ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE UN SISTEMA PRODUCTIVO AGROPECUARIO SOSTENIBLE COMO ALTERNATIVA DE CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS, ESTUDIO DE CASO: FINCA ROSA BLANCA, VEREDA LOS ARRECIFES, ARAUCA - COLOMBIA.

Daniela María Bocanegra Vargas
Ingrid Marcela Otero Martínez

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, 23 de mayo de 2018

Elaboración de una propuesta de un sistema productivo agropecuario sostenible como alternativa de conservación de los suelos, estudio de caso: finca rosa blanca, vereda los arrecifes, Arauca - Colombia.

Daniela María Bocanegra Vargas
Ingrid Marcela Otero Martínez

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero ambiental

Director:
Carlos Eduardo Quintero Murillo

Línea de investigación**:**
Gestión para el desarrollo urbano y rural y mejoramiento de la calidad de vida.

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2018

ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE UN SISTEMA PRODUCTIVO AGROPECUARIO SOSTENIBLE COMO ALTERNATIVA DE CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS, ESTUDIO DE CASO: FINCA ROSA BLANCA, VEREDA LOS ARRECIFES, ARAUCA - COLOMBIA.
Daniela Bocanegra – Marcela Otero

Acta de sustentación

"La Universidad El Bosque, no se responsabiliza 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".

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad El Bosque por brindar las herramientas necesarias en nuestra formación como Ingenieros Ambientales. A nuestro profesor y director de la investigación, a quien respetamos y admiramos. Que con su experticia, apoyo y dedicación nos guió durante este importante proceso, aportándole al mismo y a nosotros como personas, gracias a su buen ejemplo.

A los propietarios de la finca Rosa Blanca por ofrecernos la información necesaria y su tiempo durante los recorridas a la finca y demás actividades, la cual fue de vital importancia para el desarrollo de la investigación

1. TABLA DE CONTENIDO

4. RESUMEN **1**

5. ABSTRACT **1**

6. INTRODUCCIÓN **2**

7. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA **3**

8. JUSTIFICACIÓN **4**

9. OBJETIVOS **5**
9.1. OBJETIVO GENERAL **5**
9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS **5**

10. MARCO REFERENCIAL **6**
10.1. DESCRIPCIÓN DEL TERRITORIO **6**
10.2. MARCO LEGAL **9**
10.3. MARCO TEÓRICO **12**
10.3.1. Estado del arte 12
10.4. MARCO CONCEPTUAL **13**
10.4.1 Uso de suelo, Agricultura y Ganadería en Colombia 13
10.4.2 Sistema productivo de plátano 15
10.4.3 El plátano en Colombia 16
10.4.4 El plátano en Arauca 17
10.4.5 Agricultura Sostenible 18
10.4.6 Cultivos de cobertura 18
10.4.7 Sistema productivo de ganadería 19
10.4.8 Buenas prácticas agropecuarias 20
10.4.9 Sistemas silvopastoriles 20
10.4.10 Cercas vivas 21
10.4.11 Sistemas Silvopastoriles intensivos 21
10.4.12 Pastoreo rotacional 22

11. METODOLOGÍA **23**
11.1. DISEÑO METODOLÓGICO. **23**
11.1.1. Enfoque 23
11.1.2. Alcance. 23
11.1.3. Unidad de análisis. 23
11.1.4. Variables. 23
11.2. PLAN DE TRABAJO **24**
11.3. DISEÑO METODOLOGICO POR OBJETIVOS. **25**

12. RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN **27**

12.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1. ..... **27**
12.1.1. Variables ecológicas 29
12.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2. ..... **32**
12.2.1. Descripción de alternativas 32
12.2.2. Análisis de alternativas 36
12.2.3. Alternativas seleccionadas 39
12.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3. ..... **40**
12.3.1. Cercas vivas 40
12.3.2. Sistemas silvopastoriles intensivos 45
12.3.3. Cultivos de cobertura 51

12.3.4. Pastoreo rotacional 54

13. CONCLUSIONES 59

13.1. GENERALES. **..... 60**

14. RECOMENDACIONES 60

15. BIBLIOGRAFÍA 61

16. ANEXOS 65

2. LISTA DE FIGURAS

FIgura 1. *Principales cultivos permanentes en Arauca para los años 2003, 2004 y 2005.*.....6
FIgura 2. *Municipio de Arauca- Colombia.*.....7
FIgura 3. *Mapa geomorfológico del municipio de Arauca*.....8
FIgura 4. *Conflictos de uso del suelo en Arauca* 8
FIgura 5. *Mapa nacional de vocación de la tierra.* 13
FIgura 6. *Mapa nacional de uso actual de tierras.*.....13
FIgura 7. *Vocación del suelo y cobertura de tierras en Arauca.* 14
FIgura 8. *Partes de una planta de Plátano.* 15
FIgura 9. *Comparativo de los principales países productores de Plátano.*.....16
FIgura 10. *Participación Departamental en la producción del plátano en Colombia para el año 2012.*.....17
FIgura 11. *Producción del plátano en el departamento de Arauca - 2012.* 17
FIgura 12. *Principios de la Agricultura sostenible segun la FAO* 18
FIgura 13. *Cultivos de cobertura en cultivos de plátano.*.....19
FIgura 14. *Cifras de referencia del sector ganadero Colombiano*.....19
FIgura 15. *Cercas vivas con hojas comestibles.* 21
FIgura 16. *SSPi en Filandia, Quindio.*.....21
FIgura 17. *Pastoreo rotacional.*.....23
FIgura 18. *Distribución espacial de la finca Rosa Blanca, Vereda Los Arrecifes, Arauca - Colombia.*.....27
FIgura 19. Palma real (*Attalea Butyracea)* 30
FIgura 20. *Caminadora (Rottboelia* 30
FIgura 21. *Mata de monte* 30
FIgura 22. *Estero*……31
Figura 23. *Graficas de Precipitación, Temperatura, Brillo solar y Humedad relativa arrojadas por la estación meteorológica del IDEAM, correspondiente a la zona de estudio*.....32
FIgura 24. *Sistema agroforestal generando un sistema silvopastoril*.....33
FIgura 25. *Cultivos y coechas del cacao.*.....34
FIgura 26. *Alternativas a implementar en la zona de estudios.*.....39
FIgura 27. *C ercas vivas de Matarraton en el Tolima.*.....41
FIgura 28. *Descripción de los lados de las parcelas del potrero del lote A*.....42
Figura 29. *Descripción de los lados de las parcelas del lote B*……42
FIgura 30. *Boton de oro florecido.*.....45
FIgura 31. *Condiciones ambientales para siembra de Tithonia divesifolia o Boton de Oro en sistemas silvopastoriles.*.....45
FIgura 32. *Tithonia divesifolia o Boton de Oro*……46
FIgura 33. *Formula para el cálculo del número de arbustos forrajeros.*.....47
Figura 34. *Cynodon plectostachyus*……48
Figura 35. *Sistema productivo agropecuario sostenible como alternativa de conservación de los suelos*……58

3. LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. *Normativa a nivel nacional.* 9
Tabla 2.*Normativa internacional.* 10
Tabla 3 Plan de trabajo 24
Tabla 4 Variables para el diagnostico 25
Tabla 5. *Valores.* 27
Tabla 6 *Diagnóstico del cultivo actual* 28
Tabla 7. *Calificación y rangos para la matriz de alternativa* 36
Tabla 8. Matriz análisis de alternativas. 37
Tabla 9. *Ficha 1.* 43
Tabla 10. *Ficha 2.* 49
Tabla 11. *Ficha 3.* 52
Tabla 12. *Ficha 4.* 55

4. RESUMEN

El sector agropecuario a nivel nacional representa una de las actividades económicas del país más importantes en lo que respecta a la producción de alimentos y materias primas para el desarrollo de la economía. Los mecanismos implementados a lo largo del tiempo en estos sistemas productivos, han generado una serie de impactos negativos reflejados principalmente en el deterioro de los suelos, y por ende, alteraciones climáticas que afectan a toda la población. En lo que respecta a estas problemáticas, diferentes organizaciones a nivel mundial y local, han propuesto alternativas y estrategias con la finalidad de mejorar la calidad de los suelos, minimizando los impactos del sector agropecuario sin tener que disminuir la productividad de los mismos. Con el fin de seguir estas iniciativas y en pro del cuidado de los recursos naturales, se desarrolló el presente proyecto de investigación con una nueva propuesta de producción que incluye conceptos tales como los *nuevos modelos agropecuarios* –desarrollados en los últimos años-. La investigación pretende servir como una base teórica y práctica a pequeños y medianos agricultores para futuras implementaciones, mejorando cada vez las condiciones de este sector. A lo largo de la investigación se puede evidenciar la importancia de las variables agroecológicas y socioeconómicas previo al desarrollo de la propuesta, en tanto estas determinan según la zona donde se van a realizar, los diferentes estudios, las prioridades de mejora de la zona y las técnicas que más aporten una solución a corto y mediano plazo.

