

**PROPUESTA TECNOLÓGICA- AMBIENTAL PARA REDUCIR LA HUELLA DE
CARBONO EN UNA FINCA GANADERA UBICADA EN SABANALARGA, CASANARE
(COLOMBIA).**

Valentina Briceño Gutiérrez

Director:

Alfonso Avellaneda

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, 20 abril 2020

**PROPUESTA TECNOLÓGICA- AMBIENTAL PARA REDUCIR LA HUELLA DE
CARBONO EN UNA FINCA GANADERA UBICADA EN SABANALARGA, CASANARE
(COLOMBIA).**

Valentina Briceño Gutiérrez

Trabajo de Investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Línea de Investigación:
Ingeniería para la Sostenibilidad de Sistemas Naturales

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2020

Acta de sustentación

Nota de salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

(Dedicatoria)

Su uso es opcional. En ella el autor del trabajo dedica su trabajo en forma especial a quienes considere y/o entidades

Por ejemplo:

A mis padres. ...

Agradecimientos

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme la oportunidad de estudiar; por otro lado, a mis padres que siempre me han apoyado en cada paso que doy sintiéndose orgullosos de la persona que han formado; a mi hermano, que nunca dudo de mis capacidades y me da fuerza para seguir con mis metas; a Johan Ruiz, que me permitió hacer uso de su finca para el estudio y creyó en mí desde un comienzo, resaltando siempre mis cualidades; a mi director, que estuvo en todo el proceso de esta investigación; a los profesores que me acompañaron durante la carrera, porque gracias a ellos tengo el conocimiento que caracteriza a una Ingeniero Ambiental y finalmente, quiero darle gracias a todas las personas que estuvieron en este proceso y se sintieron orgullosos de cada logro que obtuve.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	9
Lista de Figuras	10
Lista de Gráficas	11
Lista de Ecuaciones	12
Lista de siglas y abreviaturas	13
Resumen	14
Abstract	14
1. Introducción	15
2. Planteamiento del problema	16
3. Pregunta de investigación	16
4. Justificación	16
5. Antecedentes	17
6. Objetivos	18
6.1 <i>Objetivo general</i>	18
6.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
7. Marcos de referencia	18
7.1 <i>Marco Geográfico</i>	18
7.2 <i>Estado del arte</i>	22
7.3 <i>Marco teórico</i>	23
7.4 <i>Marco conceptual</i>	25
7.5 <i>Marco Normativo</i>	26
7.6 <i>Marco Institucional</i>	30
8. Metodología	32
8.1 <i>Métodos</i>	32
8.2 <i>Enfoque de la investigación</i>	33
8.3 <i>Alcance de la investigación</i>	33
8.4 <i>Unidad de análisis</i>	33
8.5 <i>Tipo de investigación</i>	33
8.6 <i>Variables, aspectos e indicadores</i>	34
8.7 <i>Técnicas</i>	35
8.8 <i>Instrumentos</i>	36

8.9 Metodología por objetivo específico.....	36
8.9.1 Primer objetivo: Caracterizar el entorno.....	36
8.9.2 Segundo objetivo: Identificar los procesos que caracteriza el sistema ganadero y sus actividades críticas.....	37
8.9.3 Tercer objetivo: Estimar huella de carbono	37
8.9.4 Cuarto objetivo: Evaluar tecnologías ambientales.....	37
9. Aspectos éticos.....	38
10. Resultados, análisis y discusión	38
10.1 Primer objetivo: Caracterización del entorno.....	38
10.2 Segundo objetivo: Identificación de procesos críticos ganaderos.....	45
10.3 Tercer objetivo: Estimación huella de carbono.....	47
10.4 Cuarto objetivo: Evaluación de tecnologías ambientales	53
10.4.1 Proceso analítico jerárquico.....	56
10.4.2 Ponderación de criterios.....	57
10.4.3 Matriz de comparación de criterios	57
10.4.4 Priorización de alternativas.....	59
11. Conclusiones.....	62
12. Recomendaciones.....	63
Bibliografía.....	65
ANEXOS.....	70
Anexo A.....	70
Anexo B.....	72
Anexo C.....	74
Anexo D.....	76

Lista de Tablas

<i>Tabla 1. Normativa Colombiana e internacional de la huella de carbono.</i>	26
<i>Tabla 2. Instituciones relacionadas con el proyecto de investigación.</i>	30
<i>Tabla 3. Variables ecológicas, económicas y sociales</i>	34
<i>Tabla 4. Costos actuales de la finca</i>	43
<i>Tabla 5. % Conocimiento de temas</i>	44
<i>Tabla 6. Potencialidad de gases de efecto invernadero</i>	48
<i>Tabla 7. Estimación huella de carbono por 1 año</i>	52
<i>Tabla 8. Escala calificación numérica</i>	57
<i>Tabla 9. Matriz de comparación de criterios.</i>	57
<i>Tabla 10. Comparación de tecnologías ambientales frente a criterio de costo</i>	58
<i>Tabla 11. Comparación de tecnologías ambientales frente a criterio de funcionalidad</i>	59
<i>Tabla 12. Comparación de tecnologías ambientales frente a criterio de impactos</i>	59
<i>Tabla 13. Clasificación de método analítico jerárquico</i>	60

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Mapa Sabanalarga.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2. Mapa de usos principales del suelo</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. Mapa vocación de uso del suelo</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4. Finca La Décima.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Mapa de cobertura vegetal de la finca La Décima</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6. Mapa de erosión del suelo de la finca La Décima 2011.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 7. Mapa de conflictos de uso del suelo en finca La Décima</i>	<i>40</i>
<i>Figura 8. Mapa de índice normalizado de vegetación</i>	<i>41</i>
<i>Figura 9. Mapa de oferta ambiental para la finca La Décima.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 10. Proyección de emisiones de metano en ganado bovino en sistemas de pastoreo convencional</i>	<i>46</i>
<i>Figura 11. Esquema sistema proceso productivo ganadero.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 12. Factores de emisión de fermentación entérica para hato ganadero</i>	<i>49</i>
<i>Figura 13. Factores de emisión de gestión del estiércol para hato ganadero</i>	<i>50</i>
<i>Figura 14. Valores de nitrógeno excretado por cabeza de animal (Kg/cb/año)</i>	<i>51</i>
<i>Figura 15. Factores de emisión de N₂O</i>	<i>51</i>
<i>Figura 16. Sistema de pastoreo Rotacional</i>	<i>54</i>
<i>Figura 17. Sistema Sivopastoril</i>	<i>55</i>
<i>Figura 18. Ejemplo de finca ganadera sin y con cercas vivas</i>	<i>56</i>

Lista de Gráficas

<i>Gráfica 1. Porcentaje de las emisiones estimadas</i>	<i>52</i>
---	-----------

Lista de Ecuaciones

<i>Ecuación 1. Emisiones de N₂O del proceso productivo ganadero</i>	<i>50</i>
<i>Ecuación 2. Sistemas de Rotación</i>	<i>59</i>
<i>Ecuación 3. Sistemas Silvopastoriles</i>	<i>59</i>
<i>Ecuación 4. Sistemas Agrosilvopastoril.....</i>	<i>60</i>

Lista de siglas y abreviaturas

AHP	Proceso Analítico Jerárquico
BPG	Buenas Prácticas Ganaderas
CAR	Corporaciones Autónomas Regionales
Cb.	Cabezas de ganado
CH ₄	Metano
CIPAV	Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria
CO ₂	Carbono
COP	Peso Colombiano
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
EA	Evaluación Ambiental
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FEDEGAN	Federación de Ganaderos en Colombia
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GT	Giga Toneladas
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC	Institute Geographic Agustín Codazzi
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization u Organización Internacional de Normalización
NH ₄	Amoniaco
NDVI	Índice Normalizado de Vegetación
N ₂ O	Óxido Nitroso
NO ₂	Nitrito
NO ₃	Nitrato
Prom.	Promedio Ponderado
PSA	Pagos por Servicios Ambientales
RAE	Real Academia de la lengua española
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SINA	Sistema Ambiental Nacional
SR	Sistema Rotacional
SSAP	Sistema Agrosilvopastoril
SSP	Sistema Silvopastoril
Kg	Kilogramos
%	Porcentaje

Resumen

El presente estudio se realizó sobre la huella de carbono que genera la ganadería y la propuesta de alternativas para reducirla, con el propósito de buscar sistemas ganaderos sustentables. Para ello se hizo una revisión bibliográfica sobre los problemas generados por las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas por parte del sector pecuario; así como también el deterioro de ecosistemas naturales específicamente las llanuras inundables en el departamento de Casanare donde está ubicada la Finca La Décima que es la unidad de análisis del trabajo de grado. Del mismo modo, se investigó cómo el desarrollo de estas dos problemáticas se relaciona y potencializan el aporte a la huella de carbono generada por la finca. El **objetivo** se enfoca en proponer tecnologías ambientales desde la ingeniería ambiental para reducir la huella de carbono en el lugar de estudio. Por otro lado, la **metodología** engloba un enfoque cuantitativo y cualitativo con un alcance descriptivo correlacional; fundamentado en un método analítico lo que permitió establecer tecnologías ambientales aptas para la disminución de huella de carbono, asimismo, se inició con la caracterización del entorno; se establecieron los puntos críticos de la actividad ganadera; se estimó la huella de carbono y se evaluaron tres tecnologías ambientales propuestas. La **conclusión** expuso la importancia de implementar un Sistema Rotacional o Silvopastoral debido a la captación de CO₂ por pastos mejorados y mejoras en la productividad y sostenibilidad de la actividad ganadera. Por último, se **recomienda** estudiar el efecto sumidero de GEI de la cobertura vegetal recomendada.

Palabras clave: Huella de carbono, Gases de efecto invernadero, tecnologías ambientales, Ganadería Sostenible, Metano, Sistemas de Rotación, Sistemas Silvopastoriles.

Abstract

The study was carried out on the carbon footprint generated by livestock and the proposal of alternatives to reduce it, in order to seek sustainable livestock systems. For this purpose, we conducted a bibliographic review on the problems generated by greenhouse gas emissions emitted by the livestock sector; as well as the deterioration of natural ecosystems specifically the floodplains in the department of Casanare where Finca La Décima is located which is the unit of analysis for this degree work. In the same way, it was investigated how the development of these two problems is related and potentiates the contribution to the carbon footprint generated by the farm. The objective is to focus on proposing environmental technologies from environmental engineering to reduce the carbon footprint at the study site. Furthermore, the methodology encompasses a quantitative and qualitative approach with a descriptive correlational scope; based on an analytical method which allow to establish environmental technologies that are suitable for reducing the carbon footprint, it also began with the characterization of the environment; followed by the establishment of critical point of livestock activity; the estimation of carbon footprint and the evaluation of the proposed environmental technologies. The conclusion set out the importance of implementing a Rotational and Silvopastoral System due to the capture of CO₂ by the ameliorated pastures and improvements in the productivity and sustainability of livestock activity. Finally, it is recommended to study the GHG sinking effect of the recommended plant cover.

Key words: Carbon footprint, Greenhouse Gases, Environmental technologies, Sustainable Livestock, Methane, Rotation Systems, Silvopastoral System.

1. Introducción

Colombia es un país que se destaca en escenarios internacionales gracias a sus grandes riquezas naturales y el gran potencial como productor primario de bienes y servicios debido a la alta diversidad ecosistémica que presenta a lo largo del territorio nacional; en consecuencia, de lo anterior, el sector productivo predominante es el sector agropecuario es la ganadería de carne, que de la misma manera es uno de los que más impacta de forma negativa el ambiente junto con la minería extractiva y la industria. (Paez, Corredor, & Fonseca, La huella hídrica y la huella de carbono: herramientas para estimar el impacto de la ganadería bovina, 2018).

Debido a la importancia del sector agropecuario en el desarrollo económico del país, es necesario incrementar estrategias que permitan potenciar las sinergias positivas y mitigar los impactos ambientales negativos del mismo a través de la gestión de técnicas ambientales propuestas desde la ingeniería ambiental, aplicadas al contexto específico de cada unidad productiva y de las necesidades que se necesitan satisfacer para aportar de manera significativa a la sostenibilidad ecosistémica en el territorio.

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los grandes impactos que la explotación ganadera genera al ambiente es el aumento en la huella de carbono, esta se ha convertido en una gran preocupación a nivel mundial debido a las distintas consecuencias del cambio climático, lo que ha impulsado a diferentes instituciones a investigar profundamente lo relacionado con gases de efecto invernadero (GEI). Asimismo, la huella de carbono se transforma en un indicador reconocido a través del mundo, lo que nos compromete a conocerla en todas sus dimensiones y estimarla, permitiendo de esta forma, identificar maneras para prevenir, mitigar y compensar las emisiones generadas y su impacto negativo al ambiente. Cabe señalar que el animal bovino es de los principales generadores de GEI debido a los gases y las excretas procedentes del animal.

Este documento tiene como objeto, proponer distintas tecnologías ambientales para reducir la huella de carbono derivada de las prácticas de ganadería convencional implementadas en la Finca La Décima ubicada en Sabanalarga, Casanare. Teniendo en cuenta lo anterior, se caracterizó el estado actual del lugar de estudio, del mismo modo, se identificaron las actividades críticas del proceso productivo ganadero que influyen al aumento de la huella de carbono y, asimismo, se hizo una estimación sobre los gases de efecto invernadero provenientes del hato ganadero a fin de estimar la huella de carbono de la finca. Por último, se realizó una Evaluación Ambiental que tiene como fin describir y proponer tecnologías ambientales que reduzcan las emisiones de CO₂ y del mismo modo, tener beneficios en el componente económico, ecológico y social. Adicionalmente, se hizo un análisis multicriterio para conocer las alternativas más apropiadas en orden jerárquico.

2. Planteamiento del problema

La Orinoquia colombiana es considerada como un territorio que tiene un gran potencial para el desarrollo económico, las áreas de sabana tropical actualmente en uso, ofrecen una gran oportunidad para la generación de productos provenientes del sector agrícola y pecuario dentro de los paisajes y las dinámicas naturales de las llanuras inundables presentes en el departamento del Casanare (Peñuela & Fernandez, 2010). Teniendo en cuenta lo expuesto por FEDEGAN (2006), este municipio se ubica en tercer puesto de producción ganadera en el país. No obstante, generando a su vez acelerar la transformación y pérdida de ecosistemas, por los problemas de la ampliación de la frontera agropecuaria.

El proceso de sabanización ha ido aumentando por la transformación de áreas de bosque original o de arbustos densos en praderas o potreros que mejoren la productividad del sistema agropecuario (Leyva, 2001). Asimismo, la ganadería bovina también ha estado asociada a una alta generación de gases de efecto invernadero (GEI), con unas emisiones estimadas en 7,1 giga toneladas (GT) de CO₂eq /año, que representan alrededor de 14,5% de las emisiones de GEI generadas por el ser humano; siendo la producción doble propósito del ganado vacuno, responsable de la mayoría de las emisiones al contribuir con el 41% (Carne) y el 29% (Leche) de las emisiones totales del sector (Rivera, Chará, & Murgueitio, 2015).

Con base a lo anterior, el metano es uno de los gases de efecto invernadero de gran importancia, el cual presenta una emisión mundial estimada de 500 millones de toneladas por año, de las cuales entre el 70 y 120 millones son provenientes de la actividad bovina (Mahecha, 2002). Del mismo modo, estos gases son los responsables del calentamiento global, tema que ha tomado relevancia en los últimos años debido a los impactos y cambios que ha generado en el ambiente. No obstante, el animal bovino, no es culpable de la alta huella de carbono proveniente de la actividad ganadera ya que este indicador es reflejo de que se sigue implementando las prácticas de ganadería convencional en el país.

Asimismo, en la finca La Décima, existe un deterioro por la ganadería extensiva desarrollada a partir del sistema de pastoreo convencional, incrementando la huella de carbono a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero. Adicionalmente, la sabanización y pérdida de capacidad de captura de CO₂ lleva a la degradación de cobertura vegetal natural y seguido a este una expansión de la frontera pecuaria contribuyendo a una mayor huella de carbono.

3. Pregunta de investigación

¿Cuáles son las tecnologías ambientales más apropiadas para reducir la huella de carbono generada por una finca ganadera?

4. Justificación

Con relación a la problemática expuesta anteriormente, el proyecto de investigación buscará tecnologías ambientales desde la Ingeniería Ambiental, donde se enfocará en tres dimensiones: económico, ecológico y social, con el fin de tener un beneficio completo en el ambiente. De este modo, cabe resaltar que la ganadería bovina en el componente social es de gran importancia en el desarrollo socioeconómico de Colombia, este representa el 88 % de la superficie agropecuaria nacional y del mismo modo conserva una participación del 5% en el PIB del país (Mahecha, 2002), generando así un número significativo de

empleo. Asimismo, la introducción de tecnologías ambientales favorecerá a la adaptación del proceso productivo ganadero al cambio climático, mejorando la calidad de vida por menor deterioro ambiental y posible generación de nuevos empleos.

Teniendo en cuenta lo anterior, este sector se caracteriza por la generación de trabajo e impulso al desarrollo social, con una gran contribución al producto interno bruto nacional y agropecuario. Esta actividad se ha caracterizado por un manejo empírico en el campo de administración empresarial, la evaluación económica y el desarrollo con otros sectores productivos. Del mismo modo, la ganadería colombiana ubicada en zonas que no están directamente relacionadas con el conflicto sociopolítico, ha sido una gran ventaja al momento de embarcar el ámbito de procesos económicos gracias a su activa participación en la generación de ingresos, empleo y bienestar para los productores. Cabe resaltar, que con este estudio se quiere fomentar la educación ambiental en cuanto a Buenas Prácticas Ganaderas y Ganadería Sostenible.

Por otro lado, desde el punto de vista ecológico, al conocer los puntos críticos del proceso productivo ganadero y seguido a este realizar la estimación de la huella de carbono de la finca La Décima, se permitirá evaluar la sostenibilidad de la producción y, asimismo, establecer tecnologías ambientales con el fin de prevenir, mitigar y compensar el impacto causado por esta actividad en el ambiente en caso de que haya lugar a dichas medidas. Sin embargo, la identificación y caracterización de estas tecnologías no solo aportará a combatir el cambio climático, sino además contribuirá a la recuperación de ecosistemas naturales intervenidos. Es necesario resaltar, que existen varios factores que atribuyen a la alta huella de carbono, sin embargo, el presente estudio está enfocado en el proceso productivo ganadero y los gases derivados del animal bovino.

5. Antecedentes

La ganadería comenzó en América, donde tomó provecho de los ecosistemas de sabanas naturales que se encontraban en varias regiones del Caribe y la Orinoquia. Seguido a este avanzó a los desmontes de los ecosistemas secos y húmedos, así como las laderas de las montañas y los altiplanos. Con el tiempo, estos animales de pastoreo fueron determinantes al momento de fortalecer el modelo político y económico del territorio mediante la propiedad privada (Murgueitio & Ibrahim, GANADERÍA Y MEDIO AMBIENTE, 2003).

Adicionalmente, la guerra civil de 1948-1953 deprimió en gran medida la ganadería, debido a los significativos incendios provocados en pueblos enteros. Los ganados dormían entre las casas y comían la cal de las paredes a falta de sal, lo que ocasionó que a mediados de 1950 el inventario de los Llanos del meta alcanzara 300.000 cabezas (Mejía, 1985).

Del mismo modo, entre los años 1950 y 1984 se aplicaron distintas tecnologías para la creación vacuna, entre estas se encontraba la colonial, la colonial más mineral, la braquiaria, Sarabia de gramíneas y leguminosas, los potreros de apoyo a la sabana, el potrero arborizado y por último los forrajes alternativos (Mejía, 1985). Cabe resaltar, que lo más importante para la transformación de millones de hectáreas fue la difusión de gramíneas africanas como el puntero (*Hyparrhenia rufa*), gordura o yaragua (*Melinis minutiflora*) y Guinea (*Panicum maximum*) debido a su agresividad, tolerancia al fuego y la capacidad que tienen de producir semillas de fácil multiplicación en grandes cantidades. En efecto, el uso del fuego se aplicó como estrategia de manejo con el fin de evitar el correcto proceso vegetal y también como

herramienta de transformación de los bosques nativos (Murgueitio & Ibrahim, GANADERÍA Y MEDIO AMBIENTE, 2003). Asimismo, La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2009) manifiesta que la ganadería extensiva se ha convertido en una de las principales causas de problemática ambiental a nivel mundial debido al impacto que tiene sobre los recursos hídricos, la tierra y la biodiversidad (Tibocha, Melo, & Suárez, 2018).

En Colombia el volumen de tierra cubierta de pasto se ha duplicado durante los últimos cincuenta años, con un impulso significativo hacia nuevas áreas de selva húmeda como el Amazonas, el piedemonte llanero y el Pacífico. Sin embargo, la mayor parte de la expansión ha ocurrido en el centro tradicional del país y se ha mantenido la presión sobre los bosques (Ausdal, 2009).

6. Objetivos

6.1 Objetivo General

Proponer tecnologías ambientales que permitan reducir la huella de carbono generada en una finca ganadera La Décima ubicada en el municipio de Sabanalarga, Casanare.

6.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el entorno de la finca ganadera La Décima en relación con los potenciales del uso del suelo, el proceso productivo y su afectación por la actividad ganadera.
2. Identificar los procesos que caracteriza el sistema de producto ganadero y sus actividades críticas relacionadas con aporte a la huella de carbono.
3. Estimar la huella de carbono producida en la finca a partir del diagnóstico e identificación realizada
4. Evaluar alternativas para la prevención, control y mitigación de huella de carbono aplicables a las actividades críticas encontradas.

