentación y reproducción generan múltiples beneficios para el sistema productivo. Estos insectos contribuyen a descompactar y airear el suelo, incrementan la infiltración del agua, contribuyen al reciclaje de nutrientes, fertilizan las pasturas, reducen los parásitos internos y externos y mejoran la salud de los bovinos en pastoreo. La remoción de estiércol de la superficie y la construcción de túneles y cámaras de nidificación aumentan la porosidad, incrementan la capacidad de retención de agua durante la época de lluvias y contribuyen a la conservación de la humedad en el suelo en la época seca, de esta manera, los escarabajos del estiércol contribuyen a la regulación hídrica, un factor importante en tiempos de cambio climático” (p.3).

La incorporación permanente de estiércol en el suelo es importante para que los nutrientes que están en el estiércol bovino retornen al suelo y no se pierdan hacia la atmósfera en forma de gases o hacia las fuentes de agua por escurrimiento o lixiviación. Además, la

remoción rápida y eficiente, elimina los sitios de reproducción de parásitos e insectos perjudiciales para el ganado. Cuando los bovinos ingresan a un terreno en donde las boñigas (bostas) no fueron removidas, los animales ingieren una cantidad importante de parásitos que luego tendrán que ser eliminados mediante el uso de medicamento veterinario. Si los escarabajos desintegran por completo las bostas, los potreros tendrán una menor carga de parásitos, lo cual mejora notablemente la salud de los animales. Los beneficios que ofrecen al sistema productivo se reflejan directamente en la reducción en el uso y la frecuencia de aplicación de insecticidas y antiparasitarios. De esta manera, se logra producir carne y leche de mejor calidad, libres de productos químicos contaminantes que afectan la salud de los consumidores y se reducen los costos de producción (Giraldo et al., 2018.p.5).

Biodigestor

Los principios físicos, químicos y biológicos que conducen a la generación de biogás a partir de estiércol los describe la (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2019) donde dice que se dividen en tres etapas que son

“1 Hidrólisis: La materia orgánica compleja (hidratos de carbono, proteínas, lípidos, etc.) es degradada por la acción de microorganismos en materia orgánica soluble (azúcares, aminoácidos, ácidos grasos), lo que genera los sustratos para la siguiente etapa. 2 acidogénesis y acetogénesis: Distintos grupos de microorganismos, denominados acidogénicos y acetogénicos, procesan esa materia orgánica soluble y liberan principalmente hidrógeno molecular (H_2), CO_2 y acetato (CH_3COO). Dado que la acidogénesis es considerada la etapa más rápida del proceso global, resulta fundamental controlarla para evitar que el descenso de pH (acidificación) del medio interfiera con la acción del consorcio microbiano. 3 metanogénesis: Finalmente, los microorganismos metanogénicos tienen dos vías metabólicas diferentes: la vía acetoclástica, que transforma el ácido acético en CH_4 y CO_2 , y la vía hidrogenotrófica,

que a partir del H₂ y el CO₂ genera CH₄. Las transformaciones químicas y físicas que sufre la materia orgánica en estos procesos no solo conducen a la producción de biogás, sino que además pueden generar un residuo estabilizado (digerido) que tiene propiedades adecuadas para ser utilizado como biofertilizante” p.5.

Los biodigestores nos brindan ventajas ambientales en la disminución de emisiones del estiércol, porque ayuda a controlar la excesiva acumulación de estiércol en las zonas ganaderas, satisface la demanda de alumbrado, gas para cocinar, producción de energía eléctrica, etc. Además de la generación de fertilizantes naturales ricos en nutrientes, la disminución de olores del estiércol en los ranchos y controla la proliferación de vectores que generan los excrementos y que causan enfermedades en el ganado (Eyner Edwin, 2014. p25).

Entre las ventajas del uso del biogás y del digestato producido en los biodigestores Winston, (2016) dice que:

“La aplicación de la digestión anaeróbica en biodigestores domésticos es una fuente de energía renovable (biogás), la cual puede reemplazar a combustibles fósiles como el gas natural o el GLP. Además, permite obtener un fertilizante orgánico de calidad y evita la emisión de gases de efecto invernadero provenientes de la descomposición incontrolada de la materia orgánica, lo que cobra mayor importancia en la actualidad debido a los efectos que está causando el calentamiento global” p.205.