5. ABSTRACT

The agricultural sector at a national level represents one of the most important economic activities in the country regarding the production of food and raw materials for the economic development. The mechanisms have been implemented throughout time in these productive systems and have also generated a series of negative consequences mainly reflected in the spoilage of soil, and constant climate changes affecting the population. In regards these issues, different organizations at a local and global level have proposed alternatives and strategies in order to improve the quality of the soils, by minimizing the effects of the agricultural sector without diminishing the productivity thereon. With the purpose of following these initiatives and maximizing natural resources, the current research project was developed with the proposal of production including concepts such as the new agricultural models – developed in recent years. The research intends to be used as theoretical base and as a pilot program for small and medium agricultural enterprises for future implementations, improving the conditions of this sector in a progressive manner. The importance of the agricultural and socioeconomic variables is evident prior to the development of the proposal, since these are determined according to the zone where these are executed, the different studies, priorities to improve the zone and the most productive techniques to contribute solutions in the short and medium term.

Keywords*: Sustainable agricultural production system, Intensive silvopastoral systems, Rotational grazing, Soil conservation*

6. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se llevó a cabo partiendo de la problemática central planteada desde los impactos causados al suelo productivo, surgidas de las prácticas agrícolas de la revolución verde. En virtud de esto se plantea como objetivo general la elaboración de una propuesta de sistema productivo agropecuario sostenible para la finca *Rosa Blanca* en el municipio de Arauca-Colombia, que sirva para su implementación como una alternativa de mejora en la producción y, por ende, en la condición de los suelos de la zona, a la par que funcione como ejemplo a más agricultores de la zona.

Para dar cumplimiento a este objetivo se plantean tres componentes específicos distribuidos en: realización de un diagnóstico sobre el sistema productivo actual, de acuerdo a algunos indicadores sociales, económicos y ecológicos, proponiendo una zonificación ecológica del área de estudio; selección y evaluación de diferentes alternativas de sistemas productivos agropecuarios sostenibles; finalmente definición de los lineamientos de la propuesta de acuerdo a algunos indicadores sociales, económicos y ecológicos de la implementación al estudio de caso.

A través de la contextualización del marco teórico y sus múltiples conceptos, los cuales encaminaron la investigación dando paso al desarrollo de la metodología propuesta. Se llegó a que para dar cumplimiento a los objetivos propuestos el diseño metodológico debe ser mixto donde se tuvo en cuenta las variables mencionadas anteriormente, y relacionadas a componentes cualitativos, cuantitativos, así como el análisis, estudio de alternativas y resultados para el planteamiento de los lineamientos de la propuesta.

Como resultado de estos pasos se obtuvo una recopilación importante de información de la zona de estudio para su zonificación, las prácticas sostenibles aplicables y las medidas de adaptación de estas prácticas.

7. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

A raíz de las políticas agrícolas de revolución verde, las cuales fueron implementadas a lo largo del país, una de las zonas con gran afectación al suelo por el uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes químicos han sido los llanos orientales, teniendo en cuenta las grandes extensiones de terreno utilizadas para la ganadería y cultivos de arroz principalmente; trayendo consigo una serie de efectos negativos, los cuales se han visto reflejados en el ambiente, como la técnica de la ganadería extensiva, los monocultivos y la mecanización de cultivos, este conjunto de inadecuadas prácticas agropecuarias han conformado los llamados sistemas productivos agropecuarios convencionales. Lo anterior afecta directamente en la calidad de producción, siendo una causa afectiva en los lineamientos sociales, económicos, ecológicos, institucionales y políticos de la comunidad, dando paso a la definición de mala calidad de vida.

8. JUSTIFICACIÓN

El uso adecuado del suelo en Colombia en su vocación agrícola está representado por un 13% y en su vocación ganadera en un 7% del territorio; lo cual establece un total de 16 millones de hectáreas. La realidad se basa en que el actual uso de estas representativas vocaciones está en un total de 44 millones de hectáreas, excediendo aproximadamente 3 veces más el uso destinado originariamente, además de grandes cantidades de suelos con potencial agrícola están siendo utilizados en ganadería extensiva causando conflictos de uso del suelo y generando impactos negativos (UPRA, 2017).

En esta perspectiva, desde la ingeniería ambiental es pertinente aumentar la implementación de sistemas productivos ganaderos sostenibles sirven como herramienta de preservación hacia los servicios ambientales, calidad de producción y su aprovechamiento para las generaciones futuras, de modo tal, que este tipo de iniciativas promueven nuevas actitudes más responsables por parte de la comunidad agropecuaria hacia el medio y los recursos, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades.

En ese sentido, el departamento de Arauca se caracteriza por poseer suelos que fueron inicialmente utilizados para actividades ganaderas extensivas, situación que determina que aún en la actualidad el uso del suelo esté orientado al desarrollo de actividades agropecuarias (SIAC, 2018). Desde la perspectiva social con este tipo de iniciativas promueven nuevas actitudes mucho más responsables por parte de la comunidad agropecuaria hacia el medio que les provee los recursos contribuyendo al mejoramiento de calidad de vida.

Desde el punto de vista económico los procesos productivos que se contemplan dentro de estos sistemas productivos sustentables ofrecen al agricultor alternativas más económicas frente a las químicas, esto hace que disminuyan costos en la estructura del sistema y se obtengan más beneficios al sector agrícola a pequeña escala.

Otras contribuciones que ofrecen este tipo de proyectos van desde lo ecológico en que con este tipo de estudios se hace un análisis de que tipos de sistemas de pueden implementar según la zona de estudia para la disminución de impactos ambientales, aportan a futuras investigaciones por parte de instituciones del Estado para mejorar cada vez más las condiciones de los sistemas productivos sostenibles en la creación de políticas y programas a favor del sector agropecuario con apoyo del Estado.

9. OBJETIVOS

9.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de sistema productivo agropecuario sostenible, como alternativa de preservación de los suelos. Estudio de caso: Finca Rosa Blanca, vereda los Arrecifes, Arauca - Colombia.

9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico sobre el sistema productivo actual, de acuerdo a algunos indicadores sociales, económicos y ecológicos, proponiendo una zonificación ecológica del área de estudio.
- Evaluar diferentes alternativas de sistemas productivos agropecuarios sostenibles.
- Definir los lineamientos de la propuesta de acuerdo a algunos indicadores sociales, económicos y ecológicos de la implementación al estudio de caso.

10. MARCO REFERENCIAL

10.1. DESCRIPCIÓN DEL TERRITORIO

Generalidades: El Departamento de Arauca se encuentra situado en el extremo nordeste del territorio nacional, en el norte de la región de la Orinoquía colombiana. Cuenta con una superficie de 23.818 km2 lo que representa el 2.1 % del territorio nacional y una temperatura media anual de 27° C (Alcaldía Municipal de Arauca, 2016).

La economía de Arauca se basa principalmente en la explotación petrolera del pozo Caño Limón que fue descubierto en 1983, así como de la ganadería, la agricultura, los servicios y el comercio. La producción agrícola se destina principalmente a satisfacer la demanda local. Los suelos de la región han mostrado buenas condiciones para el cultivo del cacao, el plátano, la yuca, el arroz y las frutas, además de cultivos industrializados como la palma africana, el algodón, el sorgo, la soya y el ajonjolí.