7. Marcos de referencia

7.1 Marco Geográfico

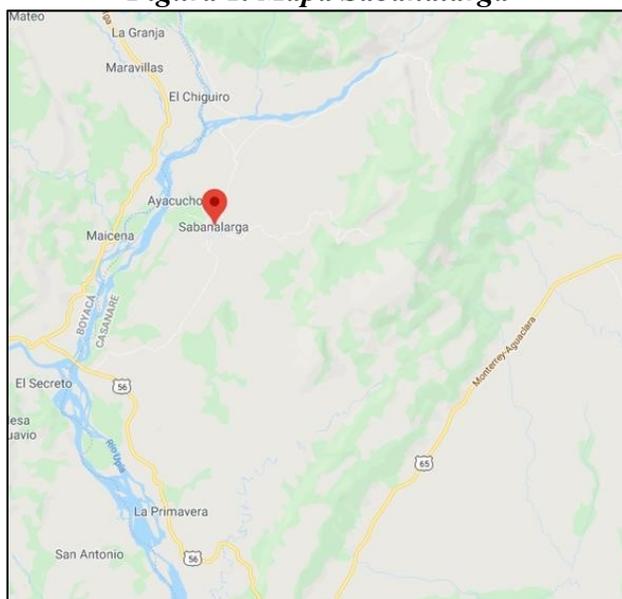
El municipio de Sabanalarga se encuentra ubicado al suroccidente del Departamento del Casanare a una distancia de 119 Km de la ciudad de Bogotá y a una distancia de 102 Km de la ciudad de Villavicencio, siendo esta la ciudad más cercana. Está limitado por el costado norte, oriente y nororiente con el municipio de Monterrey, por el noroccidente con el municipio de Páez, por el occidente, suroccidente y sur con el municipio de San Luis de Gaceno y por el suroriente con el municipio de Villanueva. Contando con un territorio igual a 40,800 hectáreas equivalentes a 408 Km², donde se encuentra una gran cantidad de paisajes como montaña, piedemonte, lomeríos, planicies y valles, que hacen que el municipio posea una variada y densa red de drenaje que hacen que este sea uno de los más ricos hídricamente en el departamento del Casanare (Municipios de Colombia, 2018).

Sabanalarga, Casanare presenta variedad de morfología generando diversidad de formas topográficas y tipos de clima los cuales facilitan la producción agrícola para el consumo local. Donde la altura máxima se presenta en la vereda Palmichal y Caño Blanco a una altura de 2000 msnm en la zona montañosa del municipio, mientras que la cota más baja se presenta en la costa del Río Upía entre 200 y 300 msnm en la vereda de San Pedro. Por otro lado, el casco urbano se encuentra a una altura de 450 msnm (Alcaldía Municipal de Sabanalarga, 2019).

El clima varía a lo largo del municipio según lo citado en municipios de Colombia (2018), con zonas de bosques húmedos premontano en alturas superiores a 900 msnm en las cuales presentan una temperatura entre 12 y 24 °C, y zonas de bosques húmedos tropicales en alturas entre 0 y 850 msnm y temperaturas mayores a 24 °C, ambas cuentan con una precipitación media entre los 2000 y 4000 mm.

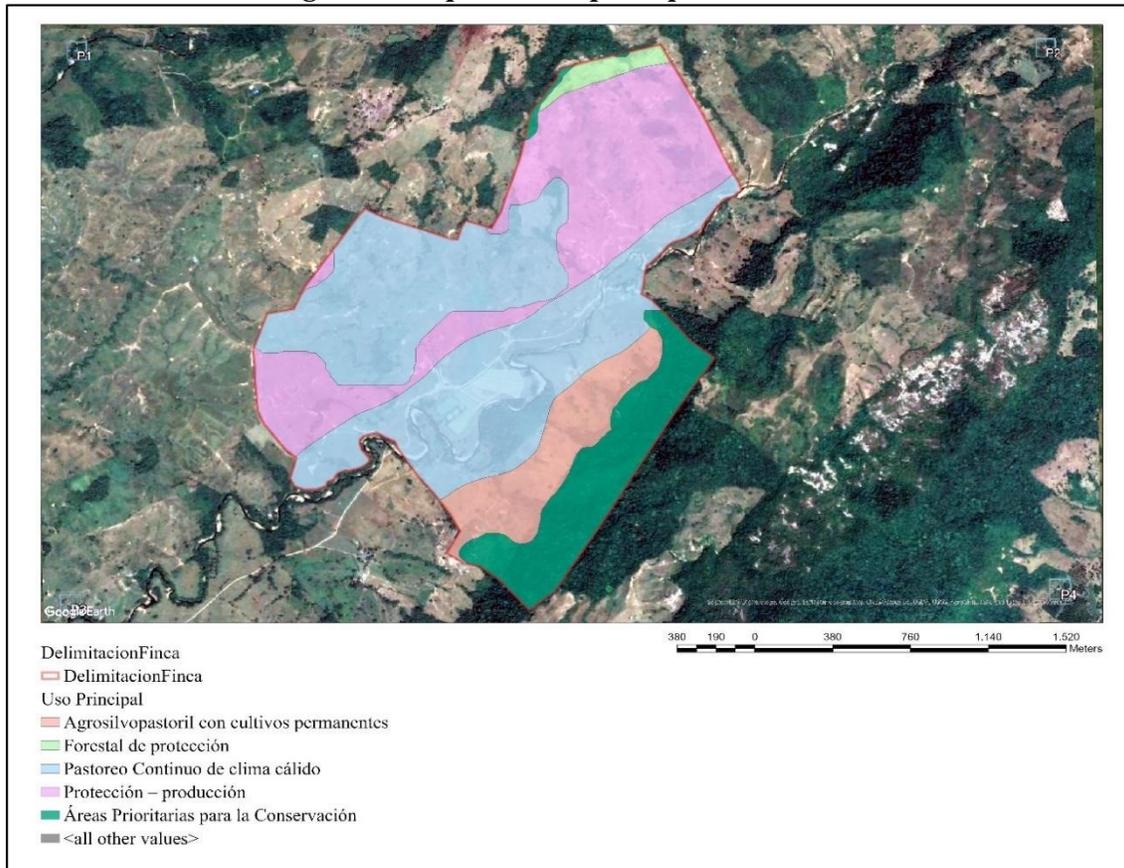
Dentro del municipio de Sabanalarga, Casanare en las coordenadas 4.806371 y -73.008743 se encuentra la finca “La Décima” a 30 minutos del casco urbano, cuenta con 342 hectáreas. La casa tiene 500 metros cuadrados y adicionalmente una casa para los encargados de 200 metros cuadrados. La finca cuenta con una zona hídrica gracias a una de las extensiones creadas por el Río Upía.

Figura 1. Mapa Sabanalarga



Fuente: Google Maps, 2019

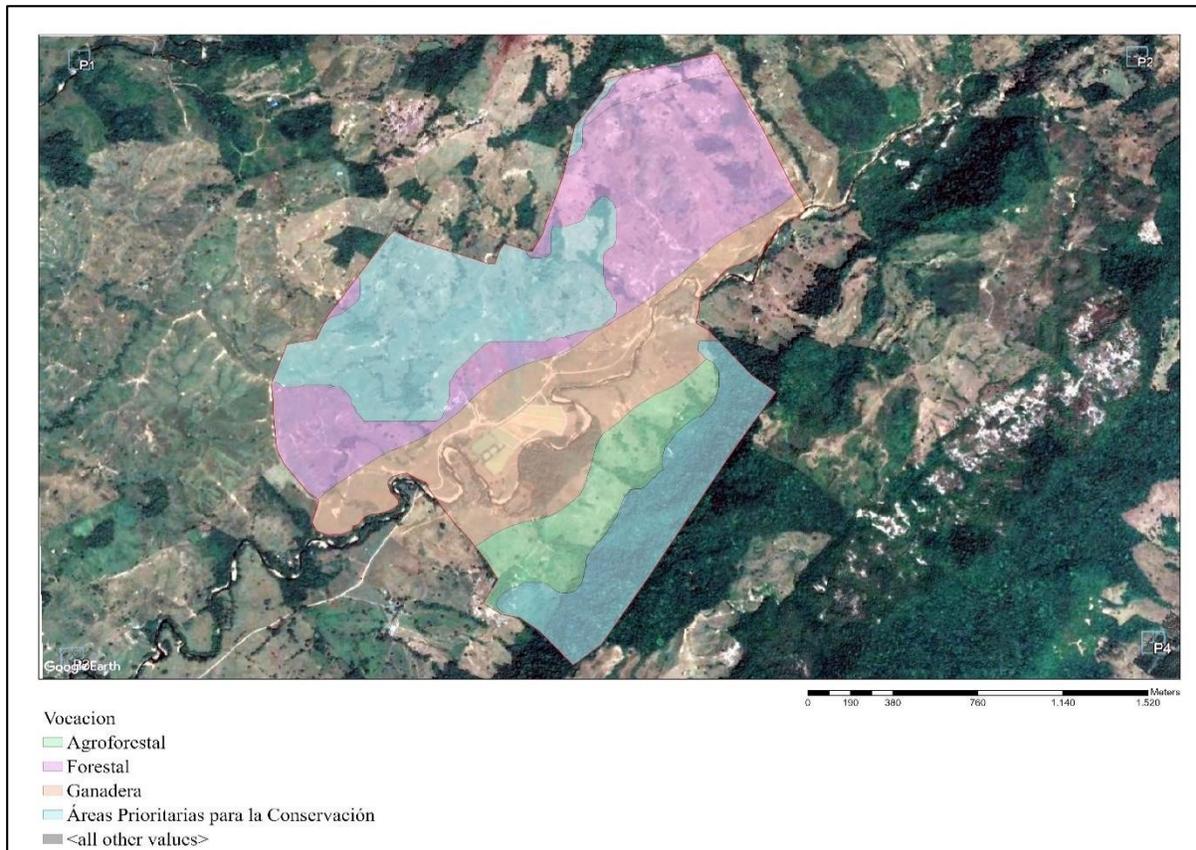
Figura 2. Mapa de usos principales del suelo



Fuente: (IGAC, GEOPORTAL: Datos abiertos Agrología, s.f.), *modificado por autor.*

En la *Figura 1* se observa el mapa de Sabanalarga obtenido por Google Maps mientras que en la *Figura 2* se contempla el mapa de la finca La Décima, con sus usos principales del suelo. Cabe resaltar que esta información fue obtenida mediante el geoportal del IGAC y se trabajó sobre los archivos descargados a fin de tener la información sobre la zona de estudio, se puede ver que el pastoreo continuo es una de las áreas predominantes como el de protección y producción. Por otro lado, en la *Figura 3* expone la vocación del uso del suelo donde su mayor aptitud está relacionado a los sistemas forestales y las áreas prioritarias para la conservación. Por último, *la Figura 4* es una fotografía micro de la Finca la Décima.

Figura 3. Mapa vocación de uso del suelo



Fuente: (IGAC, GEOPORTAL: Datos abiertos Agrología, s.f.) *modificado por autor.*

Figura 4. Finca La Décima



Fuente: (Autor, 2019)

7.2 Estado del arte

La ganadería en Colombia está principalmente caracterizada por ser una actividad extensiva-extractiva. Según Mahecha (2002), esta actividad presenta bajos niveles al momento de invertir y del mismo modo, un deficiente desarrollo de acciones administrativas que las promuevan empresarialmente en un mercado globalizado, lo que lo hace altamente competitivo.

Por otro lado, en el país existen distintos tipos de explotación agraria, sin embargo, todos se encuentran relacionados con la ganadería, generando dificultades al momento de realizar una caracterización económica y haciendo más compleja la búsqueda de alternativas para lograr la sostenibilidad.

Los efectos que la ganadería tiene sobre la atmósfera están relacionados con componentes volátiles emanados durante los procesos de transformación de los forrajes y de los residuos orgánicos; del mismo modo, el impacto que generan estas sustancias es diverso, es decir, mientras unos se relacionan con efectos globales sobre el planeta, otros generan impactos sobre el ambiente de manera local teniendo en cuenta lo expuesto por Liliana Mahecha (2002). en *“Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad”*

Según Enrique Murgueitio (2003) en su documento *“Impacto ambiental de la ganadería en Colombia y alternativas de solución”* la producción de estos gases ha generado alarma entre los sectores productivos y en el sector ambiental debido a que se ha querido responsabilizar en gran medida a la ganadería por dichos impactos y circunstancias. No obstante, debe reconocerse que no es la única actividad que genera estos residuos y que asimismo ha estado implementando tecnologías las cuales permiten mitigar los residuos producidos.

Cabe resaltar que la ciencia y la tecnología sirven para prevenir y alertar, para buscar un equilibrio entre la sociedad, la economía y la naturaleza, para hacer posible el bienestar, soportar decisiones políticas cada vez más complejas, además de exponer soluciones para reducir impactos significativos producidos por el hombre (Leyva, 2001). Del mismo modo, en los últimos años CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria) y FEDEGAN (Federación de Ganaderos de Colombia) han fomentado la implementación de Sistemas Silvopastoriles, con el fin de mejorar la productividad de estos sistemas ganaderos y recuperar las áreas de pasturas degradadas (Zapata, Murgueitio, & Mejía, 2007).

Murgueitio, Galindo, Chará, & Uribe (2016) expone que para reducir los impactos ambientales provenientes de la actividad ganadera están los Sistemas Silvopastoriles, donde argumentan que las leguminosas arbustivas hacen parte de la alimentación de varios animales silvestres como complemento de su dieta diaria, asimismo, se ha evaluado como una estrategia a fin de reducir el uso de alimentos balanceados y disminuir los costos de producción, además para resistir a la escasez de forrajes durante los periodos de sequía y por su alto potencial para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero derivados del hato ganadero.

Con relación a lo anterior, existe un proyecto de Ganadería Colombiana Sostenible por Uribe, Zuluaga, Valencia, & Murgueitio (2011) donde tienen como objeto minimizar el impacto que las prácticas pecuarias tienen sobre el ambiente, asimismo, se pretende tener una reducción de costos en la producción,

aumentar la capacidad de carga y con esto la producción de carne y/o leche, mejorar la calidad de los suelos, tener una alimentación segura durante todo el año para los bovinos y finalmente, que esta actividad siga siendo un negocio rentable a largo plazo, contribuyendo a la conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

7.3 Marco teórico

Hoy en día, un elemento que debe tenerse en cuenta debido a su importancia, es el crecimiento del modelo ganadero expansivo que ha ejercido presión sobre los ecosistemas y de la misma forma la demanda de los servicios que estos brindan a la sociedad. Según (Zuluaga, Giraldo, & Chará, 2011) en los últimos años la producción de alimento aumentó dos veces y media, y el hato ganadero aumento de un 10 a 18% en el 2017, lo cual genera presión sobre el ambiente que ocasiona la expansión de las fronteras agropecuarias, generando casos de deforestación, daños en los ecosistemas, pérdida de biodiversidad y al mismo tiempo contribuyendo con la generación de gases de efecto invernadero.

El impacto ambiental de estos sistemas pecuarios gira entorno en el desgaste total e irreversible de los suelos hasta la degradación de ecosistemas. Sin embargo, las actividades pecuarias de pastoreo generan otros impactos ambientales negativos como la erosión y la compactación del suelo, la desecación de humedales, construcción de vías de penetración, la demanda de madera para las cercas, corrales de manejo e incluso los camiones ganaderos; la contaminación del agua y el suelo por fertilizantes y plaguicidas y por último las emisiones de gases producidas por la quema de combustibles y el manejo de animales (Murgueitio, Sistemas Agroforestales para la Producción, 1999)

La mayoría de los principales gases de efecto invernadero se producen de manera natural, sin embargo, el incremento de la concentración en la atmósfera en los últimos años son causados por las actividades humanas (Paez, Corredor, & Fonseca, La huella hídrica y la huella de carbono: herramientas para estimar el impacto de la ganadería bovina, 2018) .Según la FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en un informe reciente, el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero –el 18 por ciento, medidos en su equivalente en dióxido de carbono (CO₂)- que el sector del transporte. También es una de las principales causas de la degradación del suelo y de los recursos hídricos.

“Complementario a lo anterior el informe citado destaca que, si se incluyen las emisiones por el uso de la tierra y el cambio del uso de la tierra, el sector ganadero es responsable del 9 por ciento del CO₂ procedente de las actividades humanas, pero produce un porcentaje mucho más elevado de los gases de efecto invernadero más perjudiciales. Genera el 65 por ciento del óxido nitroso de origen humano, que tiene 296 veces el Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés) del CO₂. La mayor parte de este gas procede del estiércol.” (FAO, La ganadería amenaza el medio ambiente, 2006)

Teniendo en cuenta lo anterior, la medición de la Huella de Carbono es un estimado de la cantidad total de Gases de efecto Invernadero que han sido emitidos durante el ciclo de vida de un bien o servicio. Cabe resaltar que el carbono es el elemento mayoritario en la tierra y uno de los más abundantes, además integra el producto final del metabolismo de la mayoría de los seres vivos y del proceso de combustión como el dióxido de carbono (Naturlii, 2019).

El dióxido de carbono es un elemento importante para la fotosíntesis de las plantas, asimismo en uno de los gases que provocan los gases de efecto invernadero de los cuales se hablaba anteriormente. La concentración de este elemento en la atmósfera se debe al uso de combustibles fósiles para procesos industriales y medios de transporte. El CO₂ hace parte de un ciclo biogeoquímico que intercambia el carbono entre las capas de la atmósfera, el agua de los mares y en la tierra firme, permitiendo así que los átomos de carbono puedan reusarse permitiendo que la vida sea sostenible en el planeta. (Raffino, 2019) De mismo modo, el carbono presente en el metano y en dióxido de carbono atmosférico pasa a través de la fotosíntesis a las plantas y también al agua al diluirse en la lluvia para así finalizar su proceso en el océano donde se forman pequeñas cantidades de ácido carbónico y en ese punto intervienen los ciclos de respiración y descomposición microbiana los cuales liberan nuevo CO₂ en forma gaseosa a la atmósfera.

Otro de los gases de efecto invernadero es el metano, este gas se encuentra en las fermentaciones producidas por bacterias anaerobias en zonas pantanosas, cultivos de arroz y en las emisiones desde el tracto intestinal del ganado, de igual manera se produce por los escapes de depósitos naturales e industriales (Rossy, 2012). A largo plazo el metano es mucho más preocupante como agente responsable del calentamiento global a comparación con el dióxido de carbono ya que su potencial es 28 veces mayor.

Según González y Rodríguez, la proyección de emisiones de metano en Colombia, a partir de actividades en el sector pecuario para el 2010, representarán el 70% de la participación de los gases de efecto invernadero (GEI). Siendo un 95% de este total, las emisiones digestivas del ganado de leche y de carne (Carmona, Bolívar, & Giraldo, 2005)

Con relación a lo anterior, se han originado distintas alternativas con el fin de disminuir el impacto negativo proveniente de las actividades agropecuarias, una de ellas se encuentra representada por el proyecto “*Ganadería Colombiana Sostenible*”, esta es una iniciativa diseñada por una alianza estratégica entre la Federación Colombiana de Ganaderos, el Fondo Nacional de Ganado, el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y The Nature Conservancy. Este proyecto está respaldado con una donación por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente y administrado por el Banco Mundial (Páez, Corredor, & Fonseca, La huella hídrica y la huella de carbono: herramientas para estimar el impacto de la ganadería bovina, 2018). Del mismo modo, este proyecto cuenta con el establecimiento de las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG), las cuales tienen como fin disminuir el impacto que las prácticas pecuarias tienen sobre el ambiente, además, minimizar los riesgos de contaminación de los productos pecuarios y mejorar tanto el bienestar laboral de los trabajadores, como el de los animales que son explotados, cabe señalar que el objetivo es “*hacer las cosas bien y dejar constancia de ello*” (Uribe, Zuluaga, Valencia, & Murgueitio, 2011).

Se entiende tecnología ambiental, como una práctica, técnica o sistema, el cual disminuye el deterioro ambiental, además de mejorar la calidad de vida y el crecimiento económico (Definición de Tecnologías Ambientales, 2012). Con ese proyecto se espera mejorar la producción de la ganadería mediante el trabajo amigable con el ambiente, haciendo uso de diferentes técnicas ambientales como los Sistemas Silvopastoriles que se enfocan en integrar distintos tipos de árboles al proceso ganadero, asimismo a la conservación de los diferentes ecosistemas y bosques. A través de estas iniciativas se busca fomentar la aplicación de buenas prácticas en el ámbito ganadero y disminuir el impacto negativo sobre el medio.

7.4 Marco conceptual

A continuación, se expondrán los conceptos relacionados a la huella de carbono, tomados principalmente de la Secretaría distrital de Ambiente, 2015.

La **huella de carbono** se entiende como la cantidad de gases de efecto invernadero los cuales son emitidos a la atmósfera por emanación directa o indirecta de un individuo, organización, evento o producto. Teniendo en cuenta lo anterior, las **emisiones de gases de efecto invernadero** son una masa total de un gases específicos liberados en un determinado periodo, entre estos gases se encuentra el **dióxido de carbono (CO₂)** el cual se produce de forma natural y también es subproducto de la combustión de la biomasa, cambios en el uso del suelo y procesos industriales por el uso de combustibles fósiles, otro compuesto importante que hace parte de los GEI es el **metano (CH₄)**, es un hidrocarburo y el principal componente del gas natural, sus principales fuentes de emisión son la producción y transporte de hidrocarburos, agricultura (el estiércol de ganado y cultivos de arroz), los residuos sólidos, el tratamiento de aguas residuales y la minería de carbón.

Como se mencionó anteriormente, la **agricultura** entendida como una actividad del hombre; primeramente, para producir alimentos y fibras por medio de la utilización, control y manejo de los animales y plantas (FAO, El papel del sector agropecuario, 2019), es una de las actividades antropogénicas que influye de manera relevante en el aumento de los GEI. Cabe resaltar que el **sector agropecuario** según (Pérez & Gardey, 2015), conocido como el sector de la economía formado por las actividades agrícolas y ganaderas, encierra componentes importantes como la **ganadería**, la cual se refiere a una actividad enfocada en la cría de animales para el aprovechamiento de su carne y productos, teniendo un beneficio lucrativo (RAE, 2020). Asimismo, existen distintos modelos de producción animal para esta actividad, entre estos la **ganadería extensiva**, este modelo busca aprovechar de manera eficiente los recursos naturales del territorio con el menor impacto posible y la característica principal de esta actividad es que se realiza principalmente a través del pastoreo (Fernández, 2018).

Con respecto a lo anterior, uno de los grandes problemas que presenta esta actividad es la **sabanización**, proceso por el cual se tala el bosque con el fin de desarrollar potreros y campos de forraje, los que al pasar del tiempo se vuelven improductivos herbazales en extensas áreas sin árboles o “sabanas tropicales.” (Grupocamaleon, 2017) y del mismo modo se debe tener en cuenta la **capacidad de carga animal**, que se entiende como el número de animales que pueden pastorear en un potrero sin afectar la productividad del forraje; y la **capacidad de carga óptima**, que se define como aquella en la que la producción por animal y por hectárea es máxima (ABC, 2012).