Uso De Spalangia Para El Control De Mosca En El SSP

Entre los parásitos externos que afectan a la ganadería se encuentra los dípteros cliclorrafos, como la mosca de los establos (*Stomoxys calcitrans*) y la mosca común (*Musca doméstica*). Para esta problemática los sistemas silvopastoriles utilizan el control biológico de parasitoides de pupas con la *Spalangia cameroni* (Valencia Kanut, 2013. p.5). Guzmán et al., (2018. p.6) también afirma que la *Spalangia cameroni*, como control de moscas, principalmente *Musca doméstica* y control biológico de uso en establos.

Conclusiones

Las emisiones de metano se dan como parte del proceso natural de la digestión de los bovinos, para minimizar las emisiones entéricas se debe hacer uso las dietas mejoradas que sean bajas en fibra y ricas en proteína. Las partículas de fibra se quedan en el rumen de 20 a 48 horas fermentando por lo que es un proceso lento y por eso que las dietas con alto contenido en fibra se relacionan con mayores emisiones entéricas. Para el caso de Colombia se pueden utilizar especies vegetales como el botón de oro, matarratón, ortiga blanca, nacedero, entre otros, que son especies que fácilmente se adaptan a cualquier tipo de suelo y clima.

Los sistemas silvopastoriles brindan la oportunidad a los granjeros a tener beneficios económicos adicionales a la ganadería con actividades de ecoturismo, madera y apicultura por los corredores ecológicos que se crean en los bosquetes. Además, esta alternativa de producción tiene múltiples beneficios ambientales como, cortinas de viento, evitan la erosión del suelo, protege las especies nativas de la región, protege los ríos y quebradas, sirven para el secuestro de carbono y etc.

Los bosquetes que se crean en los sistemas silvopastoriles brindan beneficios de sombra que es estratégica para generar ganancias de peso y producción de leche debido al incremento del consumo voluntario de pastoreo y rumia, porque si hay sombra los bovinos pastorean más y con ello la rumia.

Las emisiones de óxido nitroso proveniente del almacenamiento y gestión de estiércol se pueden mitigar con actividades como lumbricultura, compostaje, biodigestor y escarabajos estercoleros, por la estabilización de la materia orgánica. Los escarabajos estercoleros contribuyen a descompactar y airear el suelo, incrementan la infiltración del agua, al reciclaje de nutrientes, fertilizan las pasturas, reducen los parásitos internos y externos y mejoran la salud de los bovinos en pastoreo. Además, la incorporación permanente de estiércol en el suelo es importante para que los nutrientes que están en el estiércol bovino retornen al suelo y

no se pierdan hacia la atmósfera en forma de gases o hacia las fuentes de agua por escurrimiento o lixiviación.

Una vez contemplados los aspectos más relevantes de la ganadería bovina en Colombia y considerando los alcances de en materia de mitigación corresponde a un buen camino recorrido con respecto a representar los escenarios en los cuales se desarrolla la ganadería bovina actualmente en Colombia, lo cual es un incentivo en materia de estrategias concertadas por medio de las diferentes entidades tanto nacionales como internacionales en materia de toma de decisiones concisas para reducir los niveles de producción de los principales gases contaminantes, aun considerando que estos suelen depositarse en escenarios naturales como lo son el suelo, los sistemas silvopastoriles adecuados según las condiciones de especies de ganado tratado y disponibilidad de recursos naturales por las diferentes condiciones con las que cuenta Colombia, entendiendo que la mayoría de organismos comprometidos con el estudio del impacto que generan los gases de efecto invernadero y calentamiento global conocidos como GEI generan problemas más allá de las expectativas de mecanismos naturales de producción siendo por tanto recomendables alternativas de mitigación interesantes que buscan en cierto modo cambiar los aspectos de trabajo extensivo con ganadería bovina a partir de las consideraciones de sus estómagos presentes, lo cual es significativo en materia de relacionamiento de causas y efectos de la problemática final de calentamiento global al lado casi de la condición alimentaria del ser humano y perfectamente tendiente a ser evaluada en Colombia a partir de las condiciones ordinarias y de producción específicas de las regiones tan variopintas presentes en Colombia tanto en clima como en condiciones del suelo propiamente dicho.