La producción agrícola de Arauca se divide en cultivos permanentes como el cacao, el plátano, la caña panelera, la papaya y el achiote los cuales ocuparon un área de 20823 ha sembradas para el año 2005 y cultivos transitorios como el arroz, maíz y sorgo; ocupando un área de 19558 ha sembradas para el mismo año (DANE, 2006)

Figura 1. ***Principales cultivos permanentes en Arauca para los años 2003, 2004 y 2005.***

Cultivos	2003			2004			2005		
	Área (ha)		Volumen	Área (ha)		Volumen	Área (ha)		Volumen
	Total	En producción	de producción (t)	Total	En producción	de producción (t)	Total	En producción	de producción (t)
Cacao	4 973	4 152	2 507	7 583	6 450	4 162	9 183	6 550	4 376
Caña	1 189	978	3 069	1 223	981	3 279	1 390	1 199	4 076
Plátano	8 679	7 679	59 491	9 059	8 216	65 662	9 707	9 015	70 669
Papaya	37	7	210	229	173	4 315	248	203	4 752
Achiote	320	270	108	285	270	162	295	230	77

Fuente: DANE, 2006.

La actividad ganadera se centra en se centra en la cría, levante y engorde de vacunos; su comercialización se dirige hacia Puerto López, Bucaramanga y Cúcuta.

El conflicto por uso del suelo se determina al identificar áreas que por su uso inadecuado han generado degradación de la tierra –sobreutilización- o las tierras que, por el contrario, se están desaprovechando o subutilizado, en tanto su potencialidad es mayor al que actualmente se les otorga. Lo anterior se traduce en la deficiencia en el uso del suelo rural que trae como consecuencia el bajo desarrollo del sector agropecuario. En ese sentido la planificación del uso eficiente del recurso agrícola debe generarse a través de la evaluación de las tierras, con análisis de suelo para darle uso según su vocación agrícola o pecuaria (Alcaldía Municipal de Arauca, 2016).

Se estima que en el municipio de Arauca la temperatura podrá aumentar hasta en 0.9ºC para el 2040 y en 2,6°C para fin de siglo. Este incremento afectaría a la población en su seguridad alimentaria, en tanto los cambios de los ciclos reproductivos en las especies animales y vegetales, además de la afectación en la producción que sufrirían por la intensidad estacional del clima (CORPORINOQUIA,

2016).

Figura 2. ***Municipio de Arauca- Colombia.***

Fuente: Alcaldía de Arauca (2016).

- **Zona de estudio**

Clima: El municipio de Arauca según la metodología de CALDAS - LANG, se encuentra localizado dentro del Piso Térmico Cálido (C), presentando temperaturas mayores a 24 °C y dentro del rango de alturas entre los 0 – 865 msnm, cuenta con una precipitación media anual de 1804 mm, entre 5 y 9 horas de sol diarias. Teniendo en cuenta el Cociente Precipitación sobre temperatura (P/T), se define dos clases de clima Semihúmedo y Húmedo. Para el municipio de Arauca existen dos tipos climáticos Cálido Semihúmedo (CsH), al cual corresponde la mayor extensión del territorio municipal 566,000 ha que corresponde al 97,76% del área total del municipio y Cálido Húmedo (CH), que abarca el extremo sur oriental (vereda Cinaruco) en una extensión de 12,974 ha que corresponde al 2,24 % del territorio araucano con una humedad relativa entre 65 y 85 %. (Alcaldía municipal de Arauca, 2014).

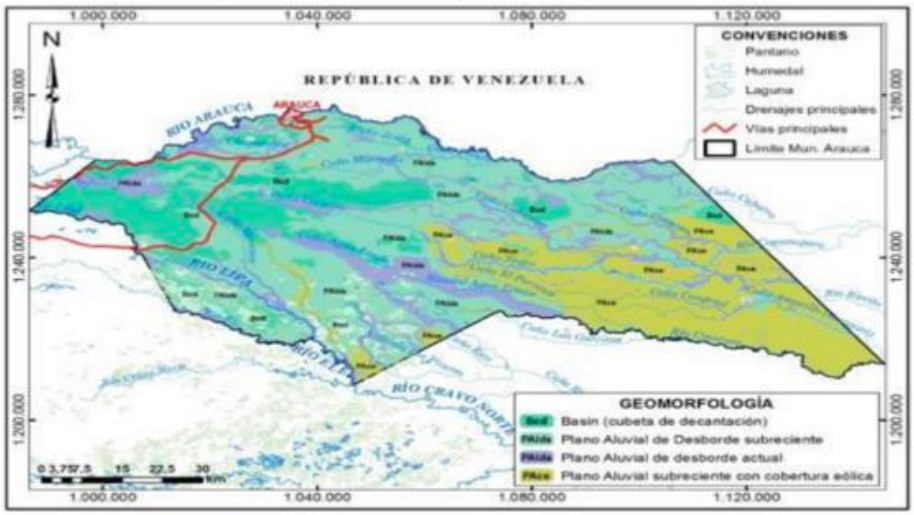
Geología: La geología del Municipio de Arauca se caracteriza porque las unidades superficiales son depósitos cuaternarios no consolidados, proveniente de la deposición de materiales de origen aluvial, de ríos que se desprenden del flanco oriental de la Cordillera Oriental y que básicamente tienen, en estos tramos de su cauca, un patrón de tipo meándrico. Esta red fluvial o red hidrográfica, que transporta y deposita los materiales aluviales, en el municipio de Arauca está dominada por las cuencas de los ríos Arauca y sus afluentes en el norte, río Paila en el Sur-Oeste y en menor proporción el rio Capanaparo en el Sur-Este. En medio de estas cuencas se pueden encontrar gran cantidad de cauces menores y de lagunas de diferentes tamaños (Alcaldía municipal de Arauca, 2014).

En el municipio de Arauca afloran tres unidades litoestratigráficas que se describen como formaciones aluviales depositadas en el cuaternario: Depósitos de Llanura Aluvial (Qlal), Depósitos

Aluviales Recientes (Qal) y hacia el oriente Depósitos Eólicos (Qe) (Alcaldía municipal de Arauca, 2014).

Geomorfología: Las unidades geomorfológicas del área de trabajo son de origen aluvial o fluvial pertenecientes a los depósitos aluviales y aluviotorrenciales y comprenden aquellas geoformas del terreno originadas por corrientes de agua que arrastran sedimentos y partículas en suspensión, y las han depositado en las zonas bajas, dando lugar a topografías planas y onduladas generalmente mal drenadas (Alcaldía municipal de Arauca, 2014).

Figura 3. ***Mapa geomorfológico del municipio de Arauca***



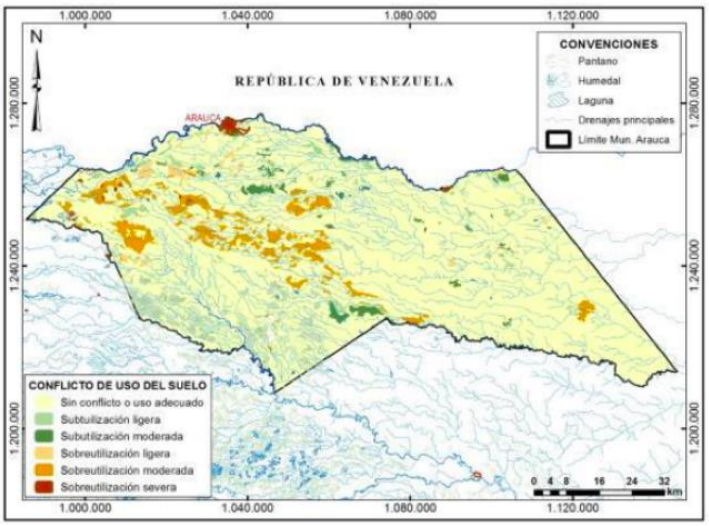
Fuente: PBOT de Arauca (2014).

Suelos: Los suelos del municipio de Arauca, como los suelos de la gran mayoría de la región de la Orinoquía colombiana presentan niveles bajos de fertilidad; los suelos fértiles los encontramos en el piedemonte orinocense (Alcaldía municipal de Arauca, 2014).

El pH de los suelos varía de 4.0 a 5.0, con capacidad de intercambio catiónico inferiores a 10 me/100 gr, lo que indica la presencia de arcillas poco activas como la caolinita. Los suelos Tropaquepts presentan valores por encima de 14 me/100 gr debido a su contenido de materia orgánica. La saturación de bases es menor que 3% lo que les confiere un carácter distrófico. Hacia profundidad la saturación de bases aumenta por lixiviación en los horizontes superficiales. Dada la carencia de vegetación arbórea y a la influencia de los vientos alisios, esta zona presenta un clima más seco que el resto de la Llanura Aluvial de desborde, aumentando así los procesos erosivos y probablemente contribuyendo a la formación de escarceos (Alcaldía municipal de Arauca, 2014).