Con el fin de mitigar los impactos se quiere implementar una **ganadería sostenible**, la cual tiene como fin mantener un nivel alto de producción, que perdure en el tiempo sin perjudicar el ambiente, aplicando distintas tecnologías ambientales (Ecoemprende, 2019). No obstante, la definición anterior se encuentra relacionada con la de **desarrollo sostenible**, el cual según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), es la conservación de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas sin comprometer las generaciones presentes y futuras (Buitrago, 2009).

Por otra parte, con el fin de prevenir, mitigar y compensar la degradación ambiental se creó *la Evaluación Ambiental*, este mecanismo tiene como objetivo principal proveer elementos de juicio para la toma de decisiones, del mismo modo, considerar como objeto de estudio la dificultad de la interacción de una actividad antrópica sobre un ambiente determinado, reconociendo de esta manera la existencia de cuatro dimensiones (Avellaneda, 2008).

7.5 Marco Normativo

La normatividad que se debe tener en cuenta para lograr la medición, control y disminución de la huella de carbono y gases de efecto invernadero (GEI) en Colombia y normatividad aceptada a nivel mundial como guía de referencia se encuentra enunciada en la *tabla 1*.

Tabla 1. Normativa Colombiana e internacional de la huella de carbono.

Tipo	Aspecto	Nombre	Aplicabilidad
Norma	Especificación con orientación, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero	NTC 14064-1: 2018	ISO <i>Parte 1</i> . “detalla los principios y requisitos para el diseño, el desarrollo, la gestión y el informe de inventarios de GEI a nivel de la organización.” (ISO, ISO 140641:2018: Gases de efecto invernadero., 2018)
	Especificación para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero	ISO 14064-2: 2019	<i>Parte 2</i> . “detalla los principios y requisitos para determinar la línea base y para el seguimiento, cuantificación e informe de las emisiones del proyecto. Se enfoca en proyectos de GEI o actividades basadas en proyectos específicamente diseñadas para reducir las emisiones de GEI y/o aumentar las remociones de GEI” (ISO, ISO 14064-2:2019: Gases de efecto invernadero, 2019)
	Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero	ISO 14064-3: 2019	<i>Parte 3</i> . “detalla requisitos para verificar declaraciones de GEI relacionadas con los inventarios de GEI, los proyectos de GEI y las huellas de carbono de los productos” (ISO, ISO 14064-3:2019: Gases de efecto invernadero., 2019)

Tipo	Aspecto	Nombre	Aplicabilidad
	Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento	ISO 1406 5: 2013	“Define los requisitos para los organismos que validan y verifican las declaraciones de gases de efecto invernadero” (ISO, Gases de efecto invernadero, 2013)
	Requisitos de competencia para los equipos de validación y de verificación de gases de efecto invernadero	ISO 1406 6: 2011	“especifica requisitos de competencia para equipos de validación y equipos de verificación para el apoyo de administradores de programas de GEL, autoridades reglamentarias y organismos de validación y de verificación de GEI” (ISO, ISO 14066:2011: Gases de efecto invernadero, 2011)
	Huella de carbono de los productos	ISO 1406 7: 2018	“define los principios, los requisitos y las directrices para la cuantificación de la huella de carbono de los productos.” (ISO, ISO 14067:2018: Gases de efecto invernadero, 2018)
Informe Técnico	Cuantificación e informe de las emisiones de gases de efecto invernadero para las organizaciones	ISO/TR 14069: 2013	“ayuda a los usuarios en la aplicación de la Norma ISO 140641, proporcionando directrices y ejemplos para mejorar la transparencia en la cuantificación de las emisiones y la presentación de informes” (ISO,ISO/TR 14069:2013: Gases de efecto invernadero, 2013).
Metodología	Protocolo de Gases de Efecto Invernadero	GHG Protocol	“permite delimitar las fuentes de emisiones directas e indirectas; mejorar el reporte de la información; proveer información útil para definir políticas o planes en relación con el cambio climático y las metas

Tipo	Aspecto	Nombre	Aplicabilidad
			organizacionales” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2013).
Plan Nacional	Estrategia colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono	Ley 1753/2015 Plan Nacional de Desarrollo	<i>Artículo 170.</i> “Es un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo que busca desligar el crecimiento económico nacional del crecimiento de las emisiones de GEI logrando maximizar la carbono-eficiencia de la actividad económica del país” (Minambiente, 2015).
Resoluciones	Monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación a nivel nacional de los gases de efecto invernadero	Resolución No. 1447 de 2018 de la ley 1753 de 2015	<i>Artículo 2.</i> “toda persona natural o jurídica, pública o privada que pretenda registrar su iniciativa de mitigación de GEI para optar a pagos por resultados o compensaciones similares como consecuencia de acciones que generen reducciones de emisiones” (Minambiente, 2018)
	Norma de Calidad de Aire	Resolución 0601 de 2006	“cuenta con los límites máximos de sustancias contaminantes y de olores, entre los cuales están el amoníaco y el ácidos sulfhídrico generados por la descomposición del estiércol” (Pinos et al., 2012)
Leyes	Por la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), y se dictan otras disposiciones	Ley 99 de 1993	<i>Artículo 31.</i> Las corporaciones deben ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o

			poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. (Miniterior, 2017).
	Gestión del cambio climático	Ley No. 1931 de 2018	<i>Artículo 34.</i> “El Gobierno Nacional podrá establecer un régimen de incentivos dirigidos a personas naturales o jurídicas, públicas, privadas o mixtas, que realicen acciones concretas de adaptación y mitigación al cambio climático” (Congreso de Colombia, 2018).
Decretos	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	Decreto - Ley 2811 de 1974	<i>Capítulo II.</i> “se refiere al control y la prevención de la contaminación del agua, incluyendo las actividades rurales y la eliminación de estiércol” (Pinos et al., 2012)
Documento CONPES	Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático.	CONPES 3700	“la Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de cambio climático en Colombia resalta la necesidad del país de comprender y actuar frente a este fenómeno como una problemática de desarrollo económico y social. Busca generar espacios para que los sectores y los territorios integren dicha problemática dentro de sus procesos de planificación, articular a todos los actores para hacer un uso adecuado de los recursos, disminuir la exposición y sensibilidad al riesgo, aumentar la capacidad de respuesta y preparar al país para que se encamine hacia la senda del desarrollo sostenible, generando competitividad y eficiencia.” (CONPES, 2011).

Fuente: (Autor, 2020).

Como se puede observar en la *Tabla 1*, en Colombia existen algunas leyes, decretos y resoluciones que enmarcan diversos programas e incentivos para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. Sin embargo, no se establecen los límites permisibles de la emisión de todos los gases involucrados en la ganadería por parte de personas naturales, entidades privadas o públicas, a pesar de resaltar la importancia que tiene disminuir la huella de carbono.

El Real Decreto 163/2014 de Madrid, España, establece un Registro nacional de huella de carbono, compensación y proyectos de dióxido de carbono, por el cual las empresas pueden demostrar su compromiso con la sostenibilidad y tener cierta ventaja para la consecución de contratos (BSI, 2014). Este tipo de decretos generan un incentivo para mantener baja su huella de carbono y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en España.

Del mismo modo Colombia cuenta con diferentes proyectos que sensibilizan a la empresas, instituciones o personas a reducir su huella de carbono a cambio de oportunidades de mejora, un ejemplo de esto es el Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible que consiste en una iniciativa para mejorar la producción del negocio ganadero con el uso de Sistemas Silvopastoriles y la conservación de bosques nativos en las fincas de ganaderos a causa de beneficios como asistencias técnicas y pago por servicios ambientales (FEDEGAN, Ganadería Colombiana Sostenible, 2012).

Estados Unidos y Canadá tienen regulaciones ambientales específicas respecto a la ganadería, tal como control de excretas de animales que puedan impactar el suelo, cuerpos de agua y atmósfera, mientras que Colombia cuenta con escasa normatividad de las emisiones que se generan en la ganadería (Pinos, Garcia, Peña, Rendon, & González, 2012).

7.6 Marco Institucional

En la *tabla 2* se presentan los nombres de las entidades, su respectiva función y el logotipo de las instituciones las cuales van a estar relacionadas con el proyecto de investigación. Estas funciones se dan con el objetivo de cumplir la misión y/o visión de cada una de las entidades.

Tabla 2. Instituciones relacionadas con el proyecto de investigación.

Entidad	Función	Figura
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Entidad pública encargada de definir la política Nacional Ambiental y promover la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, a fin de asegurar el desarrollo sostenible y garantizar el	 Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019.

Entidad	Función	Figura
	derecho de todos los ciudadanos a gozar y heredar un ambiente sano.	
Minagricultura	Encargados de formular las políticas para el desarrollo del Sector Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural.	 <p>MinAgricultura Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural</p> <p><i>Fuente:</i> Ministerio de Agricultura, 2020</p>
Corporinoquia.	Es la encargada de otorgar las licencias, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos requeridos por la ley, para el uso y aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables. Promulga normas para el manejo de cuencas hidrográficas, ordenamiento territorial para la utilización, protección, preservación y recuperación del medio ambiente (Corporinoquia, 2016)	 <p><i>Fuente:</i> Corporinoquia, 2016</p>
Federación Colombiana de Ganaderos.	FEDEGÁN tiene dentro de sus funciones la representación gremial, el análisis sectorial, información y política ganadera, el recaudo y administración de la parafiscalidad ganadera y la prestación de servicios al ganadero (FEDEGAN, Ganadería Colombiana Sostenible, 2012)	 <p><i>Fuente:</i> Federación Colombiana de Ganaderos, 2020</p>

Entidad	Función	Figura
<p>Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria.</p>	<p>CIPAV tiene como objetivo contribuir al desarrollo sostenible del sector rural mediante la investigación, gestión, desarrollo y divulgación de alternativas productivas amigables con la naturaleza (CIPAV, s.f.)</p>	 <p><i>Fuente:</i> CIPAV, s.f.</p>
<p>Universidad el Bosque.</p>	<p>La Universidad el Bosque promueve la investigación creando una comunidad educativa integral, que articula las dimensiones biológicas, psicológicas y sociales de la persona ligada a su contexto con el objetivo de contribuir con el desarrollo científico-técnico de nuestro país (Universidad el Bosque, 2020)</p>	 <p><i>Fuente:</i> Universidad El Bosque, 2020.</p>

Fuente: (Autor, 2020)

8. Metodología

A continuación, se presentarán los métodos del proyecto de investigación, el enfoque, el alcance, la unidad de análisis, las variables, los aspectos e indicadores. Del mismo modo, se describirán las técnicas e instrumentos que se aplicaron durante el trabajo y por último la metodología por cada uno de los objetivos específicos.

8.1 Métodos

Con el fin de cumplir el objetivo general del proyecto, el método seleccionado fue **analítico**; el cual consiste en realizar un diagnóstico, descomponiendo sus variables para observar las causas y efectos que genera la actividad ganadera en la finca La Décima y su relación con la huella de carbono. Es de gran importancia conocer el proceso productivo y comprender su relación con el ambiente, lo que nos permitirá conocer más a fondo el objeto de estudio, donde se podrá explicar y entender su problemática y proponer nuevas tecnologías ambientales.

8.2 Enfoque de la investigación

Para el proyecto de investigación se utilizó el enfoque cualitativo y cuantitativo, este **enfoque mixto** es un proceso el cual busca recolectar, analizar y tomar datos desde las dos partes con el fin de estudiar más a fondo la situación y del mismo modo tener una perspectiva más amplia frente a la problemática. El enfoque cualitativo se caracteriza por ser descriptivo e inductivo, sin la necesidad de recolectar datos numéricos, por lo tanto, a través de este enfoque se reunió información relacionada con la finca La Décima acerca de los procesos productivos ganaderos que se realizan en el lugar de estudio, de esta manera se permitió comprender cuáles son las actividades críticas y de qué manera influyen en el aumento de la huella de carbono.

Por otra parte, el enfoque cuantitativo, recolecta datos basándose en la medición numérica y además el uso de estadísticas a fin de probar distintas teorías, de esa manera, para el presente trabajo se estimó la huella de carbono relacionada con la parte ganadera de la finca, esto teniendo en cuenta los distintos datos obtenidos a través de la investigación.

8.3 Alcance de la investigación

Para establecer los límites hasta donde se llevaría el caso estudio se definieron los alcances, con la intención de obtener los resultados deseados sobre la investigación. Teniendo en cuenta lo anterior, los estudios descriptivos según Hernández, Fernández & Baptista (2010). buscan llevar más a fondo las características y las propiedades de los procesos, objetos u otros acontecimientos que se expongan a un análisis, por consiguiente, el proyecto de investigación incorporó este alcance al momento de hacer el diagnóstico, donde se describieron las variables y seguido a este el proceso productivo ganadero con el fin de mostrar con precisión las dimensiones de la situación y de este modo estimar la huella de carbono que se generaba en la finca.

Por otro lado, el segundo estudio que se escogió para realizar el trabajo, fue el correlacional, el cual tiene como finalidad conocer la relación existente entre dos o más conceptos, categorías o variables sobre un tema específico (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010). Por lo tanto, la investigación relaciono, el proceso productivo existente en la finca y su aporte a los gases de efecto invernadero.

8.4 Unidad de análisis

La unidad de análisis del presente proyecto se centró en la finca ganadera La Décima, con el objetivo de proponer técnicas ambientales para reducir la alta huella de carbono que se genera a partir de las prácticas convencionales.

8.5 Tipo de investigación

Es necesario tener en cuenta las variables dependientes e independientes para el desarrollo del proyecto de investigación, de este modo, se tomó como variable dependiente la huella de carbono, ya que esta variable como su palabra lo indica es el elemento que se encuentra restringido y/o limitado por una variable independiente que es el componente que incide e influye en esta variable. Teniendo en cuenta lo

anterior, los gases de efecto invernadero se definieron como la variable independiente ya que según su cantidad altera el resultado final de la huella de carbono.

8.6 Variables, aspectos e indicadores

Durante el desarrollo del proyecto se tuvieron en cuenta las tres principales dimensiones que encierra la Ingeniería Ambiental como se puede observar en la *Tabla 3* donde están compuestas por sus respectivas variables, aspectos e indicadores.

Tabla 3. Variables ecológicas, económicas y sociales

Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador	Técnica	Instrumento	Obj. Espec.
Ecológica	Cobertura Vegetal	Tipo de Cobertura	Porcentaje de Cubrimiento	SIG	Mapas	N°1 y N°2
	Uso del Suelo	Tipo de Uso del Suelo	Porcentaje de Cobertura	SIG	Mapas	
		Calidad del Suelo	Porcentaje de Ocupación del uso del Suelo	SIG	Mapas	
	Capacidad de Carga			Información Primaria con reconocimiento de campo	Cuaderno de Campo y calculadora	N°1 y N°3
Económica	Costos Actuales	Mantenimiento Operación		Información Primaria y Cálculos	Campo y calculadora	N°1
	Costos propuesta	Mantenimiento Operación		Entrevista e Información Bibliográfica		N°4
	Sistema Productivo	Productividad	<input type="checkbox"/> Alto <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Bajo	Información Bibliográfica y Entrevista	Cuaderno de notas y estimación	N°1 y N°4

Social	Tipo <input type="checkbox"/> Pública Asistencia <input type="checkbox"/> Privada a Técnica				Nº1	
	Temas	# temas aportados	Entrevista	Cuaderno de Campo		
Dimensión	Variable	Aspecto	Indicador	Técnica	Instrumento	Obj. Espec.
	Educación Ambiental	Nivel de Conocimiento	$\frac{\# \text{Temas Conoce}}{\text{Total}}$			

Fuente: (Autor, 2020)

8.7 Técnicas

A continuación, se dará una explicación de las técnicas usadas en el presente documento para la toma de información del caso estudio.

Sistema de Información Geográfica: Este sistema se encarga de relacionar datos con una localización geográfica. De esta manera se puede ver la distribución de recursos, poblaciones, municipios, países, entre otros datos en un mismo mapa. Cabe resaltar que SIG es un conjunto el cual incorpora el software, hardware y datos geográficos mostrándolos en una representación gráfica, donde se captura, almacena, manipula y analiza la información recolectada de todas las maneras posibles de una forma lógica y coordinada (MinEducación, 2015)

Por otro lado, este tipo de sistemas tiene como fin dar solución a problemas o preguntas sobre planificación, gestión y distribución territorial. Asimismo, es usado en investigaciones científicas, estudios ambientales, cartografías y otros campos (MinEducación, 2015). De este modo, esta técnica se usó con la intención de delimitar la finca ganadera y sacar los porcentajes requeridos sobre el uso del suelo y su cobertura vegetal.

Información Primaria: Según Silvestrini y Vargas (2008) estas fuentes primarias son aquellas que no han sido publicadas más de una vez y tampoco interpretada o evaluada por alguna otra persona. Son producto de una investigación donde el autor recolecta información directa con su estudio. Por consiguiente, en años pasados no se había tomado información de este tipo en la finca La Décima por lo que hace que sea de tipo primario.

Información Secundaria: Estas fuentes componen la colección de referencia bibliográfica y del mismo modo facilitan el control y acceso de las fuentes primarias (Silvestrini & Vargas, 2008). Cabe resaltar, que con esta técnica se recolectó información necesaria mediante documentos y estudios de investigación acerca de la huella de carbono y la ganadería sostenible, las cuales permitieron fundamentar el presente trabajo.

Entrevista Profunda: En esta técnica, el entrevistador es un instrumento el cual analiza, explora y detalla a través de preguntas, donde el propósito es obtener información relevante para la investigación, teniendo en cuenta las distintas opiniones de la persona entrevistada frente a la situación y/o el problema (Robles, 2011). De este modo, se entrevistó a uno de los propietarios de la finca y además dos de sus trabajadores, para saber cuál era su posición frente a la ganadería sostenible y sobre la huella de carbono que estaba siendo generada en el lugar de estudio.

8.8 Instrumentos

Se tomaron los siguientes elementos como instrumentos metodológicos con el fin de recolectar la información necesaria para cumplir los objetivos del presente estudio:

Mapas Geográficos: Según la IGAC (2020), los mapas son representaciones gráficas, las cuales tienen medidas longitudinales, y dentro del mismo se especifican rutas para definir el destino desde un punto a otro; En los últimos años, los mapas se realizan a partir de fotografías aéreas y satelitales, lo que permite una mayor precisión en la elaboración. Por otro lado, el proyecto de investigación hizo uso frecuente de mapas e imágenes satelitales de la finca La Décima, para distintos objetivos, entre esos, el reconocimiento del territorio, su porcentaje de cobertura vegetal, los límites que tenía, entre otros.

Cuaderno de Campo: El cuaderno de campo es un documento donde el investigador anota datos importantes sobre el lugar en el que recoge información de referencias puntuales, situaciones, se anotan ideas e información que puede ser relevante en el proceso de investigación. En este sentido, este instrumento es una herramienta de trabajo para conocer un lugar de manera directa obteniendo un diagnóstico de lo que se quiere estudiar (Navarro, 2016) Por consiguiente, para el cumplimiento de los objetivos fue necesaria ese instrumento para la caracterización de los procesos de la finca y además su entorno. No obstante, se tuvieron en cuenta los componentes ambientales (Ecológico, Económico y Social).

8.9 Metodología por objetivo específico

A continuación, se presentarán las metodologías aplicadas en el presente estudio para cada objetivo específico.

8.9.1 Primer objetivo: Caracterizar el entorno

Para la realización del diagnóstico de la finca ganadera se empleó el enfoque cualitativo, debido a las técnicas de observación y análisis que se usaron para hacer la recopilación de la información primaria. Se realizaron dos entrevistas no estructuradas, una de estas se realizó a uno de los propietarios del lugar y la otra entrevista a dos de los trabajadores de la finca, donde se reunió información acerca de su conocimiento sobre la ganadería sostenible, los gases de efecto invernadero y las consecuencias que genera la ganadería convencional al calentamiento global. Del mismo modo, una de las entrevistas tenía preguntas las cuales se centraban en los procesos productivos ganaderos, los costos actuales en cuanto a su mantenimiento, operación y ganancia, además de su conocimiento sobre los proyectos de ganadería sostenible y la asistencia técnica que tenían en la finca.

Se inició con la visita a la finca La Décima, ubicada en Sabanalarga, Casanare, donde se realizaron las entrevistas pertinentes a los trabajadores y por último a uno de los dueños que se encontraba en el lugar de estudio. Seguido a este, se tomaron fotos del sitio con un *dron* y una cámara fotográfica con el fin de observar, analizar y conocer a fondo el estado actual de la cobertura vegetal, el uso del suelo, la distribución del terreno, entre otras características de la finca para tener la información necesaria para completar el diagnóstico.

Teniendo en cuenta lo anterior, se descargó el programa ArcGIS, donde por medio de esta herramienta se hizo la georreferenciación correspondiente del lugar de estudio y seguido se delimito la finca, esto con el fin de tener los datos necesarios para la obtención de los porcentajes de cobertura vegetal, el uso y la calidad del suelo; cabe señalar que se descargaron archivos Shapefile de dos geoportales (IDEAM e IGAC) y se trabajó con base a estos.

8.9.2 Segundo objetivo: Identificar los procesos que caracteriza el sistema ganadero y sus actividades críticas.

En el segundo apartado, se usó la técnica de análisis donde se identificaron los procesos que caracteriza el sistema de producto ganadero, a través de la visita de campo y las entrevistas realizadas, adicionalmente se hizo una revisión bibliográfica para conocer a profundidad el tema y tener una discusión. A partir de ahí, se realizó un esquema de este sistema con el proceso detallado a fin de establecer las actividades críticas que están relacionadas con el aporte a la huella de carbono de la finca.