Los SSP, traen consigo unas alternativas que permiten reducir los gases y se convierten en posibilidades económicas para el productor esto a partir de las condiciones resultantes de escenario actual colombiano en materia de regulación frente a proyectos sostenibles en el campo de la ganadería y por medio del aprovechamiento esto es posible gracias a que

reconoce una mayor conservación del suelo siendo uno de los mayores beneficiados en las condiciones de restauración de los sumideros naturales de gases emitidos por los bovinos, en tanto se obtiene mayor producción en una gran variedad de pasturas descritas de donde se ofrece forrajes con un mejor aporte nutricional, eso sin denotar el beneficio de sombra que se alcanza aún para el ganado bovino, siendo un excelente ejemplo de relación de costo-beneficio en materia de árboles y la producción de madera a mediano y largo plazo en donde la digestión entérica del bovino se ve directamente incidida por beneficios y por ende mitigación de los gases producidos como metano, dióxido de carbono y óxido nitroso.

Del lado de la capacitación mediante la implementación de la Escuela de Ganadería amigable con el medio ambiente, permite unificar criterios y generar acciones para la mejora continuada y controlada de prácticas ganaderas con enfoques medioambiental, además de ser un mecanismo que permite desde dicho control la maximización de resultados positivos en materia de beneficio económico para el productor, este el cual no solo desarrolla condiciones favorables para el ganado bovino, sino que capitaliza otros escenarios de producción agrícola sostenible en aras de producir de manera íntegra carne bovina comercializable mientras el medio ambiente es beneficiario en términos de incidencia de gases producidos por los bovinos en términos de eficiencia en el manejo de recursos de producción; esto se interpreta como productores mejor informados en temas de producción y medio ambiente a partir de criterios a una misma voz, y no por reglamentaciones, sistemas de producción y políticas medioambientales trabajando individualmente; lo cual reconoce dichos esfuerzos en un mismo sentido costo-beneficio en tres escenarios: producción ganadera bovina sostenible, prácticas amigables con el medio ambiente e integración de nuevos modelos de producción ganadera.

Las alternativas existentes para el territorio colombiano en materia de sistemas silvopastoriles en sistemas de producción ganadera, tiene por cierto una gran variedad de condiciones para llevarlos a cabo, por lo cual se puede determinar que no existen limitaciones

ni técnicas, de infraestructura o de metodología para llevar a cabo mejoramientos en los campos ganaderos a fin de generar las condiciones medioambientales con fines de mitigación de los gases que la especie bovina produce, claro está, considerando que tales alternativas ya han reportado resultados eficientes en términos de sostenibilidad para los proyectos ganaderos, además de aportar de manera más integral una cobertura tanto humano, productivo, de protección del suelo, de mitigación de emisiones, garantizando de este modo condiciones apropiadas para seguir pensando en producción ganadera rentable y segura.

Referencias Bibliográficas

- Agronet. (2018, March 22). Otros aspectos sobre el crecimiento y desarrollo del aparato digestivo de los rumiantes. *Ministerio de Agricultura*, 3.
<https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Otros-aspectos-sobre-el-crecimiento-y-desarrollo-del-aparato-digestivo-de-los-rumiantes.aspx>
- Argel Cantero, J. A., & Mendivelso Escobar, J. S. (2019). Problemática Ambiental desde la Teoría Económica Ortodoxa: Caso Ganadería Bovina Extensiva en Colombia. *Kemampuan Koneksi Matematis (Tinjauan Terhadap Pendekatan Pembelajaran Savi)*, 53(9), 1689–1699.
- Bacab, M., Madera, H. M., Solorio, N. B., Vera, F. J., & Marrufo, F. (2013). *Los sistemas silvopastoriles intensivos con Leucaena leucocephala: una opción para la ganadería tropical*. 17, 67–81. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83728497006>
- Briceño Gutiérrez, V. (2019). Propuesta tecnológica- ambiental para reducir la huella de carbono en una finca ganadera ubicada en Sabanalarga, Casanare (Colombia). *Universidad Del Bosque*, 53(9), 1689–1699.
<https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/3843>
- Carnetec. (2018, May 21). Bovinos y la emisión de gases de efecto invernadero. *Contexto Ganadero*, 4. <https://www.contextoganadero.com/blog/bovinos-y-la-emision-de-gases-de-efecto-invernadero>
- Carrasco, D. G. (2016). Aspectos generales sobre el rumen y su fisiología. *Publicación Ganadería*, 6. <https://www.ganaderia.com/destacado/Aspectos-generales-sobre-el-rumen-y-su-fisiologia>
- César González-Castillo, J., Hahn Von-Hessberg, C. M., & Narváez-Solarte, W. (2014).

CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE *TITHONIA DIVERSIFOLIA* (ASTERALES: ASTERACEAE) Y SU USO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL. 45–58.

[http://vip.ucaldas.edu.co/boletincientifico/downloads/Boletin\(18\)2_4.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/boletincientifico/downloads/Boletin(18)2_4.pdf)

Contesto Ganadero. (2018). *Bovinos y la emisión de gases efecto invernadero*.

<https://www.contextoganadero.com/blog/bovinos-y-la-emision-de-gases-de-efecto-invernadero>

Contexto Ganadero. (2020). La ganadería y el desafío del carbono. *Reportaje Del Litoral*, 1.

<https://www.contextoganadero.com/reportaje/la-ganaderia-y-el-desafio-del-carbono>

Corredor, S. L. H. (2020). *Prácticas de Producción Bovina para la Mitigación de Cambio*

Climático. 2507(1), 1–9. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36745>

Díaz Cordero, G. (2012). EL CAMBIO CLIMÁTICO. In *Ciencia y Sociedad: Vol. XXXVII* (Issue 2).

<http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1392/CISO20123702-227-240.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espinosa-Carvajal, M., Contreras-Santos, J. L., Cadena-Torres, J., del Carmen Martínez-Atencia, J., Jaramillo-Barrios, C. I., & del Pilar Hurtado, M. (2020). Flujos de metano en suelos con coberturas de pastos en el norte de Colombia. *Agronomy Mesoamerican*, 31(2), 291–309. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.38387>

Eyner Edwin, M. T. (2014). *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica*.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3406>

Faverin, C., & Machado, C. F. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 83–96.

https://www.mendeley.com/catalogue/17f3de1b-fcb2-38a7-9a67-061415559e3f/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Bac5f9b3b-466c-4e4e-bc05-04685f0a78ba%7D

Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN). (2018). Cifras de referencia del sector ganadero colombiano. *Fedegan*, 49.

https://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Cifras_Referencia_2017.pdf&ildFiles=641

Federación Colombiana de Ganaderos, (FEDEGAN). (2018). *Ganadería Colombiana, Hoja de Ruta 2018-2022*.

http://static.fedegan.org.co.s3.amazonaws.com/publicaciones/Hoja_de_ruta_Fedegan.pdf

Fleitman, J. (2013). *Importancia de la capacitación para la competitividad*.

<https://ciemsa.mx/assets/importancia-de-la-capacitación-para-la-competitividad.pdf>

Fonade, F. F. D. P. D. D., & Instituto De Hidrología Meteorología Y Estudios Ambientales, I. (2013). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sector. Evaluación del riesgo agroclimático por sectores*.

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>

Generalitat Valenciana. (2015). *La atmósfera y sus capas*.

<http://www.agroambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/la-atmosfera-y-sus-capas>

Giraldo, C., Santiago, E., & Sarria, F. E. (2018). *Escarabajos del estiércol en paisajes ganaderos de Colombia*. https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Montoya-Molina/publication/322992467_ESCARABAJOS_DEL_ESTIERCOL_EN_PAISAJES_GANADEROS_DE_COLOMBIA/links/5a9d692caca2721e3f330afe/ESCARABAJOS-DEL-ESTIERCOL-EN-PAISAJES-GANADEROS-DE-COLOMBIA.pdf

Goyache, J. (2020, May 11). Muchos informes exageran los impactos negativos del ganado en el medio ambiente e ignoran los aspectos positivos. *Carnica*, 6.

<https://carnica.cdecomunicacion.es/noticias/38270/muchos-informes-exageran-los-impactos-negativos-del-ganado-en-el-medio-ambiente-e-ignoran-los-aspectos-positivos>

Greenpeace. (2019). Estas son las emisiones de gases de efecto invernadero que deja la ganadería. *Lr La República*, 1. <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/estas-son-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-que-deja-la-ganaderia-2904569>

Greenpeace International. (2013). *Ecological Livestock*. <https://storage.googleapis.com/planet4-international-stateless/2013/02/eb121e99-ecological-livestock-2.pdf>

Greenpeace International. (2019). *5 formas de reducir el consumo de carne*.