Conflictos de uso del suelo: Se puede establecer que la mayor proporción del territorio presenta un uso adecuado superior al 85% con un área de aproximadamente 498.604 ha. Por su parte los conflictos por subutilización y sobreutilización se presentan de forma equilibrada representando cada uno un porcentaje aproximado de 7% (Alcaldía municipal de Arauca, 2014).

Figura 4. ***Conflictos de uso del suelo en Arauca***



Fuente: PBOT de Arauca (2014).

10.2. MARCO LEGAL

Con respecto a la normativa encontrada en relación a este trabajo, se incluyen en orden descendente de importancia acuerdos y convenios de carácter internacional que sirven como parámetros para la formulación de Leyes, Decretos y Resoluciones a nivel nacional, evidenciado en la Tabla 1 y 2. En esta sección se hace especial énfasis en el sistema legal que se relaciona en la promoción de desarrollo sostenible, normas básicas de agricultura, aumento de la seguridad alimentaria, producción y consumo sostenible e implementación de buenas prácticas en agricultura.

Tabla 1. ***Normativa a nivel nacional.***

Normativa	Descripción
Decreto Ley 2811 de 1974: Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Propone artículos para el manejo y preservación de los recursos naturales renovables y no renovables del país, entre ellos el suelo y más específicamente el de inclinación agrícola. (Colombia, 1974)
Ley 99 de 1993: título I, artículo 1-Principios generales ambientales.	Trata sobre principios de sostenibilidad, de salud humana y de cuidado de la biodiversidad en el País. (Colombia, 1993)
Política Nacional de Producción y Consumo sostenible.	Con este documento se busca promover el comportamiento de diferentes actores, como autoridades ambientales, funcionarios en sus niveles de Gobierno, empresarios, dirigentes gremiales, universidades, organizaciones no gubernamentales, asociaciones comunitarias y consumidores, entre otros, para que éstos, en conjunto, avancen hacia una producción y consumo más sostenible promoviendo el mejoramiento ambiental y la transformación productiva a la competitividad (Colombia , 2010)

Resolución 187 de 2006	Esta resolución establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos, cobijados en disposiciones internacionales, aplicando los principios, directrices, normatividad y requisitos mínimos que deben cumplir los operadores para la producción primaria, y el seguimiento de su proceso productivo mediante sistemas de producción agropecuaria ecológica. Esto hace que se convierta en una guía para los productos agropecuarios ecológicos, lo que es aplicable a las bases de iniciación para cualquier proyecto que busque obtener estos lineamientos, por lo cual la finca piloto sostenible aplica como uno de esos propósitos (Colombia, 2006)
Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: artículo 7. Transformación del campo	El artículo 4 del PND hace referencia al ordenamiento territorial rural buscando un mayor acceso a la tierra por parte de los productores agropecuarios sin tierras o con tierra insuficiente, el uso eficiente del suelo y la seguridad jurídica sobre los derechos de propiedad bajo un enfoque de crecimiento verde. (Colombia, 2004)
Norma Técnica Colombiana (NTC) 5400 del Icontec	Esta norma del Icontec dicta el reglamento para la certificación en Buenas Prácticas Agrícolas para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas enfatizando en mejorar las condiciones de la producción agrícola con un enfoque preventivo que incluye la búsqueda de la inocuidad, la competitividad, la seguridad de los trabajadores y el desarrollo sostenible (Colombia, 2012)
Decreto de Ley 4145 de 2011	Definir criterios y diseñar instrumentos para el ordenamiento del suelo rural apto para el desarrollo agropecuario, que sirvan de base para la definición de políticas a ser consideradas por las entidades territoriales en los planes de Ordenamiento territorial. (Colombia, 2011)

Fuente: Autores, 2018

Tabla 2.*Normativa internacional.*

Normativa	Descripción
Objetivos de Desarrollo Sostenible.	A los ODS se les da existencia gracias a una propuesta de la ONU con el objetivo del compromiso de los países hacia un desarrollo sostenible desde el 2016, orientados a poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad; con esto se

	incluyen los 4 objetivos que se encaminan a la relación de este trabajo: **2. Hambre cero:** Velar el acceso de todas las personas, en especial los niños a una alimentación suficiente y nutritiva durante todo el año; esta tarea implica promover prácticas agrícolas sostenibles y acceso igualitario a la tierra, tecnología y mercados. **11. Ciudades y comunidades sostenibles:** Mejorar la seguridad y sostenibilidad de las ciudades, garantizando el acceso a vivienda seguras y asequibles, mejorando los asentamientos marginales. **12. Producción y consumo responsable:** Reducir a la mitad el desperdicio per cápita de alimentos en el mundo a nivel de comercio y consumidores para crear cadenas de producción y suministro más eficientes. Esto puede aportar a la seguridad alimentaria y llevarnos a una economía donde se utilices los recursos de manera eficiente. **15. Vida de ecosistemas terrestres:** Conservar y recuperar el uso de ecosistemas terrestres como bosques, humedales, tierras áridas y montañas: detener la deforestación para mitigar los impactos del cambio climático; tomar medidas para reducir la perdida de hábitats naturales y la biodiversidad, que son parte del patrimonio de la humanidad (PNUD, 2018)
Norms basics del International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).	La Federación Internacional de los Movimientos de Agricultura Biológica (IFOAM) es una organización basada en la afiliación que formula normas para la agricultura orgánica y ejecuta proyectos específicos que facilitan la adopción de agricultura orgánica, particularmente en países en desarrollo. En el presente trabajo se aplican principios nombrados en la IFOAM como: Fomentar los ciclos biológicos, Potenciar la vida, tener en cuenta los impactos en los ecosistemas y las sociedades, La protección de la biodiversidad, El incremento de la fertilidad del suelo y La minimización de todas las formas de contaminación, entre otros. (IFOAM, 2011).
Red de Agricultura Sostenible (RAS).	Es una red de conservación del medio ambiente en América Latina, comprometida con la investigación; así la red desarrolla y ejecuta normas sociales y medioambientales aplicables a productos de la silvicultura y de la agricultura tropical (Rainforest Alliance, 2017)

Fuente: Autores, 2018.

10.3. MARCO TEÓRICO

10.3.1. Estado del arte

A continuación, se hace una relación de los diferentes artículos de investigación que se utilizaron para el desarrollo del proyecto de investigación, los cuales establecieron conceptos, categorías y análisis relevantes para la implementación del sistema productivo sostenible.

En el orden internacional se encuentra el artículo titulado "AGCO abre la primera granja del futuro en Zambia" (Anonymous, 2015), cuyo objetivo es apoyar los sistemas de producción de alimentos sostenibles y aumentar la producción agrícola en África mediante el uso de los recursos agrícolas de manera más eficiente. Este proyecto se gestiona por el evidente crecimiento de la población africana, y permitió el desarrollo de 150 hectáreas cultivadas, donde se implementaron equipos agrícolas suministrados por la AGCO (Empresa estadounidense de Equipamiento Agrícola), Entidad que cuenta con centros de aprendizaje para el apoyo de pequeños agricultores en relación a prácticas agrícolas modernas sostenibles.

En lo que respecta al desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles, y enfocado a nivel regional se encuentra la publicación denominada "Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción sostenible de bovinos en la Amazonía sur ecuatoriana" (José María Valarezo, 2014). En esta investigación se evidencia como la implementación y mejoramiento de estos sistemas sirven como alternativa para la producción sostenible, a partir del análisis de cada uno de los elementos que los comprenden y las interacciones que se pueden presentar entre ganado, pastos, suelo y el componente arbóreo. Con la revisión de este documento se encuentran medidas que pueden ser implementadas en el mejoramiento de los sistemas silvopastoriles como alternativa para incrementar la producción de manera sostenible.

En cuanto al entorno nacional se encuentran dos investigaciones acerca de sistemas sostenibles; la primera es titulada "Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de producción implementados por la asociación agropecuaria de Timbio" (Daysy Catherine Garzón y Ángela López Moncayo, 2017), cuyo objetivo es evaluar la sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria implementados por la asociación ASOAGROTIMBIO, en el municipio de Timbío en el Departamento del Cauca, donde se seleccionan 5 unidades productivas pertenecientes a dicha asociación para implementar prácticas agroecológicas de producción e identificar las fortalezas y debilidades que se puedan presentar en cada uno de los sistemas. El proceso de identificación permitió en la investigación un trabajo significativo para la corrección y la propuesta de una producción sustentable.