8.9.3 Tercer objetivo: Estimar huella de carbono

Con el fin de estimar la huella de carbono, se tuvieron en cuenta las variables del proceso productivo ganadero, entre estas se encuentra la orina, las heces fecales y los gases provenientes del animal. Asimismo, es importante señalar que entre los GEI se encuentra el metano, dióxido de carbono y óxido nitroso. Mediante el estudio correspondiente y la revisión bibliográfica se hizo una tabla enfocada en la potencialidad de cada uno de los gases y seguido a esto, se hizo una estimación sobre los gases de efecto invernadero generados por cabeza de ganado. Para realizar el cálculo se tuvo como base “*La guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial*” expuesta por la CAR (2013) y el documento de “*Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, (1996)*”. Finalmente, después de recolectar la información, se hizo una sumatoria de los datos recolectados con el objetivo de sacar un estimado sobre la huella de carbono del hato ganadero en la finca La Décima.

8.9.4 Cuarto objetivo: Evaluar tecnologías ambientales

Para finalizar la metodología, se hizo un análisis de los resultados obtenidos anteriormente, y se realizó una Evaluación Ambiental (EA), con el objeto de prevenir, controlar y mitigar los impactos negativos con mayor significancia en el proceso productivo ganadero, enfocándonos en los gases de efecto invernadero y su aporte a la huella de carbono. Con el fin de recolectar información adicional, se realizó una entrevista profunda a un profesional de ganadería inteligente, esta entrevista se basó en los Sistemas

de Rotación y silvopastoriles, además de los costos de inversión y los beneficios que aportan al sistema productivo.

Seguidamente, se hizo una selección de las tecnologías ambientales propuestas con una herramienta denominada Proceso de Analítico Jerárquico (AHP) en la cual se valoraron los aspectos positivos dentro de las dimensiones ambientales, lo que permitió verificar cuales son las fortalezas y debilidades de cada una de las propuestas y de esta manera usar la información como herramienta para la toma de decisión frente a la posibilidad de implementación de una o varias propuestas expuestas en el presente documento. Sin embargo, para realizar el AHP se siguieron los pasos expuestos en “*El proceso de análisis Jerárquico y la toma de decisiones multicriterio, ejemplo de aplicación*” (Osorio & Orejuela, 2008).

9. Aspectos éticos

Con base a los aspectos éticos del presente documento, se tuvo un consentimiento previo de las personas entrevistadas, del mismo modo, la información que se recolecto mediante la visita de campo y las entrevistas realizadas es manejada con confidencialidad y su uso será únicamente para fines académicos. Del mismo modo, los resultados obtenidos en la investigación se entregarán a los propietarios de la finca.

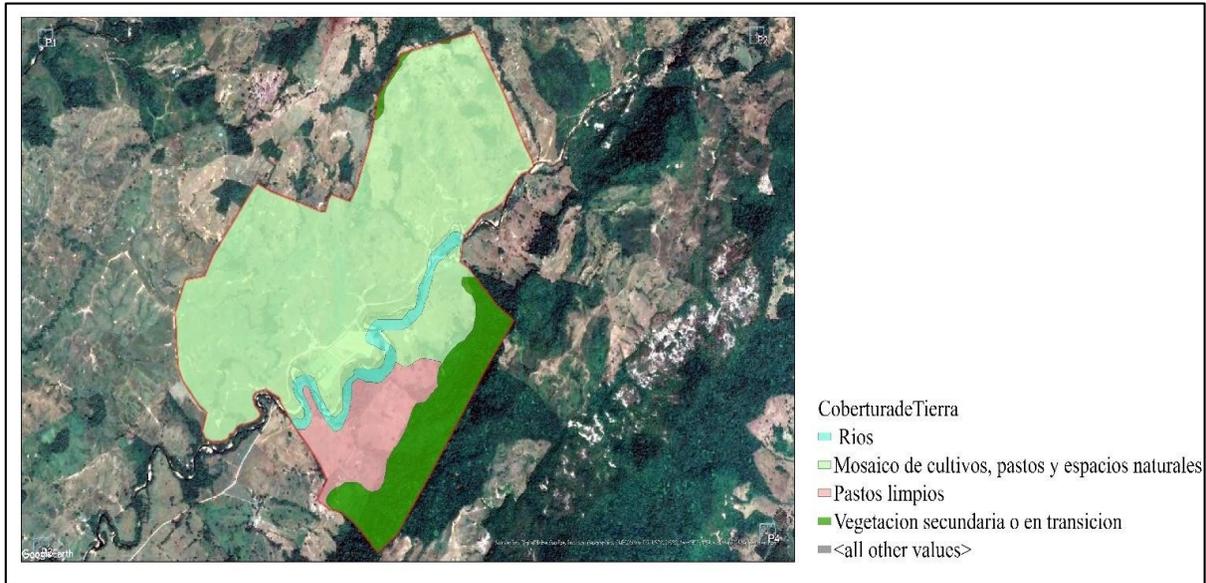
10. Resultados, análisis y discusión

En el siguiente apartado se expondrán los resultados, análisis y la discusión correspondiente a cada objetivo específico.

10.1 Primer objetivo: Caracterización del entorno

Con el programa ArcGIS se pudo determinar la cobertura vegetal y el uso del suelo de la finca La Décima, donde existe una predominancia en pastos como se observa en la *Figura 5*, los pastos hacen parte de las tierras que son cubiertas con hierba densa de composición florística como lo presenta Garavito (2017) las cuales son dedicadas a pastoreo permanente por un periodo de dos años. En el lugar de estudio, el 87% tiene una cobertura de este tipo. Asimismo, los pastos limpios representan el 12%, los cuales son asociados a relieves y climas, con un desarrollo condicionado por las costumbres que tiene cada región, Por último, se puede ver un área de vegetación secundaria con un 2% la cual se define como la vegetación que sustituye la original, por causas naturales o algún cambio en el uso del suelo, del mismo modo, podría ser inducida con el fin de recuperación de la cobertura vegetal (Lourdes, 2009).

Figura 5. Mapa de cobertura vegetal de la Finca la Décima



Fuente: (IDEAM, s.f.) *modificado por autor.*

Con relación a lo anterior, el pastoreo continuo es uno de los usos principales que tiene la finca como se evidencia en la *Figura 2*, del mismo modo, según los datos descargados por el IGAC este cubre alrededor del 47% del área de estudio, por otro lado, con un porcentaje del 28% está la protección y producción en lugar, seguido a este, las áreas prioritarias de conservación se encuentran con un porcentaje del 13% y finalmente están las zonas Agrosilvopastoriles y forestal de protección con una cobertura del 10% y 2%.

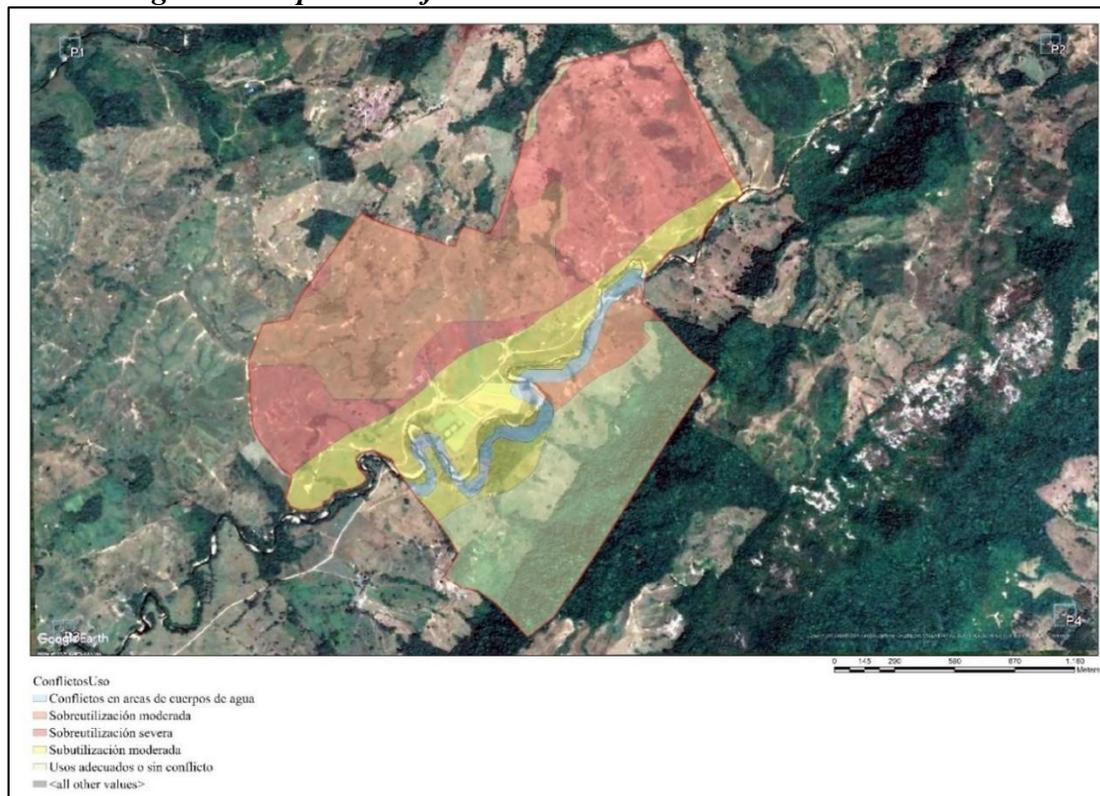
Por otra parte, con base a los datos obtenidos por el IDEAM para el 2011 (*Figura 6*), el 89% de la degradación de suelos por erosión en el lugar de estudio es moderada, el 10% equivale a una zona de áreas prioritarias para la conservación y, por último, con un valor del 1% una erosión ligera en la parte superior del mapa delimitado. Sin embargo, el IGAC en los datos abiertos de agrología, expone los conflictos del uso del suelo en los últimos años como se puede ver en la *Figura 7*, donde el 36 % del territorio presenta una sobreutilización moderada, seguido a este, el 4% tiene una sobreutilización severa y el 26% una subutilización moderada, es importante señalar que el porcentaje restante equivalente al 33% corresponde a los suelos sin conflicto o que manejan usos adecuados. No obstante, con el programa de ArcGIS se hizo un análisis de Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) sobre la finca como se evidencia en la *Figura 8*; el NDVI es un indicador de salud de la vegetación, teniendo en cuenta lo anterior, el rango para determinar la calidad del suelo está entre 0 a 100, donde cero indica un suelo desnudo o una vegetación muerta y 100 una cubierta de vegetación normal a densa, de este modo, en la *Figura 8* se observa un rango promedio entre 0 a 40 en la mayor parte del territorio.

Figura 6. Mapa de erosión del suelo de la Finca La Décima 2011



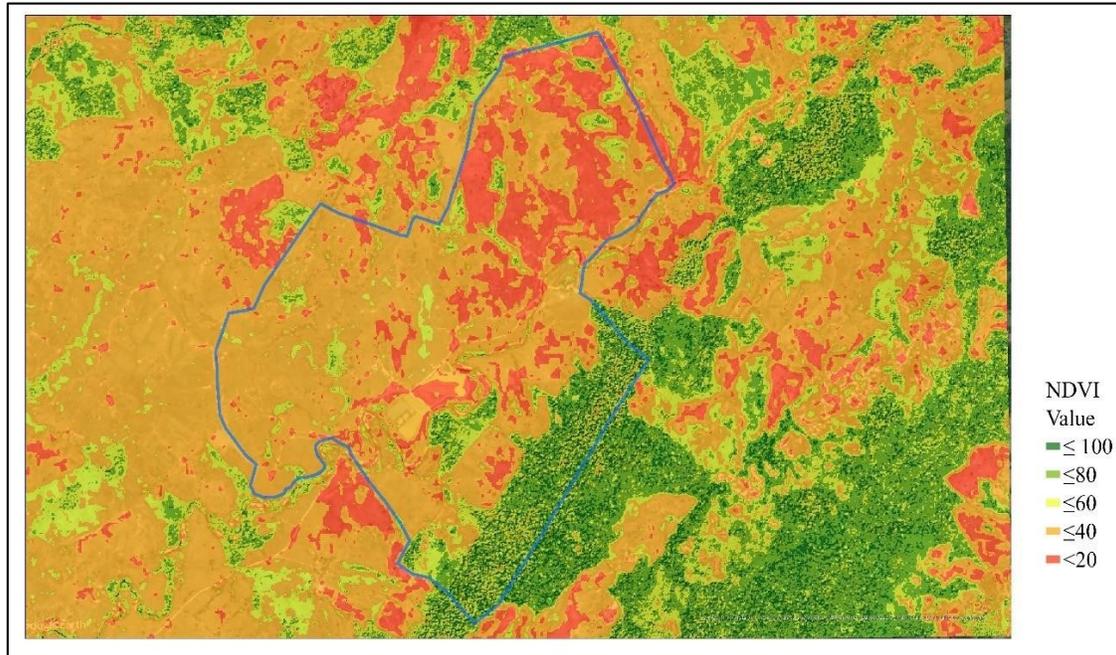
Fuente: (IDEAM, s.f.) *modificado por autor.*

Figura 7. Mapa de conflictos de uso del suelo en Finca La Décima



Fuente: (IGAC, GEOPORTAL: Datos abiertos Agrología, s.f.) *modificado por autor*

Figura 8. Mapa de índice normalizado de vegetación

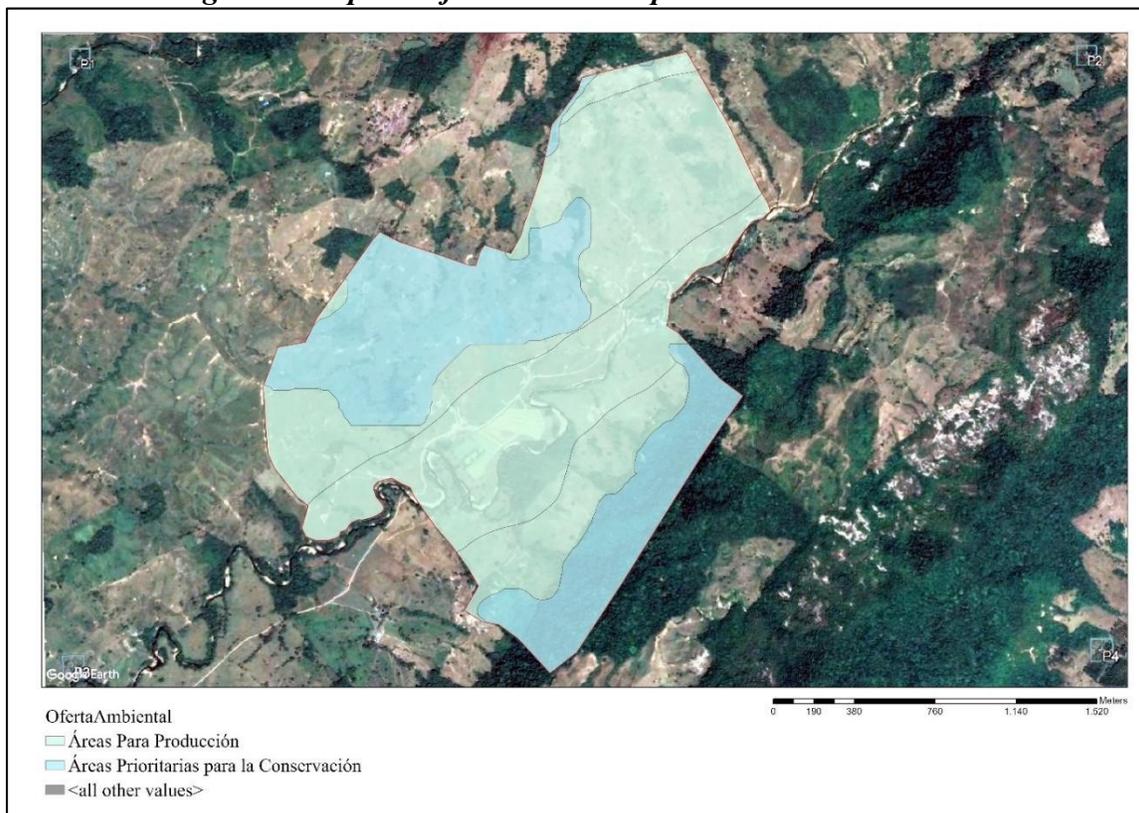


Fuente: (Autor, 2020).

Con respecto a los resultados obtenidos anteriormente, la sobreutilización moderada es la que presenta mayor incidencia en la finca La Décima, esto sucede debido a que el uso no corresponde con la clase de vocación de uso principal recomendada, además, las características representativas de estos suelos es la presencia de procesos erosivos activos. Asimismo, en la sobreutilización severa se presentan evidencias de degradación avanzada de los recursos, lo que se conoce como procesos erosivos severos, generando de esta forma disminución en la productiva de los suelos (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2002). Por el contrario, la subutilización se entiende como la cercanía que tiene su uso actual a la clase de vocación de uso recomendada según la capacidad de producción de las tierras. Del mismo modo es importante señalar que existe una relación entre la vocación como se ve en la *Figura 3* con el conflicto observado en la *Figura 7* en cuanto al “adecuado” uso del suelo por la actividad ganadera.

No obstante, los conflictos de uso que tienen los suelos son el resultado de la diferencia que existe entre el uso que le da el hombre al medio natural y el uso que debería tener con relación a su potencialidad, de igual manera, también depende de las restricciones ambientales, ecológicas, culturales, sociales y económicas, además del grado de unión que existe entre la conservación de la oferta ambiental y el desarrollo sostenible del territorio (IDEAM, s.f.). Para finalizar, la *Figura 9* muestra la clasificación de las tierras por su oferta ambiental, donde se demuestra que el 65% del territorio es apto para producción y el 35% para la conservación, lo que indica que se puede hacer un mejor aprovechamiento del recurso suelo, llevando a cabo tecnologías ambientales con el beneficio de mantener una cobertura vegetal en buen estado, con los nutrientes necesarios para su desarrollo.

Figura 9. Mapa de oferta ambiental para la Finca La Décima



Fuente: (IDEAM, s.f.) *modificado por autor.*

Por otro lado, a través de la entrevista realizada a los encargados de la Finca La Décima se pudo conocer el proceso productivo ganadero. El dueño explica de forma detallada como es este, se inicia con la compra del animal con 8 meses de nacido y un rango de peso entre los 200 y 220 kilos. A partir de ahí se va a un proceso de levante en sus respectivos terrenos, No obstante, aclara que la cantidad de cabezas de ganado por hectárea depende de la época del año, si es invierno pueden ser 2 cabezas por hectárea continuo debido a que hay mejores praderas, por otro lado, en verano se puede manejar entre 1 y media y 2 cabezas por hectárea dependiendo de los suelos, este proceso dura un tiempo aproximado de un año y medio donde el animal llega a un peso de 450 a 500 kilos, una vez que se completa este año entra a una fase de alimentación para engorde por los últimos 45 días donde se les da 50% de purina especial que contiene maíz, tamo de arroz y palmiste y por otro lado un 50% de Sal Somex hasta completar aproximadamente los dos años o dos años y medio, de ahí en adelante el animal bovino tiene un peso entre los 500 a 580 kilos, sin embargo, si la genética del animal es buena, podría alcanzar entre los 580 a 600 kilos. Finalmente, los animales son apartados por grupos de 14 bovinos en lotes para ser transportados a la ciudad. En la finca se manejan alrededor de 450 cabezas de ganado.

Con la información recolectada anteriormente, se puede observar que la práctica que se lleva a cabo en el lugar de estudio es convencional y se relaciona con el sistema de pastoreo extensivo mejorado, donde las técnicas se enfocan a incrementar la productividad de los animales y la tierra. Sin embargo, la base de este proceso sigue siendo el pastoreo, donde se hace un ciclo completo, el cual se centra en la adquisición de los becerros desde el séptimo u octavo mes, seguido a este, hacen el procedimiento de levante que es la etapa más rentable debido a que las exigencias de alimentación son mínimas y logran

alcanzar el peso deseado en menor tiempo y con menor esfuerzo, por último, entran a una etapa de ceba de modo que en esta fase se define el peso final del animal para ser enviados al punto de sacrificio, No obstante, como lo expone Fonseca (2016) el proceso productivo para engorde necesita pasturas y concentrados de alta categoría debido a que el consumidor demanda carne más tiernas y de mejor calidad, lo que hace necesario el suministros de pasturas mejoradas y suplementación nutricional de buena clase durante la etapa final, Por otro lado, el número de bovinos por hectárea se encuentra en el rango óptimo como lo indica FEDEGAN (2020) en su documento “Número de vacas por hectárea se duplica en fincas tecnificada” donde se maneja entre 1.5 y 2 cabezas de ganado variando de acuerdo a la zona y las lluvias.

Se puede observar en la *Tabla 4* los costos actuales de la finca, estos costos de operación y mantenimiento fueron calculados mediante la información que se obtuvo en la entrevista con el propietario. El valor económico del animal varía dependiendo de su peso, en este caso se tomó como promedio un becerro de 220 kilos para la iniciación de la compra a los 8 meses, donde 1 kilo equivale a \$5,000 COP, seguido a este, en la mayoría de los casos se hizo un promedio de los valores ofrecidos por el dueño con el fin de tener un estimado de los costos como se puede ver en el Anexo C, finalmente se realizaron las operaciones necesarias para tener el total del gasto actual durante el proceso productivo ganadero llegando a la conclusión de que actualmente el costo de la inversión por cabeza de ganado es de \$1.890.295 COP en un periodo de tiempo de dos años.

Por otro lado, al momento de vender el bovino, el coste del kilo está alrededor de \$5,200 COP lo que se multiplicó con el peso promedio del animal en la etapa final que son 590 kilos, dando un valor de \$3.068.000 COP, con una ganancia total de \$1.177.705 COP por cabeza de ganado al terminar el proceso productivo.

Tabla 4. Costos actuales de la finca por 2 años

Costos x Animal	Costo Operación	Costo Mantenimiento	
Cabezas Ga. 8 meses	\$ 1.100.000,00	\$ -	
Pastos 22 meses	\$ 550.000,00	\$ -	
Pastos Ulti. 2 meses	\$ 260,00	\$ -	
Transporte	\$ 64.285,71	\$ -	
Trabajadores	\$ 1.066,67	\$ 156.905,12	
Limpieza	\$ -	\$ 17.777,78	
Total	\$ 1.715.612,38	\$ 174.682,90	\$ 1.890.295,28

Fuente: (Autor,2020)

Como lo presenta García (2019) en su artículo “Los factores que definen la rentabilidad ganadera” la ganadería bovina tiene un solo objetivo productivo, transformar forraje en proteína de alta calidad biológica, en otras palabras, carne. Con lo anterior, para tener una buena rentabilidad es necesario producir la mayor cantidad de kg de carne al menor costo posible, como se puede ver en los cálculos del Anexo C, las ganancias que deja la actividad ganadera en la Finca La Décima están alrededor de \$529.967.250 COP con un periodo de tiempo de dos años, lo que puede ser tomado como altamente rentable esto debido a que el valor de mantenimiento de la tierra es bajo y se pueden equilibrar los costos al momento de acelerar la salida de los animales donde se invierte más dinero en los últimos kg del

bovino a través de la suplementación estratégica. No obstante, en la fase de ceba cuanto más alto sea el peso medio de los novillos, la necesidad de mantenimiento será mayor (García, 2019).