<https://es.greenpeace.org/es/noticias/dia-mundial-sin-carne-5-formas-de-reducir-su-consumo/>

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2018). *Anexo I Glosario*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC. (2019). *Chapter 5: Food Security*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/2f.-Chapter-5_FINAL.pdf

Guzmán, F., Beitia, J., Tormos, F., Calatayud, I., & Pérez-Baena, B. (2018). *Control biológico de las plagas de mosca en el ganado*. http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_bovinos/236-Control_biologico.pdf

Hristov, A. N., Oh, J., Lee¹, C., Robert, M., Felipe, M., Troy, O., Firkins, J., Rotz³, A., Dell, C., Adesogan, Adegbola, WenZhu, Y., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn⁸, G., Dijkstra, J., & Oosting⁹⁹, y S. (2013). Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la

producción ganadera. In *Fao*. www.fao.org/publications

Instituto de Hidrología, M. y E. A. (IDEAM). (2011). Aire y atmosfera: Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI). *Hoja de Ruta Metodológica*, 1–6.

<http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125581/05-152+HM+Emisión+CH4+total+3+FI.pdf/123fedb7-3ed7-4abd-98ec-1bc1c0e5797a>

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. (2013). Cambio climático 2013. In *Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf

Isabel, A., & Ortégón, R. (2019). *Comportamiento de los agentes ganaderos de acuerdo con los cambios climáticos en Colombia*. 1–21.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/45174/u827091.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Juliana, L., & Garzón, M. (2018). Determinación de tecnologías de adaptación y mitigación al cambio climático en bovinos lecheros. *Universidad de La Salle*, 7.

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1346&context=zootecnia>

Lemos Ramírez, J. N. (2013). El Matarratón *Gliricidia Sepium* como alternativa para la producción de leche en ganado bovino. In *instname:Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/2779>

M. Ruth, M. R., Bárbara, V., Camila I., D., Celia A., H., & Francisco, A. (2017). *Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura: Prácticas de Adaptación basadas en Ecosistemas (AbE)*. <https://www.conservation.org/docs/default-source/publication->

pdfs/cascade_modulo-4-como-enfrentar-el-cambio-climatico-desde-la-agricultura.pdf

Méndez, C. A. (2019). *Evaluación del estado actual de la gestión del estiércol del ganado bovino en Colombia*. 64.

[https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12313/1852/1/Trabajo de grado.pdf](https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12313/1852/1/Trabajo%20de%20grado.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente). (n.d.). *Gases Efecto*

Invernadero. Retrieved October 30, 2020, from

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/462-plantilla-cambio-climatico-18>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente). (2020). *Acciones Nacionalmente*

Apropiadas NAMAS. 4. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono/acciones-nacionalmente-apropiadas-namas>

Molina Benavides, R. A., & Sánchez Guerrero, H. (2017). Sostenibilidad de sistemas ganaderos

bovinos de alta montaña en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 29–36. <https://doi.org/10.22490/21456453.2028>

Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). *sistemas*

agroforestales.

https://espace.library.uq.edu.au/data/UQ_296869f/UQ296869f_OA.pdf?Expires=1612114223&Key-Pair-

[Id=APKAJKNB4MJBNC6NLQ&Signature=TJGrcN1ZUhfxfnFHkpTG3hYgFyFu2Xsua2Qjmu3mXLNgdaRSYZLHInsZLNp5L8jRG76W9k85ZUz3ImIK2KaBmHLRHkUbPVffU9FXG7rrZk5HbpitdFKYpDC1IG1quG](https://espace.library.uq.edu.au/data/UQ_296869f/UQ296869f_OA.pdf?Expires=1612114223&Key-Pair-Id=APKAJKNB4MJBNC6NLQ&Signature=TJGrcN1ZUhfxfnFHkpTG3hYgFyFu2Xsua2Qjmu3mXLNgdaRSYZLHInsZLNp5L8jRG76W9k85ZUz3ImIK2KaBmHLRHkUbPVffU9FXG7rrZk5HbpitdFKYpDC1IG1quG)

Morales, C. A. P., Morales, C. C. M., Restrepo, B. E., Mauro, F., Montes, A. C., & Velarde, M. J.