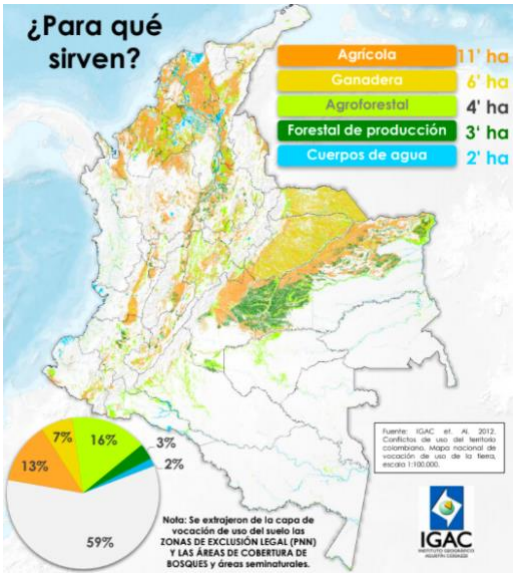
La segunda investigación es un estudio titulado "Formulación de un sistema productivo agropecuario sostenible bajo fenómeno de variabilidad climática, estudio de caso finca el campano, vereda lagunitas, municipio de Tausa, Cundinamarca" (Paola Andrea Huertas Prado y Nelson Alejandro Ubaque Mozo, 2015), que funciona como aporte de adaptación a la variabilidad climática y en un largo período al cambio climático, buscando la conservación ecológica, el beneficio económico y el bienestar social. La propuesta incluye prácticas agropecuarias sostenibles, y fue desarrollado teniendo en cuenta las semejanzas en los conceptos trabajados y metodologías a aplicar dentro del presente proyecto, permitiendo una contribución metodológica y conceptual, con la diferencia de las características geomorfológicas y climáticas de la zona de estudio.

10.4. MARCO CONCEPTUAL

10.4.1 Uso de suelo, Agricultura y Ganadería en Colombia

En Colombia el uso del suelo representa un 100% en tierras nacionales; estas se dividen en zonas de vocación para la protección con un 59 %, zonas con vocación agroforestal con un 16%, zonas con vocación agrícola con un 13%, zonas con vocación ganadera con un 7%, zonas con vocación forestal de producción con 3%, cuerpos de agua con 2%, zona urbana con 0,2% y no suelo con 0,01%, (ver figura 5) (UPRA, 2017) .

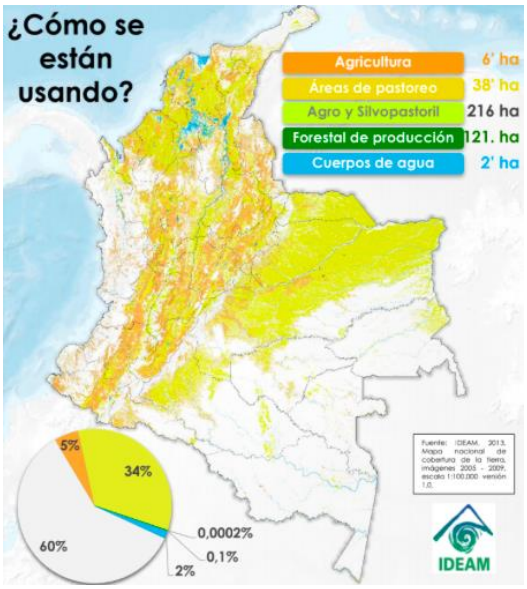
Figura 5. ***Mapa nacional de vocación de la tierra.***



Fuente: UPRA (2017)

Así pues y según el estudio de planificación del ordenamiento productivo y social de la propiedad, realizado por la UPRA (2017) actualmente existe un inadecuado uso al suelo nacional, en cuanto a las áreas destinadas a la ganadería o pastoreo, las cuales superan un 27% en lo que respecta al área que ha sido dispuesto este proceso a nivel nacional, utilizando en definitiva un total de 38 millones de hectáreas (ver Figura 6).

Figura 6. ***Mapa nacional de uso actual de tierras.***

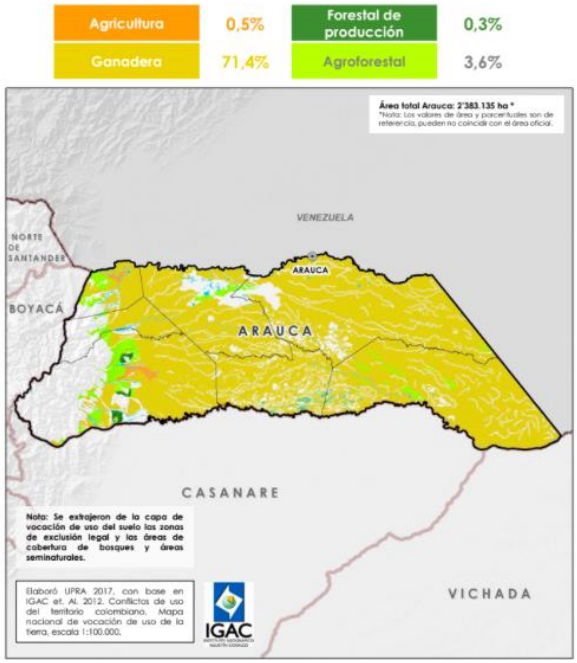


Fuente: UPRA (2017).

Ciertamente los procesos de degradación del suelo más relevantes en Colombia son la erosión, el sellamiento de suelos, la contaminación, la pérdida de la materia orgánica, la salinización, la compactación y la desertificación. Estos procesos son generados por causas tales como la creciente demanda de bienes y servicios de los suelos, el desconocimiento de las funciones e importancia del suelo y de alternativas para su recuperación, restauración y rehabilitación, procesos de planeación y de ordenamiento del territorio que no tienen en cuenta las características de los suelos, debilidad en los procesos de seguimiento a la calidad de los suelos, desarticulación institucional y carencia de normas e instrumentos para la gestión sostenible del suelo, todo lo anterior desenlaza en la gestión insostenible de los suelos en Colombia (SIAC, 2018).

En cuanto al uso del suelo en la zona de estudio, son predominantes los suelos tipo praderas, en donde fueron inicialmente utilizados para actividades ganaderas extensivas y que en la actualidad es orientado al desarrollo de actividades agropecuarias (SIAC, 2018).

Figura 7. ***Vocación del suelo y cobertura de tierras en Arauca.***



Fuente UPRA (2017.)

10.4.2 Sistema productivo de plátano

En lo que respecta a productos agrícolas, el plátano establece una marcada diferencia en la producción del departamento. Cabe resalta que el plátano es el cuarto cultivo más importantes del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz, además de ser considerado como un producto básico y de exportación, constituyendo una fuente importante de ingresos y empleos para el desarrollo de un país, marcando en el comercio internacional el 1% de la producción mundial, siendo EEUU y la Unión Europea los principales importadores de plátano fresco.

Así pues, la siembra del plátano se hace de acuerdo a la topografía del terreno, recomendado zonas planas, donde no es necesario una reconfiguración espacial, a diferencia de los terrenos pendientes donde es recomendado hacer trazos de triángulos a través de pendientes siguiendo las curvas de nivel. Adicionalmente se deben establecer distancias de siembra, definir áreas de siembra, analizar el clima de la región, características del suelo, expectativa de vida útil del cultivo y tipo de cultivo (monocultivo o asociado) (MinAgricultura, 2014).

Figura 8. ***Partes de una planta de Plátano.***

Fuente: González (2017).