Con respecto a las demás preguntas realizadas, la asistencia técnica es contratada por el propietario y los temas aportados por éste no van a profundidad en relación a el proceso productivo ganadero. Entre los nombrados está el veterinario que se encarga de la salud del animal y, por otro lado, la persona encargada de la vacunación del hato ganadero. Como se puede ver, la información aportada por las entidades no es suficiente, ya que la capacitación es un proceso fundamental para el desarrollo sostenible de la ganadería donde permiten mejorar aspectos importantes como la parte ambiental, asociativa, tecnológica, empresarial, sanitaria y, además, productiva y nutricional. Asimismo, la asistencia técnica es el servicio que presta una entidad a los productores agropecuarios con el objeto de ayudarlos a mejorar su calidad de vida, nivel de ingresos y generar así una mayor proyección (Fonseca, La importancia de la asistencia técnica integral en predios ganaderos, 2016). De esta manera, se puede analizar que el conocimiento que presentan las personas encargadas en la finca es baja en cuanto a los temas nombrados anteriormente debido a que existen nuevas formas de mejorar el sistema productivo ganadero evitando así seguir con las prácticas convencionales

Sin embargo, Fonseca (2016) cita en su artículo que existe un gran déficit en el país en cuanto a estos temas en el sector agropecuario, iniciando por el aspecto de la alimentación animal y la importancia de tener pasturas con mejor cobertura, además de la necesidad de ser manejadas de una mejor forma para conectar la energía del sol a los animales a través del forraje, por otra parte, resalta que la asociación entre agua-pradera-árbol-ganado es completamente sinérgica y ayuda a equilibrar el ecosistema, afrontando el cambio climático y por último, destaca que la clave para una ganadería rentable, moderna y competitiva está en la aplicaciones de nuevas tecnologías.

Para finalizar con el diagnóstico del lugar de estudio, en las entrevistas se realizó una pregunta enfocada a la educación ambiental, la cual consistía en seleccionar los conceptos sobre los que tuviera algún conocimiento y luego sacar el porcentaje de los temas conocidos sobre la cantidad de temas totales, como se puede ver en la *Tabla 5*. Seguido a este los resultados fueron comparados con los rangos propuestos en el documento con la intención de estimar el nivel de conocimiento frente a los temas por parte del propietario y los encargados donde se pudo analizar que es bajo puesto que el Encargado N.1 fue el que mayor porcentaje obtuvo con el 38%, el propietario obtuvo el 13% y por último el Encargado N.2 con un 0%.

Tabla 5. % Conocimiento de Temas

	Propietario	Encargado N.1	Encargado N.2
Huella de Carbono	-	X	-
Ganadería Sostenible	-	-	-
Calentamiento Global	-	X	-
Rotación de Potreros	X	-	-
Sistemas Silvopastoriles	-	-	-
Asociación de Pastos	-	-	-
0			
GEI	-	-	-

Alto	88% - 100%
Medio	63% - 88%
Bajo	0% - 63%

	Propietario	Encargado N.1	Encargado N.2
Deforestación	-	X	-
#TemasConocidos	1	3	0
% de #TC/TT	13%	38%	0%
%Total del Grupo		17%	

Fuente: (Autor,2020).

A partir de lo anterior, se puede ver que la educación ambiental es mínima y del mismo modo se ve relacionado a la débil asistencia técnica que presenta el lugar. No obstante, el Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible toma la iniciativa para brindar una mejora en la producción del negocio ganadero sin dejar de lado el ambiente y aportando beneficios como pago por servicios ambientales en la cual el ganadero recibe una asistencia técnica del proyecto para que pueda implementar prácticas de ganadería sostenible, además, por los cambios realizados en el uso de la tierra recibirá PSA hasta de \$22.750.000 COP (FEDEGAN, Ganadería Colombiana Sostenible, 2012). Es importante destacar, que con estos proyectos los ganaderos tienen la iniciativa para empezar a emplear tecnologías ambientales y del mismo aumentar su nivel de Educación Ambiental.

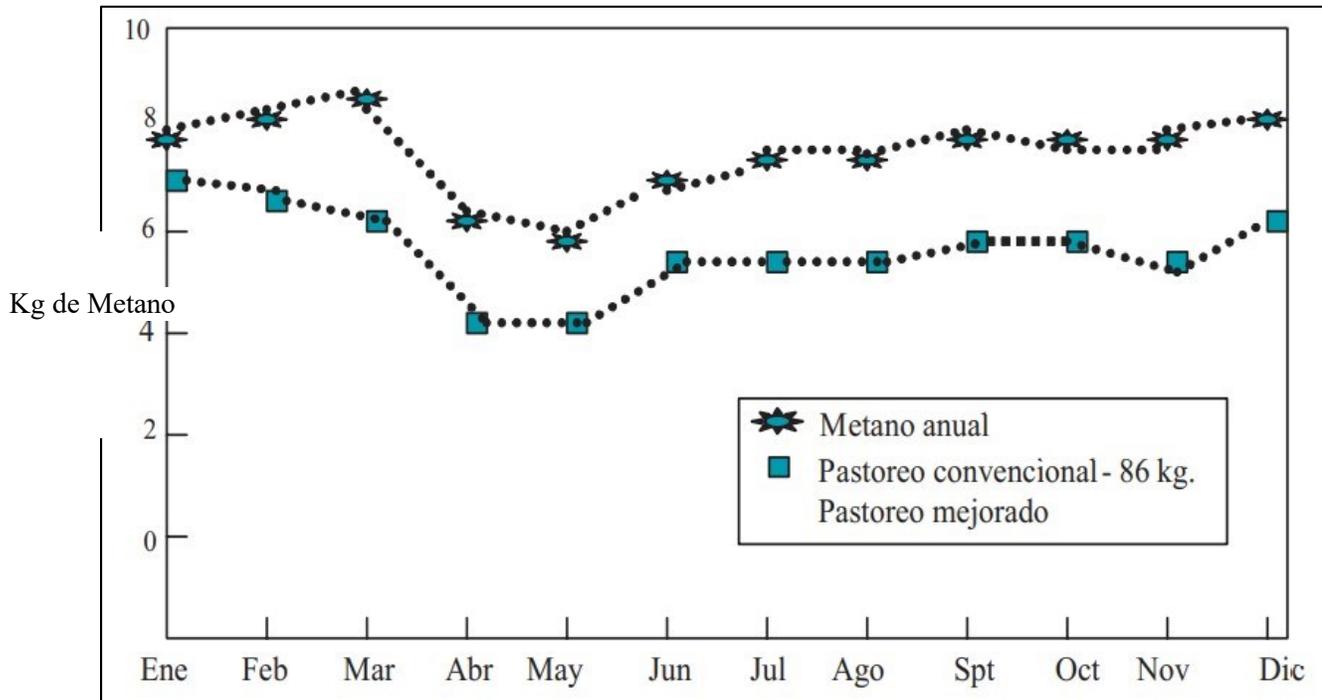
10.2 Segundo objetivo: Identificación de procesos críticos ganaderos

El sistema digestivo del bovino es particular debido a su capacidad de aprovechar y convertir el material fibroso con altos contenidos de carbohidratos estructurales en alimentos de calidad nutritiva como lo es la carne (Carmona, Bolívar, & Giraldo, 2005). No obstante, como se ha mencionado en el presente documento, este mismo animal produce altas emisiones de gases de efecto invernadero como el metano, el dióxido de carbono y óxido nitroso.

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los procesos críticos que se identifica en el proceso productivo ganadero en la finca La Décima, es la emisión de gas metano por el proceso digestivo del animal, el cual sucede bajo condiciones anaeróbicas donde están relacionadas distintas bacterias, el proceso interno que tienen estas bacterias es la degradación de la celulosa ingerida a glucosa y seguido a este se fermentan después a ácido acético reduciendo el dióxido de carbono y formando metano. De esta manera, la emisión de metano es la representación de energía alimenticia que se transforma en forma de gas sin ser aprovechada por el bovino (Montenegro & Abarca, 2000).

Las emisiones de metano dependen de distintas variables como la alimentación, el peso y la edad. Del mismo modo, cuando se presenta un pastoreo continuo con una escasa disponibilidad forrajera y además de baja calidad nutricional emite una alta cantidad de CH₄ como se puede ver en la *Figura 10*. Del mismo modo, como lo expone Carmona, Bolívar, & Giraldo (2005), los datos más bajos que se muestran, corresponden a prácticas de pastoreo mejorado, con la implementación de tecnologías ambientales como lo es el pastoreo rotacional, fertilización, y disponibilidad de forraje.

Figura 10. Proyección de emisiones de metano en ganado bovino en sistemas de pastoreo convencional



Fuente: (Carmona, Bolívar, & Giraldo, 2005)

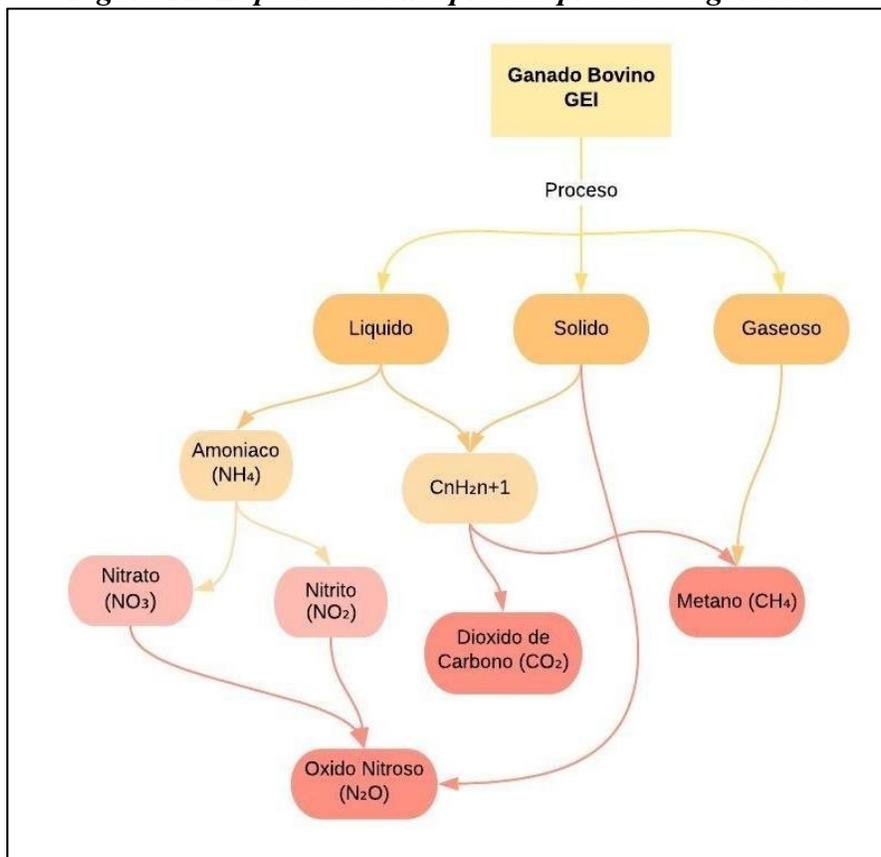
Por otro lado, este gas de efecto invernadero no se encuentra únicamente en la fermentación entérica, también se puede encontrar en la gestión del estiércol del animal lo que se vuelve un punto crítico ya que en el lugar de estudio las heces se quedan en el suelo sin tener en cuenta una sobrecarga de nutrientes. No obstante, Pinos, García, Peña, Rendón, & González (2012). Citan algunos autores los cuales argumentan que la aplicación de estiércol en tierras de cultivo aporta un beneficio al ámbito ecológico ya que el nitrógeno del estiércol se encuentra en forma de amoníaco y las plantas lo toman como un nutriente. Además de que las heces fecales tienen distintas cualidades como la retención de agua, el intercambio catiónico y la reducción de erosión.

Por el contrario, The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) indica que los nutrientes de importancia si son el nitrógeno y fósforo, sin embargo, es necesario conocer sus concentraciones porque el método de la fertilización, la velocidad de descomposición y sus posibles factores de riesgo como contaminantes, dependerán de ellos (IPCC, 2006). Adicionalmente, el suelo puede ser gravemente afectado por el estiércol si tiene altas concentraciones de nutrientes, microorganismos patógenos, antibióticos, entre otros compuestos, los cuales pueden ocasionar infiltración por escurrimiento y lixiviación en aguas superficiales y subterráneas, también la acumulación de heces en el área puede causar intoxicación en el ganado que lo consuma debido a los nitratos y nitritos (Pinos, Garcia, Peña, Rendon, & González, 2012).

Entre otros contaminantes liberados de excreción bovina se encuentra el óxido nitroso que también hace parte de los GEI, con base al documento de la CAR (2013), este gas es 298 veces más potente que el dióxido de carbono, cabe señalar que el estiércol aporta aproximadamente el 25% de las emisiones antropogénicas de óxido nitroso el cual se forma mediante el proceso de nitrificación y desnitrificación.

Finalmente, la última actividad crítica en el proceso productivo es la orina del animal bovino puesto que al momento de que la orina del animal cae en una tierra degradada tiende a liberar mayor cantidad de óxido nitroso. Sin embargo, diferentes estudios han demostrado que estas emisiones de N_2O se pueden reducir significativamente a través de pasturas saludables para la producción (ELESPECTADOR, 2019).

Figura 11. Esquema sistema proceso productivo ganadero



Fuente: (Autor,2020)

Las actividades críticas que están relacionadas con el aumento de la huella de carbono se encuentran especialmente en la fermentación entérica y en las excretas de estiércol y orina del animal bovino. Como se puede ver en la *Figura 11*, siempre existe una relación entre los gases que emiten estos componentes aportando al incremento de los GEI, sin embargo, si en la Finca La Décima se dejara de practicar la ganadería convencional e implementar nuevas tecnologías ambientales, se podría crear un balance de estos gases con el fin de disminuir el impacto al ambiente.

10.3 Tercer objetivo: Estimación huella de carbono

Para estimar la huella de carbono producida en la finca ganadera se tuvieron en cuenta las variables expuestas en el objetivo anterior, del mismo modo se hizo una revisión bibliográfica para conocer la potencialidad de las emisiones provenientes del hato ganadero derivadas de la fermentación entérica y las excretas del animal. Sin embargo, los datos de potencialidad varían dependiendo los autores y/o las

instituciones, no obstante, el rango de diferencia entre los valores no es cuantiosa. Para la construcción de la *Tabla 6* se tuvieron en cuenta tres documentos: “*El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo*” por Carmona, Bolívar, & Giraldo (2005), “*La ganadería amenaza el medio ambiente*” por la FAO (2006) y “*La guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial*” por la CAR (2013). Esto con el objeto de sacar un promedio entre los datos expuestos por cada autor.

Tabla 6. Potencialidad de gases de efecto invernadero

Gas de Efecto Invernadero (GEI)	Potencialidad de Calentamiento Global
Dióxido de Carbono	CO ₂ 1
Metano	CH ₄ 25
Óxido Nitroso	N ₂ O 296

Fuente: (Autor,2020)

Por otro lado, al momento de medir los gases de efecto invernadero es necesario tener las mismas unidades, en este caso, para obtener los datos en CO₂ se multiplican con los números de la columna de Potencialidad de Calentamiento Global de la *Tabla 6* de modo que se pueda establecer el factor de emisión del bovino. Con base a lo anterior, para el cálculo de la emisión de metano proveniente de la fermentación ruminal se tuvo en cuenta el factor de emisión establecido por la IPCC con un valor de 1,225 Kg CO₂ como se ve en la *Figura 12* lo que equivaldría a 49 Kg CH₄ por cabeza de ganado al año. Carmona, Bolívar, & Giraldo (2005) coincide con lo anterior al mencionar que, en los países en vías de desarrollo, las emisiones son aproximadamente de 55 Kg CH₄ / año por animal, lo que se acerca al valor presentado. Después de tener estos datos se aplicó la fórmula estipulada por la CAR (2013) con el fin de obtener el valor de emisión de GEI que es la carga ambiental por el factor de emisión.

La carga ambiental es igual al número de cabezas de ganado, en este caso equivale a 450 que es la cantidad de bovinos presentes en el lugar de estudio, este valor se multiplica por el factor de emisión expuesto en la imagen, lo que daría un total de 551,250 Kg CO₂ / año y teniendo en cuenta que el proceso productivo dura aproximadamente dos años, el gas emitido durante ese periodo de tiempo por la fermentación entérica está alrededor de 1,102,500 Kg CO₂.

Figura 12. Factores de emisión de fermentación entérica para hato ganadero

ACTIVIDAD AGROPECUARIA		FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /cabeza)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Fermentación Entérica	Ganado vacuno lechero	1,197	1,425
	Ganado vacuno no lechero	1,029	1,225
	Búfalos	1,155	1,375
	Ovejas	105	125
	Cabras	105	125
	Caballos	378	450
	Mulas y Asnos	210	250
	Cerdos	21	25

Fuente: (CAR, 2013)

Para conocer la cantidad de excretas producidas por el animal es necesario conocer el peso de este, no obstante, en el objetivo 1 se estipulo como peso promedio 590 Kg. Teniendo en cuenta esta información, se estima que la producción de excretas del bovino está alrededor del 8% de su peso vivo (Páez, Corredor, & Fonseca, 2018). Lo que daría un valor de 47,2 Kg de excretas de orina y heces fecales por día y se observa que al ser un sistema convencional de pastoreo el total de orina y estiércol se sitúa en las pasturas de la finca. Del mismo modo, varias instituciones han realizado diferentes estudios para determinar el factor de emisión que produce la gestión del estiércol para el hato ganadero, no obstante, se tomó de referencia el “Programa de estudios e investigación en energía, (2011)” como se ve en la Figura 13 donde tiene un valor de 1,12 Kg CH₄, multiplicado por la potencialidad de calentamiento global daría como resultado 28 Kg CO₂ por cabeza de ganado al año. Es preciso señalar que el término “estiércol” es utilizado de una manera colectiva por las instituciones para definir los factores de emisión de modo que incluye la parte sólida como lo son las heces fecales y líquidas como la orina del ganado.

Figura 13. Factores de emisión de gestión del estiércol para hato ganadero

Factores de emisión	Gestión del estiércol Frío <15°C	
	kg CH ₄ /cb -año	kg CO ₂ e/cb -año
Vacas lecheras	1,34	33,5
Vacunos de carne	1,12	28
Vaquillas	0,82	20,5
Terneros	0,50	12,5
Adultos carne	1,05	26,25
Jóvenes carne	0,68	17
Ovinos	0,10	2,5
Equinos	1,09	27,25

Fuente: (Programa de estudios e investigación en energía, 2011)

Con relación a lo anterior, para calcular las emisiones de metano resultantes de la gestión del estiércol en la finca La Décima se aplicó nuevamente la fórmula de carga ambiental por factor de emisión, lo que dio un valor de 12,600 Kg CO₂ por un año y para el periodo total de dos años corresponde a 25,200 Kg CO₂ derivados del ganado bovino.

Por otra parte, se tomó como referencia el documento de “*Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, (1996)*”. para hacer una estimación de las emisiones de N₂O procedentes de los sistemas de manejo del estiércol, seguido a este se aplicó la *Ecuación 1*, donde se multiplicó la cantidad del hato ganadero de la finca por el nitrógeno excretado del animal bovino que se muestra en la *Figura 14* y seguidamente por el factor de emisión señalada en la *Figura 15*, por último, se multiplica por la relación de conversión a fin de obtener las Emisiones de Óxido Nitroso procedentes del pastoreo del bovino, obteniendo como resultado 565,2 Kg N₂O por año, no obstante, multiplicado por el potencial de calentamiento global, nos da un total de 167,299 Kg CO₂ / año para las 450 cabezas de ganado.

Ecuación 1. Emisiones de N₂O del proceso productivo ganadero

$$N_2O = [\text{Cabezas de Ganado} * Nex * \text{Factor Emisión}] \quad 44/28$$

Fuente: (Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de Trabajo, 1996).

Figura 14. Valores de nitrógeno excretado por cabeza de animal (Kg/cb/año)

Región	Tipo de animal				
	Ganado no lechero	Ganado lechero	Aves de corral	Ovejas	Cerdos
América del Norte	70	100	0,6	16	20
Europa Occidental	70	100	0,6	20	20
Europa Oriental	50	70	0,6	16	20
Oceanía	60	80	0,6	20	16
América Latina	40	70	0,6	12	16
África	40	60	0,6	12	16
Cercano Oriente y Mediterráneo	50	70	0,6	12	16
Asia y Extremo Oriente	40	60	0,6	12	16

Fuente: (Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de Trabajo, 1996).

Figura 15. Factores de emisión de N₂O

SISTEMAS DE MANEJO DEL ESTIÉRCOL ^a	Factor de Emisión FE ₃
Lagunas anaeróbicas ^b	0,001 (<0,002)
Sistemas de tipo líquido ^b	0,001 (<0,001)
Abonado diario ^c	0,0 (no hay rango de valores)
Almacenamiento sólido y parcelas secas ^c	0,02 (0,005-0,03)
Praderas y pastizales (pastoreo) ^d	0,02 (0,005-0,03)
Utilizado como combustible ^e	No se incluye en este capítulo
Otros sistemas ^b	0,005

Fuente: (Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de Trabajo, 1996).