E. (2011). *Sistemas de producción animal II*.

https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4783/sistemas_produccion_animal_ii.pdf

Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., & Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1654–1663. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>

Naciones Unidas. (1992). *Convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convencion-marco-naciones-unidas-cambio-climatico>

Naranjo Ramirez, J. F. (2020). Sobre algunos mitos y realidades de la ganadería bovina. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–13. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1524

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2009). *Basics of the Carbon Cycle and the Greenhouse Effect*. https://www.esrl.noaa.gov/gmd/outreach/carbon_toolkit/basics.html

Navas Panadero, A. (2010). *Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4943933>

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Cambio climático – Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2020, July 20). 10 cosas que debes saber sobre la agricultura industrial. *Programa Para El Medio Ambiente*, 12. <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/10-cosas-que-debes-saber-sobre-la-agricultura-industrial>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *GLOBAL*

LIVESTOCK ENVIRONMENTAL ASSESSMENT MODEL.

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/gleam/docs/GLEAM_2.0_Model_description.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013).

Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera. In *Producción y sanidad animal*. <http://www.fao.org/3/i3288s/i3288s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). *GUÍA*

TEÓRICO-PRÁCTICA SOBRE EL BIOGÁS Y LOS BIODIGESTORES. www.fao.org

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *El*

papel de la FAO en la ganadería y el medio ambiente. 5. <http://www.fao.org/livestock-environment/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2006). *La*

ganadería amenaza el medio ambiente.

<http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2018a).

Noticia: la FAO insta a ampliar la respuesta al cambio climático en los sectores agrícolas.

<http://www.fao.org/news/story/en/item/1174811/icode/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2018b).

Resultados | Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM) |

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

<http://www.fao.org/gleam/results/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2019).

CLIMATE CHANGE AND THE GLOBAL DAIRY CATTLE SECTOR.

<http://www.fao.org/3/CA2929EN/ca2929en.pdf>

- Ospina Aguilar, J. C. (2011). *REHABILITACION DE PRADERAS MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS SILVOPASTORILES UTILIZANDO CERCAS VIVAS EN MATARRATON (Gliricidia sepium) Y BANCOS MIXTOS DE FORRAJE EN MARALFALFA (pennisetum sp) Y BOTON DE ORO (Tithonia diversifolia).*
http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/611/1/Rehabilitacion_praderas_sistemas_silvopastoriles.pdf
- Oxford. (n.d.). *Bovino | Definición de Bovino por Oxford Dictionaries* . Retrieved October 30, 2020, from <https://www.lexico.com/es/definicion/bovino>
- Palacios-Lozano, M. T., Camacho Rojas, A., Pinto, A., & Rojas, L. (2019). Bases técnicas para la formulación de la política nacional de ganadería bovina sostenible – Colombia (BT-PNGBS). *FLEPS 2019 - IEEE International Conference on Flexible and Printable Sensors and Systems, Proceedings*, 6(1), 1–46. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.125084>
- Pallarez, M. (2016, August 16). Funciones básicas del aparato digestivo de los bovinos. *Contexto Ganadero*, 5. <https://www.contextoganadero.com/reportaje/funciones-basicas-del-aparato-digestivo-de-los-bovinos>
- Parques Nacionales Naturales de Colombia, . (2020). *Más de 1.900.000 personas disfrutaron en el 2019 de la magia de las áreas protegidas nacionales de Colombia.*
<https://www.parquesnacionales.gov.co/porta/es/mas-de-1-900-000-personas-disfrutaron-en-el-2019-de-la-magia-de-las-areas-protegidas-nacionales-de-colombia/>
- Programa Regional de Cambio Climático (PRCC), Proyecto de Cadenas de Valor Rurales (PCVR), Clima Naturaleza y Comunidades en Guatemala (CNCG), Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Italiana., (USAID). (2016). *Reduciendo la vulnerabilidad al cambio climático del sector cafetalero en Guatemala.* <https://www.catie.ac.cr/programa-regional-cambio-climatico-usaid/wp-content/uploads/Manual-Cafe-Elena-Completo1.pdf>

- Ramos, J. O. R. (2019). Condiciones de Alimentación en Ganado Bovino para Disminuir las Emisiones de Metano en el Contexto Nariñense. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*, 8(5), 55.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25168/12987189.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Revista Semana. (2020). Cambiar la dieta del ganado, alternativa para mitigar su impacto en el medioambiente. *Informe de Medio Ambiente*, 6. <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/cambiar-la-dieta-del-ganado-alternativa-para-mitigar-su-impacto-en-el-medioambiente/48611>
- Rivera, J. E., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tafur, O., Hurtado, E. A., Arenas, F. A., Chará, J., & Murgueitio, E. (2015). *Efecto de la oferta y el consumo de Tithonia diversifolia en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano*. <http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html>
- Rodríguez Mancera, D. A., & Sánchez Ayala, S. A. (2019). *PROPUESTA: APICULTURA COMO ESTRATEGIA DE GESTIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN EN DOS FINCAS APÍCOLAS EN LOS MUNICIPIOS DE GUASCA Y GUATAVITA, CUNDINAMARCA*.
https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2098/Mancera_Rodriguez_Diego_Alonso_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Romero, D. D. (2018). *Caracterización del Nacedero (Trichantera gigantea), Matarratón (Gliricidia sepium) y Botón de oro (Tithonia diversifolia) establecidas en el Municipio de San José del Fragua*.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21119/40601369.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