El proceso productivo del plátano demanda el desarrollo de etapas como: selección de la semilla, establecimiento del cultivo, manejo del cultivo, control integrado de plagas y enfermedades, cosecha y pos cosecha. Por otra parte, un cultivo de plátano sano puede alcanzar tres ciclos productivos durante su vida útil, logrando la cosecha cien días después de la floración en cada uno de ellos (DANE, 2014)

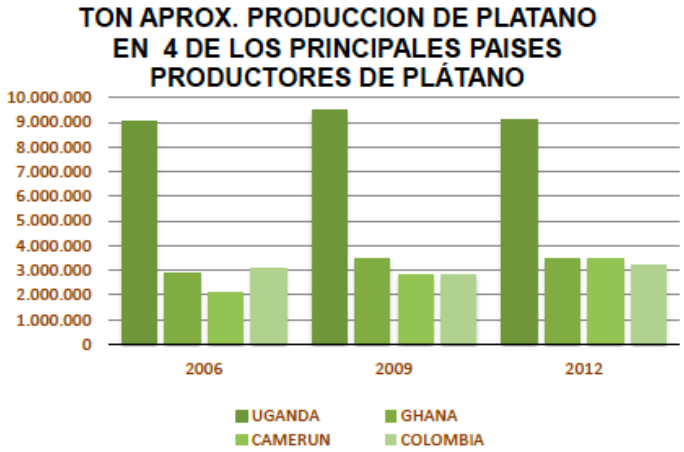
10.4.3 El plátano en Colombia

El plátano es una planta herbácea monocotiledónea, de la familia Musaceae, de origen sudeste asiático e incorporada en Colombia en el siglo XVI por parte de los españoles (DANE, 2014), se encuentra entre los principales alimentos que consumen los colombianos dentro de la canasta familiar. En el país existe gran variedad de cultivo de plátano, entre ellos: dominico-hartón, dominico, hartón, pelipita, morado, cachaco, popocho, pompo, maqueño, guineo y trucho (Universidad Nacional de Colombia, 2007).

De acuerdo con el volumen de la producción del plátano en Colombia, se establece un objetivo de destino final del cultivo, gran parte se dedica a la comercialización local, nacional o a la exportación, con excepción de la que es producida por pequeños productores para su subsistencia campesina desde el punto de vista de la seguridad alimentaria (MinAgricultura, 2014).

Según los datos obtenidos en el Departamento Nacional de Estadísticas (DANE), para el año 2014 Colombia estaba situada como el cuarto país con mayor producción de dicho cultivo en el mundo, con un aporte del 8,6% de la producción mundial. (MinAgricultura, 2014).

Figura 9. ***Comparativo de los principales países productores de Plátano.***

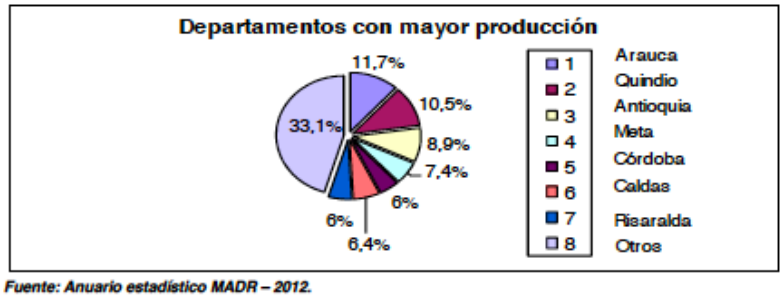


Fuente: DANE (2014)

10.4.4 El plátano en Arauca

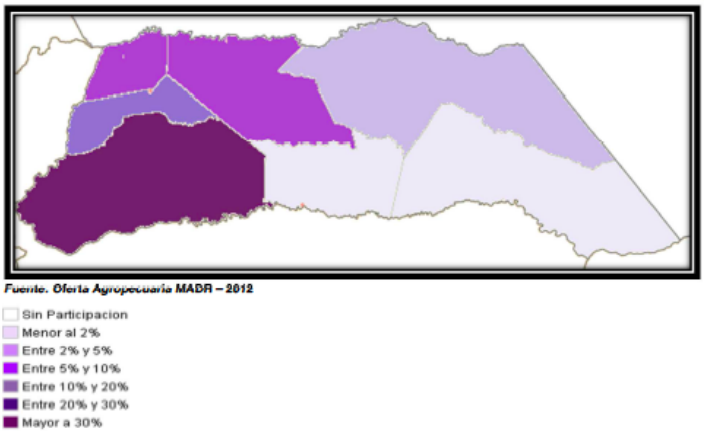
El departamento de Arauca se destaca a nivel nacional por su alto rendimiento del cultivo de plátano, alcanzando un promedio de 14 toneladas por hectárea, con una producción del 33,1% con respecto a los demás departamentos en Colombia (MinAgricultura, 2014).

Figura 10. ***Participación Departamental en la producción del plátano en Colombia para el año 2012.***



Fuente: MinAgricultura (2014).

Figura 11. ***Producción del plátano en el departamento de Arauca - 2012.***



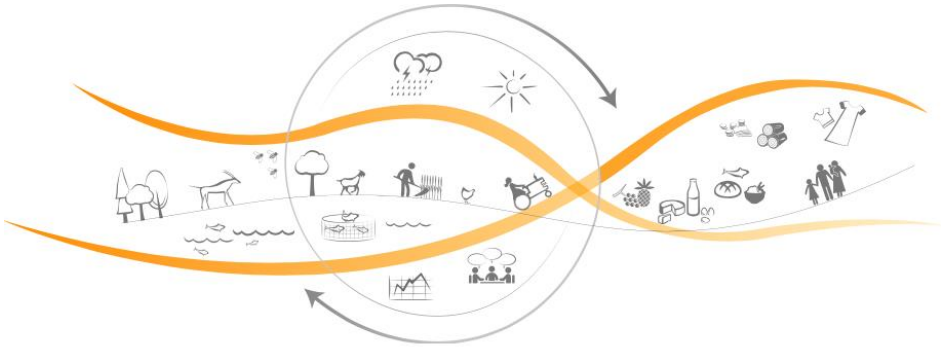
Fuente: MinAgricultura (2014).

10.4.5 Agricultura Sostenible

El objetivo de la agricultura sostenible es garantizar la seguridad alimentaria mundial, satisfaciendo las necesidades de las generaciones presentes y futuras de sus productos y servicios, respaldando al mismo tiempo la rentabilidad, la salud del medio ambiente y la equidad social y económica a través de tecnología e investigación en pro al desarrollo. Todo lo anterior, se debe al manejo de cultivos que promuevan ecosistemas saludables y apoyen la gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales. Los 5 principios de la agricultura sostenible son:

1. Mejorar la eficacia en el uso de recursos.
2. Actividades directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales.
3. La agricultura que no proteja los medios de subsistencia rurales y mejora la equidad y el bienestar rural es insostenible.
4. Aumentar la resiliencia de las personas, las comunidades y los sistemas.
5. Mecanismos de gobernanza responsables y eficaces (FAO, 2018).

Figura 12. ***Principios de la Agricultura sostenible según la FAO***



Fuente: FAO (2018)

10.4.6 Cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura tienen como objetivo principal la protección del suelo ya sea como cubierta viva o muerta, reduciendo de la presencia de plantas arvenses, aumentando la fertilidad de este mismo, adicionando materia orgánica y favoreciendo la retención de agua; sus principales características van desde plantas con raíces penetrantes que absorben altos contenidos de nutrientes, crecimiento suficiente para cubrir el suelo y su adecuada adaptación al cambio climático.

Poseen propiedades, tales como el incremento en la disponibilidad del nitrógeno, incremento de la porosidad y el drenaje interno, reciclaje de nutrientes desde las diferentes capas del suelo y al mismo tiempo alimentar a los organismos de este, además de promover el incremento de la biodiversidad en el agrosistema, todo esto con el fin de dar solución a problemas de compactación. (FAO, 2000).

En lo que refiere a la práctica en cultivos dados en la zona de estudio (el plátano), consiste en sembrar una especie que puede ser local o de un cultivo domesticado, que no afecte negativamente la producción del plátano y evite el crecimiento de malezas. El plátano también se puede sembrar en el

manto de un cultivo de cobertura como *Brachiaria decumbens* o *Crotalaria*. La cobertura limitará el crecimiento de malezas y protegerá las plantas jóvenes de banano (Promusa, 2018).

Figura 13. ***Cultivos de cobertura en cultivos de plátano.***

Fuente: Promusa (2018).