Tabla 7. Estimación huella de carbono por 1 año

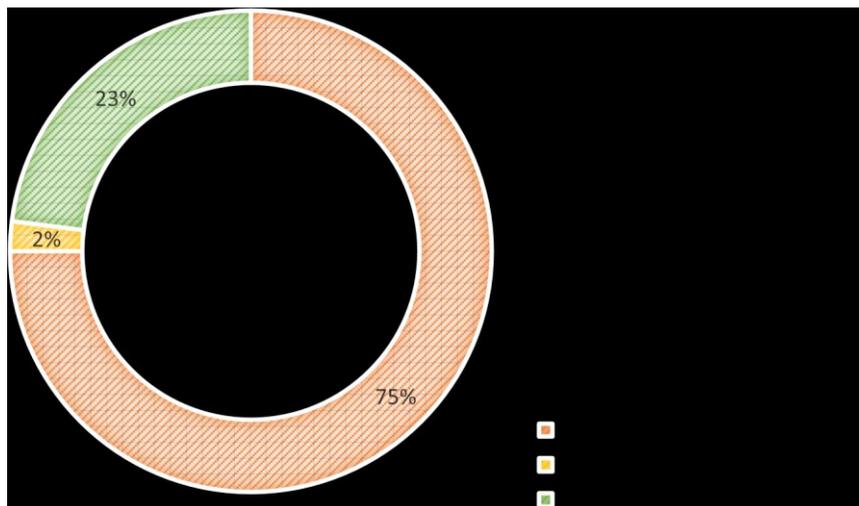
	KgCO ₂ /año del Ganado Bovino
Fermentación Entérica	551,250
Gestión del Estiércol	12,600
Sistemas de Manejo de Estiércol N ₂ O	167,299
Huella de Carbono	731,149

Fuente: (Autor,2020)

Para estimar la huella de carbono producida en el lugar de estudio derivada de la actividad ganadera, se sumaron los tres resultados obtenidos en el cálculo de gases de efecto invernadero a un año como se observa en la *Tabla 7*, sin embargo, para estimar el proceso productivo completo se multiplicó por dos, dando un resultado total de la huella de carbono de 1,462,298 Kg CO₂ por 2 años.

Teniendo en cuenta los resultados, la mayor cantidad de emisiones de metano producidas por el bovino se encuentran en la fermentación entérica al representar cerca del 98%. Por otro lado, las emisiones por el manejo de las excretas en los potreros representaron el 2%. Es preciso señalar que los datos obtenidos son similares a lo que expone Carmona, Bolívar, & Giraldo (2005), donde indica que cerca del 98% del total de metano producido por los rumiantes puede ser expirado a través de la boca y los orificios nasales. Por otra parte, Rivera, Chará, & Murgueitio (2015) de igual forma reportan en sus investigaciones, que la producción de CH₄ fue generada principalmente por la fermentación entérica durante la digestión de los alimentos, lo que representó cerca del 94% de las emisiones dentro de la zona de estudio, las emisiones por el manejo de excretas representaron el 5% y las emisiones directas el 1%, de igual forma, estos autores hicieron el mismo estudio en un lugar donde se emplean Sistemas Silvopastoriles y enfatizan que los porcentajes son análogos en cuanto a las proporciones que tienen los factores de emisión al contribuir a los gases de efecto invernadero, no obstante, entre los dos procesos productivos que estudiaron, se presenta una diferencia significativa en los gases emitidos.

Gráfica 1. Porcentaje de las emisiones estimadas



Fuente: (Autor,2020)

Finalmente, las estimaciones totales de CH₄ y N₂O del sistema productivo ganadero fueron de 731,149 Kg CO₂/año, para 450 animales bovinos. Con este dato, se puede decir que un animal produce 1,625 Kg CO₂ al año. Por otro lado, el 77% del total de las emisiones obtenidas corresponden al metano y el 23% a las emisiones de óxido nitroso como se puede ver en la *Gráfica 1*. Es importante señalar que, en el estudio realizado por Nieto, Guzmán & Steinaker (2014) sobre emisiones de gases de efecto invernadero, presenta resultados similares a los de la Finca La Décima, los valores porcentuales de las emisiones estimadas, el 76% pertenecen al CH₄ y el 24% al N₂O, del mismo modo, dentro de las emisiones de metano, la mayor parte son derivadas de la fermentación entérica y el restante a la gestión del estiércol.

10.4 Cuarto objetivo: Evaluación de tecnologías ambientales

Después de analizar la situación actual del proceso productivo ganadero en la Finca la Décima, es de gran importancia una propuesta tecnológica ambiental, la cual permita alcanzar una mejor productividad y sostenibilidad en el lugar de estudio, del mismo modo, generar una disminución en los impactos ambientales existentes debido al uso del sistema de pastoreo convencional y su relación con los GEI derivados de la actividad ganadera, cabe resaltar, que la función de las tecnologías ambientales no está enfocada únicamente en reducir la presión sobre los recursos naturales, sino contribuir al crecimiento económico y mejorar la calidad de vida, además de dar alternativas para mitigar, prevenir y compensar los problemas de deterioro ambiental provocados por el hombre.

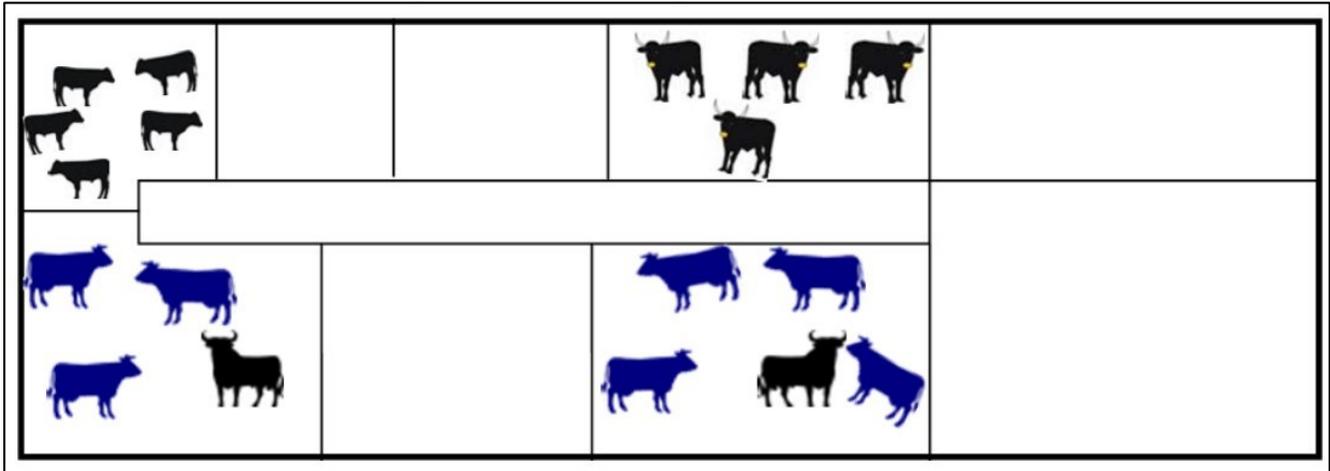
Con respecto a los resultados obtenidos anteriormente, se identificaron tres puntos críticos en el cual este estudio busca incidir: los gases emitidos por la fermentación entérica del animal bovino, la gestión del estiércol y los sistemas de manejo de estiércol los cuales se sitúan en las pasturas del área de estudio. De esta manera, esta propuesta se centrará en proponer alternativas para el desarrollo de Ganadería Sostenible y Buenas Prácticas Ganaderas (BPG), enfocadas en las variables ecológicas, sociales y económicas.

La Evaluación ambiental busca recolectar información para que quienes tomen las decisiones puedan hacer uso de esta herramienta a fin de entender los efectos ambientales potenciales de un proyecto o propuesta, antes de decidir si se lleva a cabo o no (Toro, Javier, & Zamorano, 2009). Del mismo modo, como se expuso anteriormente, esta evaluación busca garantizar la inclusión de las tres dimensiones en procesos de planificación y formulación de políticas, programas y planes. Por lo tanto, en este apartado se describirán las tecnologías ambientales apropiadas para la reducción de GEI en la finca La Décima.

El primer escenario alternativo planteado es el **uso de Sistema Rotacional (SR)**, como se observa en la *Figura 16*, ya que el lugar de estudio cuenta con la cantidad de lotes suficientes para implementar una rotación de potreros de tal forma que el tiempo de descanso entre dos pastoreos en cada potrero sea suficiente para que los pastos se recuperen y vuelvan a su estado óptimo nutricional, manteniendo en forma correcta la capacidad de carga para cada potrero (Uribe, Zuluaga, Valencia, & Murgueitio, 2011). Los beneficios que tiene esta tecnología ambiental es la disminución de pisoteo por el hato ganadero, la captación de carbono por el suelo y evitando de esta manera la compactación del suelo, facilitando la penetración del aire y aumentando la capacidad de infiltración del agua en el suelo. Como se explicaba anteriormente, el tiempo de descanso que existe entre cada pastoreo permite que la cobertura vegetal se recupere y sus raíces vuelvan a crecer, asimismo, cuando hay presencia de reservas nutricionales en las

raíces, ocurre un efecto rebrote de las leguminosas, gramíneas y arbustos forrajeros donde las raíces crecen con mayor grosor y profundizan más, disminuyendo la posibilidad de erosión del suelo.

Figura 16. Sistema de pastoreo Rotacional

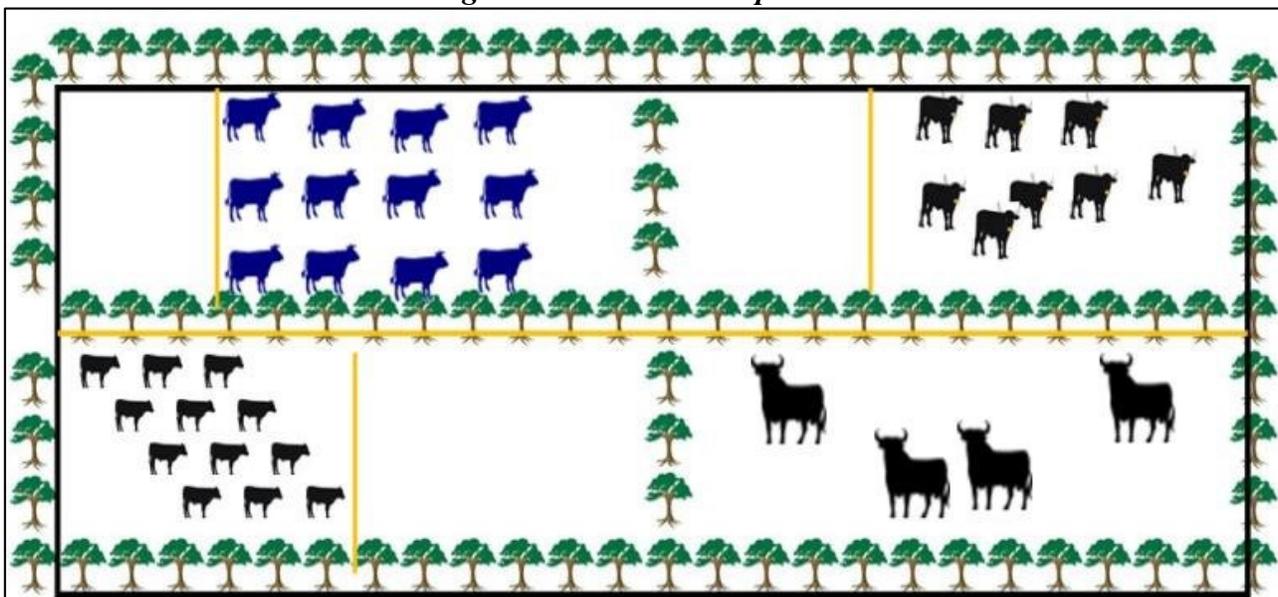


Fuente: (Ruíz, 2013)

Cabe resaltar, que una de las opciones para dividir los potreros son las cercas eléctricas debido a su bajo costo, sin embargo, se recomienda cambiar paulatinamente los postes de las cercas por cercos vivos a fin de evitar la sobre explotación de la tala de bosques. Del mismo modo, Giraldo (2008) en su estudio argumenta que la carga animal recomendada por hectárea es de 3 a 3.5 cabezas de ganado, además señala que, al implementar esta tecnología, la producción esperada por bovino se encuentra alrededor de los 700 a 1200 kg en su etapa final, entendiéndose de este modo, que la rentabilidad es superior comparado al sistema de pastoreo convencional. No obstante, teniendo en cuenta la entrevista realizado a García (Anexo D), argumenta que la capacidad de carga depende de la cantidad de forraje que exista en el potrero y de la división de las parcelas al momento de implementar el sistema, del mismo modo, explica que los costos de inversión para las características de la Finca la Décima, están alrededor de \$420.000 COP por hectárea, donde se pueden hacer 50 parcelas con uso de cerca eléctrica y postes. Lo que da un valor promedio de \$142.800.000 para 340 ha, sin la mano de obra.

Una tecnología ambiental implementada por distintas instituciones como FEDEGAN y CIPAV, tomada como segunda alternativa es el uso de **Sistemas Silvopastoriles (SSP)**, el cual es un instrumento de conservación de los recursos naturales y del mismo modo genera beneficios ambientales, debido a su objetivo enfocado en relacionar e incorporar distintas especies de árboles, arbustos o pastos en una zona específica como se observa en la *Figura 17*. Las características positivas que tiene esta tecnología es la eficiencia en producción de carne y por esto mismo una mayor rentabilidad, además de eso, proporciona reciclaje de nutrientes y conserva la fertilidad del suelo, asimismo, genera producción de madera y frutos, sirve como alimento para el animal bovino y le da sombra, por último, tiene mayor captura de CO₂ o por efecto sumidero de los bosques y lo retiene mediante la transformación en forrajes, madera y biomasa, lo que indica un impacto positivo para la disminución de GEI (Uribe, Zuluaga, Valencia, & Murgueitio, 2011). En los últimos años, el CIPAV y FEDEGAN, han promovido la implementación de los SSP, a fin de mejorar la productividad ganadera y recuperar pasturas degradadas, de este modo, los Sistemas Silvopastoriles con mayor predominancia son *Leucaena leucocephala* asociada con pastos y pasturas mejoradas de alta densidad, incrementando la producción de forraje (leguminosas) y su valor nutricional.

Figura 17. Sistema Silvopastoril

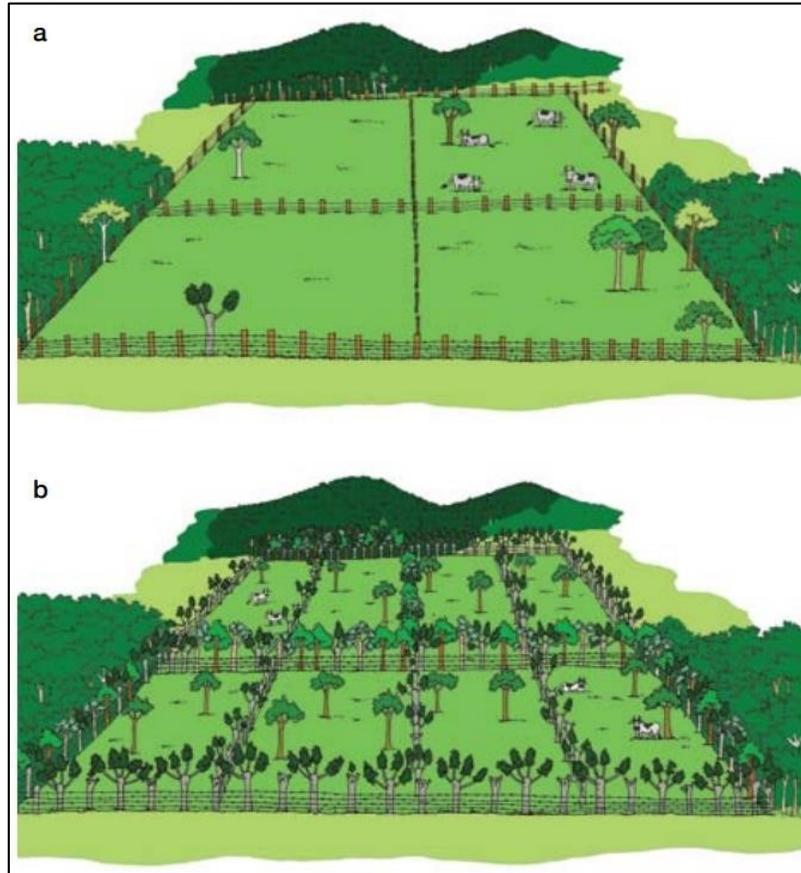


Fuente: (Ruíz, 2013)

Por otro lado, los **Sistemas Agrosilvopastoriles (SASP)**, una tercera alternativa, son una tecnología ambiental completa, ya que relaciona los componentes, agrícolas, forestales y pecuarios los cuales contribuyen al incremento de la competitividad ganadera. Asimismo, es posible establecer cultivos agrícolas entre las hileras de los árboles, con el objeto de fomentar un ingreso adicional al dueño de la finca. Sin embargo, los costos de implementación para este sistema son más elevados en comparación a los SSP (Tibocha, Melo, & Suárez, 2018). Del mismo modo, estos sistemas son una alternativa viable y sostenible tanto económica como ecológica a la ganadería extensiva que existe en el país.

Finalmente, las **cercas vivas y las barreras rompevientos** son un complemento para la Ganadería Sostenible y Buenas Prácticas Ganaderas, en cualquiera de las alternativas tecnológicas consideradas, ya que su uso está enfocado en la división de los potreros y en la delimitación de las fincas como se puede ver en la *Figura 18*; además de conservar especies nativas del territorio. En esta tecnología se emplean árboles acompañados de los alambres de púas o la cerca eléctrica y son de gran importancia al momento de conservar la biodiversidad, donde se encuentran hábitats para las aves, mamíferos e insectos, follaje, semillas y frutos para la alimentación del ganado, protección contra la intemperie y producción de madera (Uribe, Zuluaga, Valencia, & Murgueitio, 2011). Estas cercas vivas dan la oportunidad de estar conformadas por especies forestales, frutales o forrajeras, los cuales aportan ingresos adicionales al propietario de la finca, del mismo modo, las barreras rompevientos son similares a las cercas vivas, son sembradas linealmente a fin de quedar perpendicular al flujo de los vientos, esto disminuye el efecto negativo sobre los pastos y la salud del bovino.

Figura 18. Ejemplo de finca ganadera sin y con cercas vivas



Fuente: (Villanueva, Ibrahim, & Casasola, 2008)

Uno de los beneficios que tiene este complemento al proceso productivo ganadero es el aumento en la calidad de forraje e incrementa el bienestar del animal, reduciendo el estrés del bovino, asimismo, evita el enfriamiento y mejora la pérdida de calor cuando las temperaturas son altas. Por otro lado, los costos dependen del tipo de especie de árbol se quiere implementar, sin embargo, en la entrevista realizada a García (Anexo D), da un promedio del metro lineal equivalente a un valor de \$21,000 COP donde son 7 semillas. Teniendo en cuenta lo anterior, la mejor manera de implementar esta alternativa es paulatinamente, ya que, para cubrir el área completa, tendría un coste demasiado alto, superando los \$400.000.000 COP únicamente en semillas.

10.4.1 Proceso analítico jerárquico

Esta herramienta, propuesta por Osorio & Orejuela (2008) , nos permitirá seleccionar la mejor tecnología ambiental a través de una estructura jerárquica, la cual utiliza una escala de prioridades enfocada en la preferencia de un elemento sobre otro. A continuación, se mostrarán los pasos realizados con el objetivo de tomar una decisión frente a la posibilidad de implementar una o varias propuestas expuestas en el presente documento. Asimismo, los criterios establecidos para realizar la comparación son los costos por la inversión y mantenimiento a corto y mediano plazo; el impacto ambiental positivo que genera la implementación de la tecnología en las dimensiones ecológica, económica y social, y, por último, la funcionalidad que hace referencia a la efectividad de la tecnología frente a las condiciones del lugar de estudio.

10.4.2 Ponderación de criterios

Para estipular la ponderación a los criterios se tomó como referencia la escala de preferencias de Thomas L. Saaty modificada por Tibocho, Melo, & Suárez (2018).

Tabla 8. Escala calificación numérica

Calificación Numérica	Escala Verbal	Explicación
1	Igualmente importante	Los dos criterios contribuyen en igual medida al objetivo.
3	Moderadamente importante	Preferencia leve de un elemento sobre otro.
5	Fuertemente importante	Preferencia fuerte de un elemento sobre el otro.
7	Importancia muy fuerte	Mucha más preferencia de un elemento a otro.
9	Extremadamente importante	Preferencia absoluta de un elemento hacia otro.
2,4,6 y 8		Intermedio de los valores anteriores.

Fuente: (Tibocho, Melo, & Suárez, 2018).

Como se observa en la *Tabla 8*, hay una calificación numérica con un rango del 1 al 9, donde se define la importancia de cada elemento que se vaya a evaluar, del mismo modo, se encuentra la explicación de cada número con el fin de tomar el valor indicado al momento de aplicar la metodología analítica.

10.4.3 Matriz de comparación de criterios

Con el fin determinar la importancia de los criterios, se realizó una matriz de comparación como se puede ver en la *Tabla 9*. Los valores utilizados se obtuvieron mediante la escala de calificación numérica expuesta anteriormente, seguido a esto, se resolvió la matriz normalizada con el fin de tener el promedio ponderado y establecer el porcentaje de valor de cada criterio. Como resultado se obtuvo que el impacto ambiental tiene un valor del 57%, seguido el costo representa el 29% y finalmente, la funcionalidad un 14%.

Tabla 9. Matriz de comparación de criterios.

	Costo	Funcionabilidad	Impacto	Matriz Normalizada	Promedio		
Costo	1	3	0,33	0,23	0,42	0,2	0,29
Funcionalidad		1	0,33	0,08	0,14	0,2	0,14

	Costo Funcionabilidad Impacto			Matriz Normalizada			Promedio
Impacto	3	3	1	0,69	0,42	0,6	0,57
Total		7	1,66				1

Fuente: (Autor, 2020).

Para completar las matrices de comparación, se realizaron análisis por pares, en otras palabras, se compara cada una de las tecnologías frente a cada criterio como se presenta en la *Tabla 9*, en la cual, los valores 3 señalan que hay una preferencia leve de un elemento sobre otro. De igual forma, los valores con decimales corresponden a los inversos, donde 1 se divide con el número seleccionado teniendo en cuenta la calificación numérica, entendiendo de este modo que la comparación se hace en los dos sentidos, ej.: Costo vs Funcionabilidad y Funcionalidad vs Costo.