- Ruden, A., Castro, J. P., Gutiérrez, J. F., Koenig, S., Sotelo, M., & Arango, J. (2020). *GANSO : Nuevo modelo de negocios y de asistencia técnica para la profesionalización de la Ganadería Sostenible en la Orinoquia colombiana*. 1–6.
[https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/110369/GANSO Info note_JLU.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/110369/GANSO%20Info%20note_JLU.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Sánchez Parales, W. A. (2019). Sistemas silvopastoriles ssp como alternativa sostenible para la ganadería bovina colombiana. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6682873>
- Santacoloma, L. (2011). Las dietas en las emisiones de metano durante el proceso de rumia en sistemas de producción bovina Diets in methane emissions during rumination process in caale production systems. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 2(1), 55–64.
https://www.mendeley.com/catalogue/e480857f-8b68-3e35-9200-15d10252d98c/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Ba28fbed1-80d0-400f-b151-3a42ddc70b1e%7D
- Santacruz, A. V. (2020). Huella de carbono de la ganadería bovina de carne y leche en Colombia, para cinco departamentos – año 2016. *Universidad Santiago de Cali*, 2507(1), 1–9. [https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4995/HUELLA DE CARBONO.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4995/HUELLA%20DE%20CARBONO.pdf?sequence=7&isAllowed=y)
- Sugawara, E., & Nikaido, H. (2014). Properties of AdeABC and AdeIJK efflux systems of *Acinetobacter baumannii* compared with those of the AcrAB-TolC system of *Escherichia coli*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 58(12), 7250–7257.
<https://doi.org/10.1128/AAC.03728-14>
- Torres-Triana, C. F. (2020). Aporte de GEI de la ganadería en países de America Latina. *Biopasos*, 32. <https://www.biopasos.com/conversatorio/PDF/Presentacion-Felipe->

Torres.pdf

Torres, C. F. (2018). *Contexto nacional y departamental del inventario de gases de efecto invernadero del sector ganadero en Colombia*. 20.

<http://www.fao.org/3/CA1798ES/ca1798es.pdf>

United States Environmental Protection Agency EPA. (2019). *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2017 – Main Text*.

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-04/documents/us-ghg-inventory-2019-main-text.pdf>

Valencia Kanut, E. S. (2013). *Fecundidad, fertilidad y sex-ratio de Spalangia cameroni Perkins (Hymenoptera, Pteromalidae) sobre Ceratitis capitata (Wiedemann) (Díptera, Tephritidae) y Musca domestica Linnaeus (Díptera, Muscidae)*.

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/40640/TRABAJO FIN MASTER Erik Sandor Valencia Kanut.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/40640/TRABAJO_FIN_MASTER_Erik_Sandor_Valencia_Kanut.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vargas Cardozo, Vicente, J. (2013). *EL MATARRATON (Gliricidia sepium) EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES*.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1076/93117211.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vera, J. C. K., Briceño, E. G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A. J., Aguilar, C. F., Solorio, F. J., & Ramírez, L. (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 48, Número 1., 9*.

<http://eds.b.ebscohost.com/bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=ac49715a-c7c1-46fd-8cb6-d8c3e7d2e9fa%40sessionmgr101>

Verified Carbon Standar. (2016). *Requerimientos VCS para los Sectores AFOLU : Acreditando*

la Reducción de Emisiones de GEI en Agricultura , el Sector Forestal y Cambio de Uso de Suelo. 2. https://verra.org/wp-content/uploads/2016/05/FactSheet-AFOLU-2013-FINAL_ESP-v3_PT_PM_0.pdf

Winston, A. P. (2016). *DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DOMÉSTICO PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO.*

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2575/IME_200.pdf?sequence=1&isAlloved=y