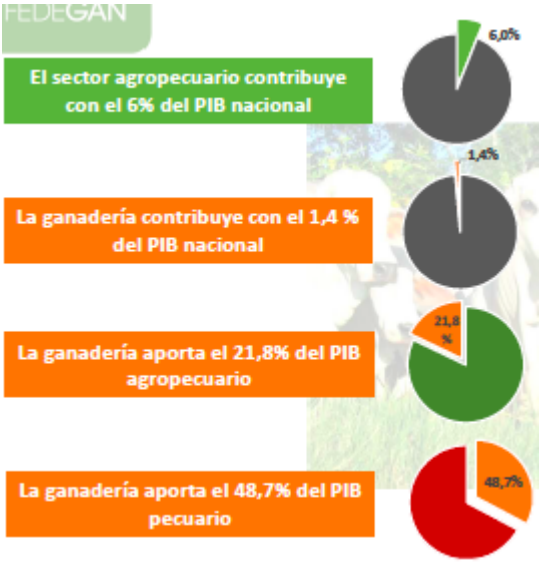
10.4.7 Sistema productivo de ganadería

La FAO como organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, en la producción pecuaria en América Latina y el Caribe, postula los sistemas de producción pecuaria, como estrategia social, económica y cultural más apropiada para mantener el bienestar de las comunidades, debido a que es la única actividad que puede simultáneamente proveer seguridad en el sustento diario, conservar ecosistemas, promover la conservación de la vida silvestre y satisfacer los valores culturales y tradiciones.

En efecto, América Latina, gracias a sus extensas áreas de pasturas, el régimen climático favorable y uso racional de insumos, integra todos los componentes naturales para ser un importante productor pecuario aportando a complacer las demandas de alimentos y garantizar la seguridad alimentaria regional y mundial (FAO, 2018).

Así pues, en Colombia la ganadería contribuye a la generación de 810 mil empleos directos que representan el 6% del empleo nacional y el 19% del empleo agropecuario, aportando el 1,4% del PIB nacional, superando a la importancia económica de sectores como el avícola, cafetero, floricultor, porcicultor, entre otros. (FEDEGAN, 2017).

Figura 14. ***Cifras de referencia del sector ganadero colombiano***



Fuente: FEDEGAN (2017).

10.4.8 Buenas prácticas agropecuarias

De acuerdo con OMS (2016), las buenas prácticas agropecuarias son procedimientos que se aplican en la producción primaria para garantizar los alimentos inocuos. Para esto es necesaria la participación del gobierno, los productores primarios, elaboradores y consumidores, por medio de la adopción de prácticas y medidas para asegurar que el alimento sea producido en condiciones higiénicas apropiadas, además del control de contaminantes, plagas y enfermedades de animales y plantas, para que no representan una amenaza a la seguridad sanitaria del alimento. A estas características se le suma la no utilización de áreas donde el ambiente represente una amenaza a la inocuidad del alimento.

10.4.9 Sistemas silvopastoriles

Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria, de modalidad de agroforestería ganadera, en donde combina en el mismo espacio plantas leñosas perennes (árboles y/o arbustos), las cuales interactúan con los componentes tradicionales (animales y plantas forrajeras herbáceas) bajo un sistema de manejo integral (SAGAR, s.f) (FEDEGAN, 2009).

La introducción de este sistema a los potreros convencionales tiene múltiples beneficios para los animales, entre los cuales están:

- Regulación del estrés climático: los SSP generan microclimas y eso se ve reflejado, en la acción de la temperatura bajo los árboles en condiciones tropicales de 2 a 3ºC por debajo de las zonas abiertas; esta reducción en la temperatura favorece la eliminación del calor por evaporación y reduce la carga calórica de los animales, con lo que se incrementa la productividad animal.
- Suministro de alimento: los árboles y arbustos son utilizados como forraje para los animales
- Fijación de nitrógeno: esta fijación se hace gracias a las especies leguminosas arbóreas de algunas especies forrajeras.
- Materia orgánica: gracias a las heces fecales de los animales, se podrá utilizar en la productividad de acondicionamiento de abonos.
- Eficiencia en el uso de nutrientes: la sombra moderada generada, estimula la absorción de

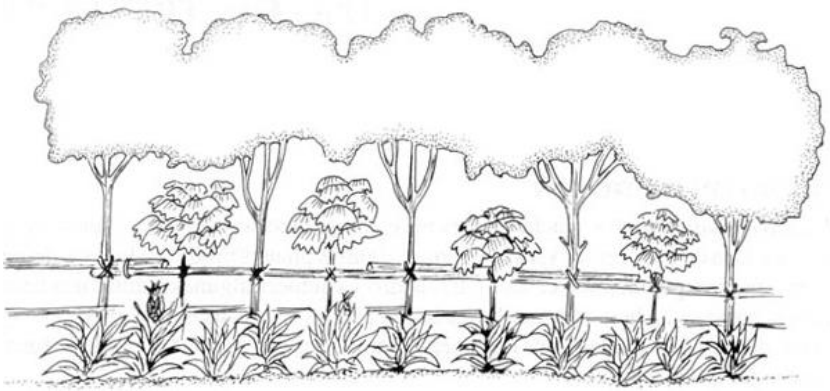
nitrógeno en las gramíneas y las inhiben en las leguminosas, por lo que el crecimiento de las gramíneas en menos afectado en condiciones de baja radiación solar.

- Control de erosión:
- Las pasturas de crecimiento rastrero bien manejadas hacen buena cobertura al suelo, previniendo pérdidas de suelo por erosión, a esto también se le suman las especies leñosas (SAGAR, s.f)

10.4.10 Cercas vivas

Según Corpoboyacá (2016), las cercas vivas "*son plantaciones lineales separadas de 3 a 5mts de distancia dependiendo de la especie y del tamaño de la copa del árbol adulto, se pueden sembrar en una o dos líneas*" (p, 1). Su objetivo principal es controlar el desplazamiento de los animales por parcelas sirviendo de barreras

Figura 15. ***Cercas vivas con hojas comestibles.***



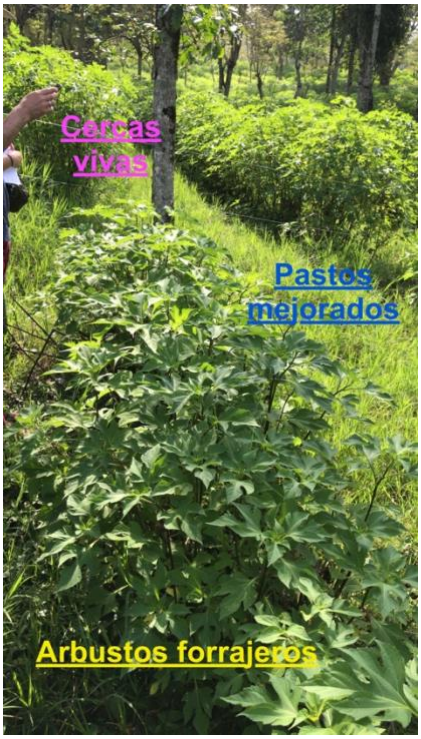
Fuente: FAO (2000).

Además de su función principal, las cercas vivas actúan como cortinas rompe vientos, mejoran el suelo y reducen su erosión, proveen forrajes, alimentos y leña, adicionalmente protegen las cosechas y mejora las condiciones microclimáticas para los animales, protegiéndolos contra el viento y el sol (Corpoboyacá, 2016).

10.4.11 Sistemas Silvopastoriles intensivos

Los sistemas silvopastoriles intensivos, por la presencia de cultivos de arbustos forrajeros en alta intensidad, se caracterizan por generar elevados contenidos de proteína, vitaminas y minerales, a su vez, con cantidades variables de árboles maderables, frutales o de otro tipo (cercas vivas) y pastos mejorados; siendo esta, una de las mejores alternativas de SSP, ya que satisfacen la dieta ganadera básica con el ramoneo directo del ganado (FEDEGAN, 2009).

Figura 16. ***SSPi en Filandia, Quindío.***



Fuente. Autores (2018).

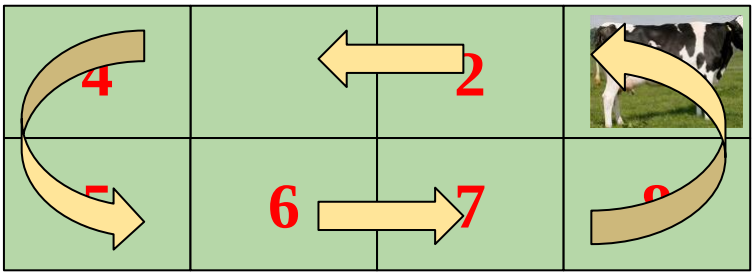
10.4.12 Pastoreo rotacional

El pastoreo rotacional es un sistema basado en alternar el uso con el descanso del potrero, de esta manera, dependiendo de la capacidad de carga animal de la finca, se divide el potrero usado anteriormente para pastoreo extensivo en franjas de potreros. Allí se aparta el ganado en una de estas divisiones de las demás y se establece un periodo de tres días máximo (Franco, 2009). Tras el cumplimiento de este periodo, los animales se trasladan a la siguiente división de potrero, todo con el fin de la recuperación del suelo entre los ciclos de pastoreo, mediante un sistema productivo sostenible.