Luego de haber completado las comparaciones de los criterios, se continúa con la matriz normalizada, donde se divide cada término obtenido por la suma total de sus columnas, en el primer caso de costo-costo sería $1/4,33$, lo que daría un total de $0,23$; costo-funcionalidad es $3/7$ lo que equivale a $0,42$ y se terminaría esa fila con costo-impacto teniendo $0,33/1,66$ dando un total de $0,2$, se continúa de esta forma con todos los factores de la tabla, hasta completar todos los datos necesarios, para finalizar, se suma la fila de cada uno y se divide para obtener el promedio ponderado, que en el caso de costo dio un total de $0,29$.

Al tener los criterios con los valores promedios ponderados, se hizo la comparación de las tecnologías ambientales frente a los criterios que se van a evaluar: costo, funcionalidad, e impacto ambiental, como se puede observar de manera correspondiente desde la *Tabla 10* hasta la *Tabla 12*. De este modo, se logró definir cuál de las propuestas es la más adecuada para reducir la huella de carbono en el lugar de estudio teniendo en cuenta los impactos positivos en las dimensiones ambientales evaluadas y sus costos de inversión y mantenimiento.

Tabla 10. Comparación de alternativas tecnologías ambientales frente a criterio de costo

	Sistema de Rotación	Sistemas silvopastoriles	Sistemas Agrosilvopastoriles	Matriz Normalizada	Prom .
Sistema de Rotación	1	5	7	0,74 0,71 0,77	0,75
Sistemas Silvopastoriles	0,20	1	1	0,14 0,14 1	0,43
Sistemas Agrosilvopastoriles	0,14	1	1	0,10 0,14 0,11	0,12
Total	1,34	7	9		1

Fuente: (Autor, 2020).

Tabla 11. Comparación de tecnologías ambientales frente a criterio de funcionalidad

	Sistema de Rotación	Sistemas ilvopastoriles	Sistemas Agrosilvopastoriles	Matriz Normalizada	Prom.
Sistema de Rotación	1	1	3	0,54 0,33 0,42	0,44
Sistemas Silvopastoriles	0,50	1	3	0,27 0,33 0,42	0,34
Sistemas Agrosilvopastoriles	0,33	1	1	0,18 0,33 0,14	0,22
Total	1,83	3	7		1

Fuente: (Autor, 2020).

Tabla 12. Comparación de tecnologías ambientales frente a criterio de impactos ambientales

	Sistema de Rotación	Sistemas Silvopastoriles	Sistemas Agrosilvopastoriles	Matriz Normalizada	Prom.
Sistema de Rotación	1	0,33	3	0,23 0,14 0,60	0,32
Sistemas Silvopastoriles	3	1	1	0,69 0,43 0,20	0,44
Sistemas Agrosilvopastoriles	0,33	1	1	0,08 0,43 0,20	0,24
Total	4,33	2,33	5		1

Fuente: (Autor, 2020).

10.4.4 Priorización de alternativas

En el siguiente apartado, se hizo la priorización de las alternativas tecnologías ambientales con base a los resultados obtenidos en las matrices, como se observa en la *Ecuación 2* a la *Ecuación 4*:

Ecuación 2. Sistemas de Rotación

$$0,29 (0,75) + 0,14 (0,44) + 0,57 (0,32) = 0,46 \text{ Fuente:}$$

(Autor, 2020).

Ecuación 3. Sistemas Silvopastoriles

$$0,29 (0,43) + 0,14 (0,34) + 0,57 (0,44) = 0,42 \text{ Fuente:}$$

(Autor, 2020).

Ecuación 4. Sistemas Agrosilvopastoril

$$0,29 (0,12) + 0,14 (0,22) + 0,57 (0,24) = 0,20 \text{ Fuente:}$$

(Autor, 2020).

Con relación a los resultados obtenidos en la priorización de alternativas tecnologías ambientales, en la *Tabla 13* se puede observar que el Sistema de Rotación es la alternativa que presenta mayor porcentaje de preferencia, no obstante, el rango de diferencia al Sistema Silvopastoril es del 4%, asimismo, tomando como referencia la *Tabla 12* los SSP proporcionan un mejor impacto ambiental al área de estudio, esto debido a la integración de pastos, arbustos, árboles y oferta de agua en cada franja que es ocupada.

Tabla 13. Clasificación de método analítico jerárquico

Tecnologías Ambientales	Preferencia
Sistema de Rotación	46%
Sistema Silvopastoril	42%
Sistema Agrosilvopastoril	20%

Fuente: (Autores, 2020).

Teniendo en cuenta la información expuesta anteriormente, se puede decir, que es un sistema más completo desde el punto de vista ecológico. Por otro lado, con base a los costos de implementación y mantenimiento, tomaron un papel importante al momento de evaluar los criterios, esto debido a que el Sistema de Rotación es más asequible. Los materiales y métodos usados por este método, son menores en comparación de las otras propuestas dando de esta forma la oportunidad de empezar a mejorar las prácticas ganaderas en la Finca La Décima, de igual forma, la idea de emplear ganadería sostenible y buenas prácticas ganaderas, es que se vaya aumentando paulatinamente la cantidad de árboles nativos en el área de estudio, así como el uso de cercas vivas.

Entre los objetivos de la Ganadería Sostenible, se encuentra la mejora de pasturas y forrajes preferiblemente asociada con leguminosas rastreras. Una cobertura adecuada disminuye las emisiones de N₂O derivadas de la orina del animal, la cual se deposita en las zonas de pastoreo. Según el artículo del (ELESPECTADOR, 2019), cuando las excretas caen en tierra degradada, libera más óxido nitroso, sin embargo, pueden reducirse significativamente mediante pasturas saludables para la producción pecuaria. Cabe señalar, que los suelos de producción pecuaria en estado degradado se caracterizan por el sobrepastoreo, compactación del suelo, la pérdida de material orgánico y bajos niveles de nutrientes y carbono en el suelo y del mismo modo argumenta que la reparación de los suelos con pastos forrajeros mejorados, pastoreo rotacional y la adición de árboles dan lugar a mitigación de los efectos negativos del clima provenientes del mal uso del recurso suelo, del mismo modo, ayuda a la disminución de las emisiones de N₂O, suelos más saludables y ganado más productivo con el fin de obtener captura de CO₂ y mejorando la productividad de la actividad. Según Brown y Lugo (1992), el bosque tropical húmedo como lo es el del Piedemonte de la Orinoquia en donde está ubicada la Finca La Décima, como bosque secundario, producto de las plantaciones a realizar almacenaría 25 toneladas de carbono por hectárea al año: 25tn/ha-año lo que equivaldría a 25000 Kg CO₂/ha-año, teniendo que la finca cuenta con 340

hectáreas aproximadamente para la actividad ganadera, sería una estimación total de 8,500,000 Kg CO₂/ha-año capturado por parte de la vegetación de la finca.

Por otro lado, es importante mencionar que una mejor fertilización nitrogenada, más ecológica y más sostenible, se obtiene mediante la introducción de leguminosas fijadoras de nitrógeno, la FAO en su documento “Captura de Carbono en los Suelos para un mejor manejo de la tierra (2002)”. Argumenta que una solución para tener unas pasturas eficientes es la modificación de la calidad de pastoreo como lo son las leguminosas, siendo una especie más productiva, con sistemas radicales más profundos, resistentes a la degradación de las pasturas, además del incremento en buena medida de la captura de carbono, debido a que las pasturas pueden almacenar altas cantidades de carbono en forma estable, asimismo, el incremento del rendimiento podría duplicar la producción (FAO, Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra, 2002).

Carmona, Bolívar & Giraldo (2005) reportan en sus investigaciones que las diferentes alternativas involucradas en el manejo de pasturas y en la suplementación a la dieta forrajera deben incluir parámetros fermentativos, con el objetivo de tener mejores parámetros productivos simultáneos con menores emisiones de metano, con base a lo anterior, las propuestas planteadas anteriormente de los Sistemas de Rotación, Sistema Silvopastoril y Sistema Agrosilvopastoril, tienen la característica de mejorar la dieta por lo tanto a la reducción de este GEI. Asimismo, estas tecnologías se transforman en propuestas relevantes desde el punto de vista del incremento de nutrientes disponibles para el hato ganadero, generando mejoría en la fermentación ruminal y eficiencia en el uso de los nutrientes.

Finalmente, las tecnologías ambientales propuestas para el área de estudio, tienen fines similares, en cuanto a la mejora y conservación de los suelos, incremento de productividad económica y sostenible para la actividad ganadera, promover las buenas prácticas ganaderas y la disminución de GEI que atribuyen al incremento de la huella de carbono que es el objetivo del presente estudio, para esto es necesario hacer estudios de mayor profundidad, teniendo en cuenta, las características meteorológicas y climáticas; las características taxonómicas del suelo; la vocación y uso del suelo; 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.

11. Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones relacionadas con cada objetivo específico y con el objetivo general del trabajo Objetivo No 1.

- Para el desarrollo de la propuesta tecnológica ambiental en la finca La Décima, se hizo un diagnóstico actual del área de estudio con el fin de conocer características importantes del lugar, se inicia con el tipo de cobertura vegetal que en su predominancia se encuentran la composición de pastos, cubriendo aproximadamente el 87% del territorio con base a los datos presentados por el IDEAM, por otro lado, en cuanto a los usos principales de la finca el 47 % está relacionado con el pastoreo continuo, del mismo modo, el 28% se le atribuye la protección y producción en el lugar y los valores restantes a usos forestales o áreas prioritarias de conservación.
- A consecuencia de las prácticas de ganadería convencional, la sobreutilización moderada es la que presenta mayor incidencia en los conflictos de uso del suelo, con un valor del 36%, de igual forma, los análisis de Índice Normalizado de Vegetación indicaron la presencia de suelo desnudo y vegetación muerta en el área delimitada, lo que significa posibles procesos erosivos activos. Cabe resaltar, que los conflictos del suelo, son el resultado de la diferencia entre el uso que le da el hombre al medio natural y el uso que debería tener relacionado a su potencialidad, sin embargo, la oferta ambiental refleja que el 65% del territorio es apto para la producción, dando la oportunidad de implementar una tecnología ambiental correcta para el aprovechamiento del recurso suelo.
- De acuerdo con las entrevistas realizadas al personal de la finca, el proceso productivo ganadero, cuenta con 450 animales bovinos y la capacidad de carga por hectárea está alrededor de 1,5 a 2 cabezas de ganado, además, el tiempo de duración de este proceso está entre los dos años a dos años y medio, teniendo como resultado un animal de 590 Kg, donde las características del terreno señalan el uso de sistema de pastoreo convencional.
- Los costos actuales de operación y mantenimiento para esta actividad están alrededor de \$1,890,295 COP por cabeza de ganado en un periodo de tiempo de dos años, del mismo modo, las ganancias obtenidas aproximadamente por este proceso productivo son de \$529,967,250 COP para todo el hato ganadero, lo que indica su alta tasa de rentabilidad. Sin embargo, desde la dimensión social, el bajo nivel de educación ambiental se ve reflejado en las entrevistas realizadas, esto relacionado con la mínima asistencia técnica presente en el lugar.

Objetivos 2

- Entre las actividades críticas identificadas en el proceso productivo ganadero en el lugar de estudio, se encuentra la fermentación entérica resaltada por su alto aporte a la huella de carbono con un total de 551,250 KgCO₂, seguido a este, se encuentra el sistema de manejo de estiércol con un valor de 167,299 KgCO₂ y finalmente, la gestión del estiércol con una contribución del 12,600 KgCO₂, siendo estos los datos del hato ganadero en un periodo de un año.

Objetivo 3

- La estimación total de la huella de carbono, para lo cual se consideraron los GEI: CO₂, CH₄, N₂O considerados como carbono equivalente en términos del CO₂, en la finca La Décima fue de

731,149 KgCO₂, distribuidos en 77% corresponde al CH₄ y el 23% al N₂O. donde el metano generado por la fermentación entérica es la mayor contribución. Objetivo 4

- Los Sistemas Silvopastoriles (SSP), Rotacionales (SR) y Agrosilvopastoriles (SASP) son las tecnologías ambientales propuestas en el presente documento, debido a sus beneficios aportados a las dimensiones ambientales, iniciando con recuperación de la cobertura vegetal y captación de carbono. Asimismo, la productividad se ve incrementada ya que la capacidad de carga animal recomendada es de 3 a 3,5 cabezas de ganado por hectárea, además, el peso final del animal bovino está entre 700 a 1200 Kg aumentando las ganancias, comparada al sistema de pastoreo convencional. No obstante, las inversiones de estas tecnologías que aparentemente presentan altos valores costos con un valor oscilante entre \$142,800.000 a \$400,000,000 sin contar la mano de obra.
- El Sistema Rotacional presentó un porcentaje del 46% en el proceso de análisis jerárquico (AHP), con base a los criterios escogidos, refiriéndose de esta manera como la tecnología más apropiada para implementar en la finca, sin embargo, se observó que los SSP tienen un valor mayor en la matriz de impactos positivos entendiéndose que esta tecnología al ser doble propósito beneficia con mayor proporción el ámbito ecológico, no obstante, los costos de implementación son mayores al implementar árboles y arbustos en gran proporción.
- La estimación de carbono capturada por la finca La Décima, está alrededor de los 8,500 tn/haaño, lo que generaría un gran balance positivo en cuanto a las emisiones generadas frente a las emisiones capturadas del lugar de estudio.

En conclusión, estas propuestas de alternativas tecnológicas ambientales para hacer de la ganadería una Ganadería Sostenible con buenas prácticas ganaderas, ocupan un papel fundamental, debido a la asociación de pastos y forrajes que se presentan en cada una de ellas. Las leguminosas son de gran importancia en estos sistemas debido a su relación suelo, planta y animal, lo que mejora la eficiencia de aprovechamiento de nutrientes, como también la captación de CO₂ y la respuesta positiva del animal debido a la mejora en la dieta y asimismo disminuyendo los gases emitidos a la atmósfera.

Por otro lado, Manteniendo la misma producción de ganado, se liberaría aproximadamente la mitad de las hectáreas de la finca (170 ha), enriqueciendo las zonas de protección de los caños y unas zonas de bosque en la finca lo que contribuirían a la captación de los GEI y este trabajo de lugar a que sin que haya una disminución de la productividad ganadera, el gobierno establezca una obligación de utilizar estas tecnologías ambientales, lo que disminuirá la presión de la ganadería sobre el medio natural.

12. Recomendaciones

Con el fin de mejorar los resultados obtenidos, se sugiere buscar más a fondo temas relacionados con costos de inversión, puesto que, son tecnologías ambientales poco comunes en el país y los datos son mínimos, asimismo, para obtener una estimación de la huella de carbono más exacta sobre el ciclo de vida del bovino en el proceso productivo ganadero, se recomienda tener en cuenta el transporte, el consumo de energía fósil y las máquinas usadas para la Finca La Décima.

Por otro lado, para darle continuidad al presente trabajo se propone la implementación de la tecnología ambiental escogida para la Finca La Décima, enfocada en hacer un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), donde realice una descripción detallada del proyecto, enfatizando las actividades que implican riesgos o

que generen impactos, del mismo modo, profundizar en el marco normativo y hacer el plan de manejo correspondiente.

De igual manera, se puede hacer uso de la información expuesta en el documento para hacer estudios relacionados a la huella de carbono y Ganadería sostenible para el piedemonte de la Orinoquia Colombiana, sin embargo, si se desea hacer el estudio en otra región del país, es necesario tener en cuenta lo mencionado anteriormente sobre las características meteorológicas y climáticas; las características taxonómicas del suelo; la vocación y uso del suelo; los costos de inversión y mantenimiento; el proceso productivo ganadero actual; la educación ambiental del área de estudio y conocer los puntos críticos de cada sistema, esto con el fin de implementar la tecnología más apropiada para el área escogida.

Finalmente, se recomienda estudiar el efecto sumidero de los gases de efecto invernadero y de la cobertura vegetal recomendada, así como los servicios ecosistémicos de esta.

Bibliografía

- ABC. (2012). *¿Cuál es la importancia de la capacidad de carga animal en una finca?* Obtenido de <http://abc.finkeros.com/cual-es-la-importancia-de-la-capacidad-de-carga-animal-en-una-finca/>
- Alcaldía Municipal de Sabanalarga. (2019). *Municipio: Geografía*. Obtenido de <http://www.sabanalargacasanare.gov.co/municipio/geografia>
- Ausdal, V. (2009). *POTREROS, GANANCIAS Y PODER. UNA HISTORIA AMBIENTAL DE LA GANADERÍA EN COLOMBIA, 1850-1950*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012116172009000400008&lng=en&tlng=es.
- Avellaneda, A. (2008). *Evaluación de impacto ambiental: conceptos, metodologías y estudio de casos*.
- BSI. (2014). *Real Decreto 163/2014. Registro de huella de carbono y más*. Obtenido de <https://www.bsigroup.com/es-ES/Sobre-BSI/Area-de-medios/Notas-de-prensa/2014/april/RealDecreto-1632014-Registro-de-huella-de-carbono-compensacion-y-proyectos-de-absorcion-dedioxido-de-carbono/>
- Brown, S., & Lugo, A. (enero de 1992). *Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the brazilian amazon*. Obtenido de http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Other%20sideoutro%20lado/Brown%20&%20Lugo%20biomass/Brown%20and%20Lugo%201992Aboveground%20biomass%20estimates.pdf
- Buitrago, O. (2009). *Producción Animal Sostenible: Ganadería Sostenible*. Obtenido de <http://produccionanimalsostenible.blogspot.com/2009/04/produccion-animal-sostenible.html>
- CAR. (Junio de 2013). *GUÍA METODOLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA A NIVEL SECTORIAL*. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade1b0319769.pdf>
- Carmona, J., Bolívar, D., & Giraldo, L. (8 de febrero de 2005). *El gas metano en la producción ganadera*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a06.pdf>
- CIPAV. (s.f.). *Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. Obtenido de http://www.cipav.org.co/quienessomos/quienes_somos.html
- CONPES. (14 de Julio de 2011). *Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3700.pdf>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2002). *Zonificación de los conflictos de uso de las tierras del país*. Obtenido de [http://observatorio.unillanos.edu.co/portal/archivos/99Zon_conf_uso_tierra_\(cap.4%20Uso_conflic\).pdf](http://observatorio.unillanos.edu.co/portal/archivos/99Zon_conf_uso_tierra_(cap.4%20Uso_conflic).pdf)
- Corporinoquia. (2016). *Funciones de Corporinoquia*. Obtenido de <http://www.corporinoquia.gov.co/index.php/home/corporinoquia/91-funciones.html>

- Definición de Tecnologías Ambientales* . (8 de Febrero de 2012).
Obtenido de
https://www.eoi.es/wiki/index.php/Definici%C3%B3n_de_Tecnolog%C3%ADas_Ambientales_en_Tecnolog%C3%ADas_ambientales
- Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996: Libro de Trabajo.* (1996). Obtenido de
<https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/pfiles/spnch4-1.pdf>
- Ecoemprende. (2019). *Ganadería y desarrollo sostenible.* Obtenido de
<https://www.ecoemprende.com/ganaderia-sostenible/>
- ELESPECTADOR. (1 de febrero de 2019). *La orina de las vacas también contribuye al cambio climático.* Obtenido de <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/la-orina-de-lasvacas-tambien-contribuye-al-cambio-climatico-articulo-837353>
- FAO. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra.* Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-bl001s.pdf>
- FAO. (2006). *La ganadería amenaza el medio ambiente.* Obtenido de <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>
- FAO. (2018). *El desarrollo sostenible.* Obtenido de <http://www.fao.org/3/x5600s/x5600s05.htm>
- FAO. (2019). *El papel del sector agropecuario.* Obtenido de <http://www.fao.org/3/W7451S/W7451S02.htm>
- FEDEGAN. (2012). *Ganadería Colombiana Sostenible.* Obtenido de <https://www.fedegan.org.co/programas/ganaderia-colombiana-sostenible>
- FEDEGAN. (2020). *Número de vacas por hectárea se duplica en fincas tecnificadas.* Obtenido de <https://www.fedegan.org.co/noticias/numero-de-vacas-por-hectarea-se-duplica-en-fincastecnificadas>
- Fernández, E. (2018). *¿Qué es la ganadería extensiva?* Obtenido de <https://misanimales.com/que-es-laganaderia-extensiva/>
- Fonseca, P. (17 de Junio de 2016). *Informe: Así funcionan los ciclos productivos de las ganaderías.* Obtenido de Contextoganadero: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/informe-asi-funcionan-los-ciclos-productivos-de-las-ganaderias>
- Fonseca, P. (19 de Febrero de 2016). *La importancia de la asistencia técnica integral en predios ganaderos.* Obtenido de Contextoganadero: <https://www.contextoganadero.com/ganaderiasostenible/la-importancia-de-la-asistencia-tecnica-integral-en-predios-ganaderos>
- Fuentes, B. (19 de Agosto de 2019). *Metano y Humanos: El mito de las vacas están matando el planeta.* Obtenido de EL PAÍS: https://verne.elpais.com/verne/2019/08/14/articulo/1565772549_444060.html
- Garavito, J. (2017). *Clasificación de uso y cobertura del suelo corine land cover y elaboración de cartografía temática como sustentación a él plan general de ordenación forestal y la fase de*

diagnóstico de plan de ordenación de cuencas Rio Loro y Rio las Ceibas. Obtenido de file:///C:/Users/usuario/Downloads/GaravitoS%C3%A1nchezJes%C3%BAsDavid2017.pdf

- García, M. (17 de Febrero de 2019). *Los factores que definen la rentabilidad ganadera.* Obtenido de Contextoganadero: <https://www.contextoganadero.com/blog/los-factores-que-definen-larentabilidad-ganadera>
- Giraldo, D. (Diciembre de 2008). *Comparación financiera del pastoreo intensivo vs. el pastoreo continuo para novillos de engorde en el departamento de Córdoba en la costa norte colombiana.* Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/863/1/T2587.pdf>
- Grupocamaleon. (2017). *Sabanización.* Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/ecologia/sabanizacion>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación.* Obtenido de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%205ta%20Edicion.pdf
- IDEAM. (s.f.). *Información Geográfica de Datos Abiertos del IDEAM.* Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/capas-geo>
- IGAC. (2016). *El 15,9% de la Orinoquia tiene suelos aptos para soportar la presencia del ganado.* Obtenido de <https://igac.gov.co/es/noticias/el-159-de-la-orinoquia-tiene-suelos-aptos-para-soportar-la-presencia-del-ganado>
- IGAC. (s.f.). *GEOPORTAL: Datos abiertos Agrología.* Obtenido de <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.* Obtenido de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- ISO. (2011). *ISO 14066:2011: Gases de efecto invernadero.* Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14066:ed-1:v1:es>
- ISO. (2013). *ISO/TR 14069:2013: Gases de efecto invernadero.* Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:es>
- ISO. (2013). *Gases de efecto invernadero.* Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14065:ed2:v1:es>
- ISO. (2018). *ISO 14064-1:2018: Gases de efecto invernadero.* Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:en>
- ISO. (2018). *ISO 14067:2018: Gases de efecto invernadero.* Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:es>
- ISO. (2019). *ISO 14064-2:2019: Gases de efecto invernadero.* Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-2:ed-2:v1:es>
- ISO. (2019). *ISO 14064-3:2019: Gases de efecto invernadero.* Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-3:ed-2:v1:es>
- Leyva, P. (Agosto de 2001). *EL MEDIO AMBIENTE EN COLOMBIA.* Obtenido de

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/preliminares.pdf>

Lourdes, C. (Diciembre de 2009). *Estudios de caso sobre la evaluación de la degradación de los bosques*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/k8593s/k8593s00.pdf>

Mahecha, L. (4 de abril de 2002). *Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/45161126_Situacion_actual_de_la_ganaderia_de_carne_en_Colombia_y_alternativas_para_impulsar_su_competitividad_y_sostenibilidad

Mejía, M. (1985). *SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA ORINOQUIA COLOMBIANA*. Obtenido de http://bdigital.unal.edu.co/7498/1/SISTEMAS_DE_PRODUCCI%C3%93N_en_la_orinoquia_colombiana.pdf

MinEducación. (2015). *Sistemas de Información Geográfico del Sector Educativo*. Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-190610.html>

Ministerio de Agricultura. (2020). *Minagricultura*. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/paginas/default.aspx>

Miniterior. (22 de Diciembre de 2017). *Ley 99 de 1993*. Obtenido de <https://www.mininterior.gov.co/lainstitucion/normatividad/ley-99-de-1993>

Montenegro, J., & Abarca, S. (2000). *Fijación de Fijación de Carbono, Emisión de Metano y de Oxido Nitroso en Sistemas de Producción Bovina en Costa Rica*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x6366s10.htm>

Municipios de Colombia. (2018). *EL MUNICIPIO DE SABANALARGA*. Obtenido de <https://www.municipio.com.co/municipio-sabanalarga-cas.html>

Murgueitio, E. (1999). *Sistemas Agroforestales para la Producción*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x6366s13.htm>

Murgueitio, E. (2003). *Impacto ambiental de la ganadería en Colombia y alternativas de solución*. Obtenido de CIPAV: <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd15/10/murg1510.htm>

Murgueitio, E., & Ibrahim, M. (2003). *GANADERÍA Y MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de CIPAV: <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2020/02/GANADERIA-Y-MEDIO-AMBIENTEEN-AMERICA-LATINA.pdf>

Murgueitio, E., Galindo, W., Chará, J., & Uribe, F. (2016). *Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastoriles Intensivos con Leucaena*. Obtenido de <http://www.cipav.org.co/emssil/SSPiLeucaena.pdf>

Naturlii. (23 de junio de 2019). *Qué Es La Huella De Carbono Y Cómo Puedes Calcular La Tuya*. Obtenido de <http://www.naturlii.com/que-es-la-huella-de-carbono-y-como-puedes-calcular-latuya/#comments>

Navarro, J. (Agosto de 2016). *Definición de Diario de Campo*. Obtenido de Definición ABC: <https://www.definicionabc.com/historia/diario-campo.php>

Nieto, M., Guzmán, M., & Steinaker, D. (19 de Marzo de 2014). *Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina*.

- Obtenido de http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/21_17_01_Emisiones_de_gases_de_efecto_invernadero.pdf
- Osorio, C., & Orejuela, J. (Septiembre de 2008). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación.* Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/Downloads/3217-2381-1-PB.pdf>
- Paez, E., Corredor, E., & Fonseca, J. (2018). *La huella hídrica y la huella de carbono: herramientas para estimar el impacto de la ganadería bovina.* Obtenido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/pensamiento_accion/article/view/8617/7180
- Paez, E., Corredor, S., & Fonseca, J. (21 de febrero de 2018). *La huella hídrica y la huella de carbono: herramientas para estimar el impacto de la ganadería bovina.* Obtenido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/pensamiento_accion/article/view/8617/7180
- Peñuela, L., & Fernandez, A. (2010). *La ganadería ligada a procesos de conservación.* Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14s1/v14s1a02.pdf>
- Pérez, J., & Gardey, A. (2015). *Definición de Agropecuario.* Obtenido de <https://definicion.de/agropecuario/>
- Pinos, J., García, J., Peña, L., Rendon, J., & González, C. (Abril de 2012). *IMPACTOS Y REGULACIONES AMBIENTALES DEL ESTIÉRCOL GENERADO.* Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n4/v46n4a4.pdf>
- Programa de estudios e investigación en energía. (12 de Mayo de 2011). *Determinación de los factores de emisión para los Alcances 1 y 2 de la estimación de la huella de carbono.* Obtenido de [http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/Minerg/43.Informe%20Final%20\(1173\).pdf](http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/Minerg/43.Informe%20Final%20(1173).pdf)
- RAE. (2020). *Real Academia Española.* Obtenido de <https://dej.rae.es/lema/ganader%C3%ADa>
- Raffino, M. (29 de Noviembre de 2019). *Dioxido de Carbono (CO2).* Obtenido de <https://concepto.de/dioxido-de-carbono-co2/>
- Rivera, J., Chará, J., & Murgueitio, E. (2015). *Estimación de la huella de carbono en sistemas silvopastoriles intensivos y convencionales para la producción de leche bovina en Colombia.* Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Julian606.pdf>
- Robles, B. (2011). *La entrevista en profundidad: una técnica útil dentro del campo antropofísico.* Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018516592011000300004&lng=es&tlng=es.
- Rossy, C. (2012). *El Metano.* Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos96/quimicametano/quimica-metano.shtml>
- Ruiz, E. (2013). *Manejo de pastos y rotación de potreros.* Obtenido de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/034-c-pasturas.pdf>
- Ruiz, R. (2006). *Historia y Evolución del Pensamiento Científico.* Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007a/257/7.1.htm>

- Silvestrini, M., & Vargas, J. (2008). *Fuentes de información primarias, secundarias y terciarias*. Obtenido de <http://ponce.inter.edu/cai/manuales/FUENTES-PRIMARIA.pdf>
- Tibocha, A., Melo, A., & Suárez, J. (2018). *Implementación de un sistema silvopastoril en la finca Santa Sofia ubicada en Villavicencio Meta*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4691/00004947.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Toro, Javier, R. I., & Zamorano, M. (24 de Octubre de 2009). *Environmental impact assessment in Colombia: Critical analysis and proposals for improvement*. Obtenido de https://www.academia.edu/31930864/Environmental_impact_assessment_in_Colombia_Critical_analysis_and_proposals_for_improvement
- Uribe, F., Zuluaga, A., Valencia, L., & Murgueitio, E. (2011). *Proyecto Ganadería Colombia Sostenible*. Obtenido de <http://www.cipav.org.co/pdf/3.Buenas.Practicas.Ganaderas.pdf>
- Villanueva, C., Ibrahim, M., & Casasola, F. (2008). *Valor Económico y Ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos*. Obtenido de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza: <http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2015/05/CercasVivas-Imprenta.pdf>
- Zapata, A., Murgueitio, E., & Mejía, C. (2007). *Efecto del pago por servicios ambientales en la adopción de sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos de la cuenca media del río La Vieja, Colombia*. Obtenido de <http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/Articulos/efecto%20del%20pago%20por%20servicios%20ambientales.pdf>
- Zuluaga, A., Giraldo, C., & Chará, J. (2011). *Servicios ambientales que proveen los Sistemas*. Obtenido de CIPAV: <http://www.cipav.org.co/pdf/4.Servicios.Ambientales.pdf>

ANEXOS

Anexo A.

A continuación, se presentarán las entrevistas realizadas a los encargados de la finca La Décima, las cuales fueron grabadas con autorización de los mismos y seguido a este se pasaron a computador sin cambiar las palabras:

- **Primer Encargado:**

Conocimientos relacionados a la huella de carbono y ganadería sostenible

Nombre Completo: Johan Sebastián Ruiz
CC: 1020812940
Teléfono: 3108031259

PRIMERA PARTE: *Asistencia Técnica*

1. ¿Cuáles son los temas aportados por la asistencia técnica?

Aquí la única asistencia técnica que se recibe es cuando van a hacer la vacunación, se trae un funcionario y toma la cuenta de cuanto ganado se está manejando y luego verifican que estén vacunados y de vez en cuando se necesita un veterinario para curar un animal.

SEGUNDA PARTE: *Conocimientos relacionados a la Ganadería Sostenible y La Huella de Carbono*

1. Subraye o marque con una X cuál de estos temas conoce (puede seleccionar más de una opción):

- a. **Huella de carbono**
- b. Ganadería Sostenible
- c. **Calentamiento global**
- d. Rotación de potreros
- e. Sistemas silvopastoriles
- f. Asociación de pastos, arvenses y leguminosas rastreras
- g. Gases de efecto invernadero
- h. **Deforestación**

Lo que tengo entendido es que la huella de carbono se produce por los gases salientes del animal

• ***Segundo encargado:***

Conocimientos relacionados a la huella de carbono y ganadería sostenible

Nombre completo: Ismael Figueredo
CC: 79122968
Teléfono: 3153195353

PRIMERA PARTE: *Asistencia técnica*

1. ¿Cuáles son los temas aportados por la asistencia técnica?

Aquí no han hecho asistencia técnica lo único es cuando viene un veterinario o cuando se manda a vacunar el ganado que vienen personas externas, de resto nada.

SEGUNDA PARTE: *Conocimientos relacionados a la Ganadería Sostenible y La Huella de Carbono*

1. Subraye o marque con una X cuál de estos temas conoce (puede seleccionar más de una opción):

- i. Huella de carbono
- j. Ganadería Sostenible
- k. Calentamiento global
- l. Rotación de potreros
- m. Sistemas silvopastoriles
- n. Asociación de pastos, arvenses y leguminosas rastreras
- o. Gases de Efecto Invernadero
- p. Deforestación

Yo no sé de eso, yo sé lo que veo por noticias o lo que me cuentan, pero esos temas no.

Anexo B

En el siguiente anexo se encuentra la entrevista realizada a uno de los propietarios de la finca, fue grabada con la autorización pertinente y seguido a este se pasaron a computador sin cambiar las palabras:

Información sobre el proceso productivo ganadero de la finca La Décima y conocimientos relacionados a la huella de carbono y ganadería sostenible.

Nombre Completo: Víctor Julio Ruiz Buitrago
CC: 7331469
Teléfono: 3183378627

PRIMERA PARTE: *Información de la actividad ganadera*

1. ¿Cómo es el proceso productivo ganadero en la finca La Decima? (Ciclo de vida desde que se compra o nace hasta que se vende el ganado).

El ciclo de vida de un animal se lleva a cabo de los 8 meses que se compra que es un “destete” que esta aproximadamente entre los 200 y 220 kilos y de ahí se va a un proceso de levante de año y dos meses y después de este año entra a un proceso de alimentación que es sal y purina al 50/50 hasta llevarlo a un proceso de los dos años. De ahí en adelante ya está pesando entre 450 y 500 kilos y se aparta en un lote y lo que quepa en el camión, si es un lote en un camión caben 14 animales para transportarlos a la ciudad. Entonces salen, un ejemplo 42 son tres lotes y ese ganado se le empieza a dar purina en los últimos 45 días una purina que es de especial contegral y 50/50 se le está dando igual hasta que culmina los 45 días después de los 500 kilos en adelante y de ahí se saca gordo para la plaza.

2. ¿Cuántas cabezas de ganado hay en la finca?

450 cabezas de ganado

3. ¿Cuántas cabezas de ganado se manejan por hectárea?

Eso es equitativo porque en esta época de verano se maneja menos, en cambio en invierno se maneja más porque hay lluvias y hay mejores praderas. En verano se pueden manejar 2 animales por hectárea o 1 y media. Y en invierno puede ser 2 continuo

4. ¿Cuánto dura el proceso productivo del ganado?

El proceso productivo del ganado está durando dos años o dos años después de que se compra y se destetaron.

5. ¿Cuál es el rango de peso que tiene el ganado en su etapa inicial y final?

La tapa inicial cuando se compra esta entre 200 – 230 kilos y si es de genética buena o “buena clase” que es como lo llamamos nosotros, gordo puede estar saliendo entre los 580 y 600 kilos

SEGUNDA PARTE: *Información de costos*

1. ¿Cuál es el costo actual para la operación del proceso productivo? (Su ciclo de vida, desde que se compra, su transporte, herramientas, entre otros)

En si no se ha hecho el balance, pero se puede hacer muy fácil porque un becerro se consigue de 220 kilos, póngale a \$5,000 pesos kilo y va a vender de 580 a 600 kilos a \$5,200 aproximadamente entonces puede sacar las cuentas ahí. Por otro lado, en el transcurso del mes, un mes de pasto puede valer para un animal aproximadamente \$25,000 pesos, póngale con sal y drogas y purina, a los últimos dos meses \$30,000 pesos y el transporte vale \$900,000 pesos a Bogotá y divídalo en 14.

A los trabajadores, se necesitan dos vaqueros que se consigue por aparte se le pagan \$60,000 pesos el diario son por ahí dos días que se necesitan para trabajar todo el ganado. Que entre la gente de la finca y los vaqueros que se consigan.

2. ¿Cuál es el costo actual para el mantenimiento del proceso productivo? (Trabajadores, alimento del animal, abonos, etc.)

El proceso de la finca se va a mantener aproximadamente tres personas aquí de asiento que son los que van a ver el ganado, a rodear, a bañar, a hacer todo lo que el ganado necesite a diario, cambiar el ganado de potreros llevar sal, todos los requerimientos, llevar cercas, Pagándoles el mínimo libre y ya cuando hay que limpiar potreros es por contrato más o menos una limpia en un año está valiendo aproximadamente entre \$3'000,000 a \$5'000,000 de pesos.

No se necesita abonos por que la tierra es muy fértil.

TERCERA PARTE: *Asistencia Técnica*

1. ¿La asistencia técnica que capacita a los trabajadores proviene de una entidad pública o es privada (el personal es contratado)?

Por el momento toca privada por que la pública no da sino para cobrar impuestos

2. ¿Cuáles son los temas aportados por la asistencia técnica?

Mirar animales enfermos o de pronto si hay que castrar o mirar a ver de que sufre el animal, entonces uno le comenta al veterinario y el hace la visita y ellos ya saben que enfermedad puede ser y formularle la droga, de resto nada más.

CUARTA PARTE: *Conocimientos relacionados a la Ganadería Sostenible y La Huella de Carbono*

1. Subraye o marque con una X cuál de estos temas conoce (puede seleccionar más de una opción):

- q. Huella de carbono
- r. Ganadería Sostenible
- s. Calentamiento global
- t. **Rotación de potreros**
- u. Sistemas silvopastoriles
- v. Asociación de pastos, arvenses y leguminosas rastreras
- w. Gases de Efecto Invernadero
- x. Deforestación

Yo honestamente por mi parte no tengo idea porque nunca he llevado a cabo, ni ninguna entidad de capacitaciones en “medio ambiente” ha venido ni a decir, ni a instruir a nadie y toca “bregar” a cultivar arboles porque eso toca del bolsillo de uno porque ni las corporaciones ni los municipios dicen venga vamos a arborizar el caño o una cañada, nunca lo dicen ni lo llaman a uno por que uno si tiene la voluntad, pero si no hay un apoyo queda muy pesado para hacerlo uno solo. Todo viene del bolsillo del ganadero

2. ¿Usted tiene conocimiento sobre el Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible que consiste en una iniciativa para mejorar la producción del negocio ganadero con el uso de sistemas silvopastoriles y la conservación de bosques nativos en las fincas de ganaderos a causa de beneficios como asistencias técnicas y pago por servicios ambientales?

Las he visto por ahí de vez en cuando por televisión en ese programa que dan por la mañana la finca del campo, pero así de pasadita por que como le digo a fondo nadie le ha dado una indicación a uno de lo que tiene que hacer, entonces no las conozco personalmente.

Anexo C

A continuación, se van a presentar los cálculos de los costos y ganancias actuales del proceso productivo ganadero para la realización de la tabla 4.

* Animal

Calculos Costos Actuales. Invertidos

* Animal

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Kg} \rightarrow \$5.000 \\ 220 \text{ Kg} \rightarrow \$? \end{array} = \$1'100.000$$

* Pastos

$$\begin{array}{l} \$ 25.000 \times \text{mes} \\ \$? \times 22 \text{ meses} \end{array} = \$ 550.000$$

* Transporte

$$\begin{array}{l} 14 \text{ Cab.} \rightarrow \$ 900.000 \\ \text{Dividir} \end{array} = \$ 64.285$$

* Pastos ult. 2 meses

$$1 \text{ buto purnia} \rightarrow \$37.000 \rightarrow 300 \text{ An.}$$

* Trabajadores Vaqueros

$$\begin{array}{l} 1 \text{ día} \rightarrow \$ 60.000 \\ 4 \text{ días} \rightarrow \$ 240.000 \times 2 \text{ trab} \end{array} = \$ 480.000 / 450 \text{ ca.}$$

* Trabajadores finca

$$\begin{array}{l} 1 \text{ trab} \rightarrow \$ 980.657 \times 24 \text{ meses} \\ = \$23'535.768 \\ \times 3 \\ \hline \$ 70'607.304 \\ \div 450 \\ \hline \$ 156.905 \end{array}$$

* Limpieza

$$\begin{array}{r} 1 \text{ año} \rightarrow \$ 4'000,000 \\ 2 \text{ años} \rightarrow \$ 8'000,000 \\ \hline \div 450 \\ \hline \$ 17.777 \end{array}$$

* Venta del Ganado

$$\begin{array}{r} 1 \text{ Kg} \quad \$ 5.200 \\ 590 \text{ Kg} \quad \$? = \$ 3'068.000 \end{array}$$

* Ganancia x 450 cabezas

$$\begin{array}{r} \$ 3'068.000 \times 450 \text{ Ca} = \cancel{\$ 1'380.600.000} \\ \hline \$ 1'380.600.000 \end{array}$$

* Desuento Inversión - Ganancia

$$\begin{array}{r} \$ 3'068.000 \quad \text{Ganancia venta} \\ - \$ 1'890.295 \quad \text{Inversión} \\ \hline \hline \$ 1'177.705 \quad \text{Ganancia Final} \end{array}$$

Anexo D

En el siguiente anexo se encuentra la entrevista realizada a un profesional en ganadería inteligente, la entrevista fue vía telefónica, del mismo modo, fue grabada con la autorización pertinente y seguido a este se pasaron a computador.

Conocimientos sobre Sistemas Rotaciones y Sistemas Silvopastoriles

Nombre Completo: Gonzalo García

Numero: 3505012738

Profesional en Ganadería Inteligente

1. Capacidad de Carga en Sistemas Rotacionales
2. Duración del Proceso Productivo Ganadero (Ciclo de vida)
3. Costo de inversión y Mantenimiento

4. Qué tipo de cercas se utilizan
5. Que sabe de los Sistemas Silvopastoriles

Bueno, la capacidad de carga la define usted dependiendo de la cantidad de forraje que usted le pone al potrero, siempre hablan sobre estimados, pero en estos casos depende de la cantidad de alimento que tiene el animal. Entonces realmente no se puede decir tantas cabezas de ganado no, de igual forma también está relacionado con la cantidad de parcela que disponga el lugar. Como me comenta, la finca tiene 342 hectáreas por hectárea se pueden hacer alrededor de 45 a 50 parcelas, pero lo que le digo eso varia en el peso también porque no es lo mismo poner un bovino pesado a uno principiante. Al igual, si necesita un dato, se supone que el rango promedio está en 3.

No existe una fórmula matemática que nos indique la duración del proceso porque esto depende de distintas variables, la primera es que el animal bovino puede que coma lo mismo que los otros, pero su genética es diferente, el proceso que tiene en su cuerpo varia, entonces como uno puede terminar pesando 600kg el otro puede quedar en 500 kg en menos tiempo, también el clima juega un papel importante, puede que en estos sistemas siempre haya buen forraje, pero está claro que pueden variar por estas condiciones, pero desde el destete, un promedio esta entre año y 8 meses y 2 años y 2 meses.

El costo de la inversión para las hectáreas que usted me dice, son 420 mil pesos 1 hectárea donde se pueden hacer 50 parcelas, eso sí, con uso de cerca eléctrica y postes en hierro porque ya el uso de madera paso de moda, ahora la mayoría de las fincas ganaderas usan es este estilo y el mantenimiento por mucho es de 3 millones anuales. Y cuando me hablas de las cercas vivas, es bueno, pero siempre se combinan las dos, de igual forma las cercas vivas ocupan mucho espacio y los animales tienden a comerse las ramas de los árboles o arbustos sin un aporte nutricional óptimo. Unas cercas vivas están alrededor de \$21.000 COP el metro lineal que son 7 plantaciones.

A mí siempre que me hablan de los sistemas silvopastoriles, le pregunto a las personas que para ellos que es, en mis años de experiencia no me parece un sistema que funciones correctamente, no creo en los sistemas doble propósito, desde mi punto de vista o es un terreno para ganado o para uso maderable pero las dos no, porque su productividad no será la misma, esto lo digo porque en los primeros años de siembra de arbustos o arboles el animal no puede estar en ese terreno, si estoy de acuerdo es sembrar en los lotes para proporcionar sobra, pero lo que explicaba antes, los bovinos se alimentan de eso y empiezan a hacer ramoneo (lo que nosotros llamamos comer las ramas del árbol).