Según autores como Anzola y Giraldo (2015), este sistema presenta varias ventajas entre las cuales están:

- Permite que la producción de forraje de cada potrero tenga un periodo de recuperación o de descanso entre los ciclos de pastoreo.
- Promueve la producción de semilla y la resiembra natural, la cual favorece enormemente la producción de forraje.
- Permite mantener una producción constante de forraje durante todo el año.
- Mantiene en forma constante la productividad, y de esta forma se garantiza la valorización, en términos productivos, de la misma.
- Permite en forma más efectiva el control de parásitos internos y externos
- Facilita el control de las malezas.

Figura 17. ***Pastoreo rotacional.***



Fuente: Los Autores (2018).

11. METODOLOGÍA

A continuación, se presentan los componentes de la Metodología desarrollada en la presente investigación, los cuales permitieron dar consecución a los objetivos planteados.

11.1. DISEÑO METODOLÓGICO.

11.1.1. Enfoque

Se planteó un enfoque mixto, en tanto se desarrollaron categorías, conceptos y mediciones cualitativas y cuantitativas en las diferentes fases de trabajo. En cuanto al enfoque cualitativo, como menciona Alvira (1983), este tipo de perspectiva tiene énfasis en el conocimiento de la realidad social que estudia, aplicado en un contacto directo con los propietarios y trabajadores del espacio estudio, para la comprensión de los comportamientos encontrados.

En cuanto al enfoque cuantitativo se trabajaron los datos recolectados previamente con las investigaciones y a su vez, con la observación realizada para llegar a un diagnóstico del área de estudio. Posteriormente se analizaron las alternativas aplicables a la problemática encontrada, teniendo en cuenta la zonificación resultante del proyecto en su primera fase.

11.1.2. Alcance.

El alcance de este proyecto es de tipo *descriptivo-correlacional*, en tanto se realizó la explicación del área de estudio por medio del diagnóstico del sistema actual utilizado y la presión que este ha influido en la misma. Así mismo se realizó una investigación y evaluación de acerca de las diferentes técnicas de sistemas sostenibles agropecuarios existentes para su comparación con las alternativas más viables y compatibles a la presente investigación, según las características del área estudiada.

11.1.3. Unidad de análisis.

Finca Rosa Blanca, Vereda los Arrecifes Arauca- Colombia

11.1.4. Variables.

Se definieron dos grupos de variables, uno de ellos correspondiente al diagnóstico sobre el sistema productivo actual de la zona de estudio descrito en el objetivo 1 y el segundo grupo de

variables correspondiente al análisis de alternativas descrito en el objetivo 2, lo anterior se evidencia en el numeral 10.3 donde se abarca el diseño metodológico por objetivos.

11.2. PLAN DE TRABAJO

Se planteó a partir del desglosamiento de los objetivos específicos, los cuales están enfocados en el cumplimiento del propósito general de la investigación. De esta misma manera fueron presentados los resultados del proyecto "Elaboración de una propuesta de un sistema productivo agropecuario sostenible como alternativa de conservación de los suelos, estudio de caso: finca rosa blanca, vereda los arrecifes, Arauca – Colombia".

Tabla 3 Plan de trabajo

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividad	Técnica	Instrumento	Resultado
Elaborar una propuesta de sistema productivo agropecuario sostenible, como alternativa de conservación de los suelos. Estudio de caso: Finca Rosa Blanca, vereda los Arrecifes, Arauca – Colombia.	Realizar un diagnóstico sobre el sistema productivo actual, de acuerdo indicadores sociales, económicos y ecológicos, proponiendo una zonificación ecológica del área de estudio.	Recopilación de información primaria por medio de bibliografía general acerca del área donde se realiza el estudio para tener una visión general de problema a tratar.	Observación indirecta (documentación, análisis de información)	Bases de datos, Trabajos de grado, planes de ordenamiento territorial de la zona.	Diagnóstico del territorio, Zonificación ecológica
		Visita de campo – Recolección de datos y aplicación de entrevistas pertinentes.	Observación directa, Encuestas y entrevistas, registro fotográfico.	Agenda de campo, dispositivos de video e imágenes.	
		Análisis de resultados obtenidos en campo como pruebas de laboratorio y demás información relevante.	Matriz	Excel, Variables planteadas en la primera parte de la metodología.	
	Evaluar diferentes alternativas de sistemas productivos agropecuarios sostenibles.	Revisión bibliográfica de conceptos relacionados a los sistemas productivos sostenibles.	Documentación, síntesis de información.	Bases de datos, Trabajos de grado, artículos científicos relacionados al tema.	Recopilación de las alternativas aplicables a la implementación del sistema productivo sostenible
		Selección de alternativas de sistemas productivos.	Análisis de alternativas.	Matriz de evaluación.	

		Discusión del análisis de alternativas de la matriz con las características de la zona de estudio.	Análisis correlacional de resultados.	Estudios previos con similitudes al proyecto.	
	Definir los lineamientos de la propuesta de acuerdo a los indicadores sociales, económicos y ecológicos de la implementación al estudio de caso.	Establecer los lineamientos del sistema productivo	Descripción y análisis de actividades.	Word	Propuesta de sistema productivo agropecuario sostenible, como alternativa de conservación de los suelos
		Construcción de la propuesta (plano).	Plano cartográfico	Programas de dibujo y creación de mapas.	

Fuente: Autores (2018).

11.3. DISEÑO METODOLOGICO POR OBJETIVOS.

Metodología objetivo 1: Siguiendo el orden enunciado en la tabla anterior, el primer paso a desarrollar fue la recolección de información primaria por medio de bibliografía, visitas y datos encontrados sobre la zona de estudio. Esto permitió la obtención de un diagnóstico a partir del cual se tomaron las medidas necesarias para el desarrollo del sistema sostenible, según las variables seleccionadas en el diseño metodológico (Tabla 4).

A continuación, se platean variables ecológicas, sociales y económicas relacionadas con el proyecto de investigación para dar respuesta al objetivo 1 correspondiente al diagnóstico del sistema productivo convencional como línea base del desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla 4 Variables para el diagnostico

Dimensión	Variables	Aspectos	Indicadores	Técnicas
Ecológica	Suelo	Propiedades físicas	Textura, Compactación, PH, MO,	Análisis de laboratorio
		Erosión	Perdida del suelo en X días	Comparación de cambios de nivel superficial
	Vegetación	Tipo	Individuos por especie	Observación directa
		Cobertura	% de individuos por especies/ Área	Cartografía
	Agua	Disponibilidad	N° de Fuentes hídricas	Cartografía social
	Cultivo	Tipo	Gramíneas, arbustos, herbáceas, etc.	Visita de campo
		Área total	N° de Ha cultivadas	Visita de campo

		Área total/ tipo de cultivo	N° de Ha por cultivo/ total cultivado	Visita de campo
		Fertilización	Kg de fertilizante por cultivo	Entrevista al agricultor
		Abonos orgánicos	Cantidades utilizadas	Entrevista al agricultor
	Clima	Precipitación	Precipitación media anual	Análisis documental
		Humedad relativa	Humedad relativa media	Análisis documental
		Brillo solar	Brillo promedio anual	Análisis documental
	Ganadería	Tipo	Vacuno, Lechero, etc.	Entrevistas
		Distribución	N° de cabezas por Ha	Entrevistas
			Rotación de cultivos	Entrevistas
Socio-Económica	Infraestructura	Elementos de trabajo	Cantidad de elementos presentes en el sistema productivo que faciliten labores diarias	Observación directa
	Asistencia Técnica	Oferta tecnológica	Asistencia ofrecida por instituciones	Entrevistas
		Calidad	Percepción del agricultor	Entrevistas
	Capacidad económica	Créditos	N° de créditos accedidos	Entrevistas
		Costos	Relación entre ganancias y perdidas	Entrevistas
	Educación	Buenas prácticas agrícolas	N° de buenas prácticas implementadas	Entrevistas

Fuente: Autores (2018).

Metodología objetivo 2: Una vez se construyó la línea base resultante del objetivo anterior, se realizó una matriz la evaluación de alternativas utilizando variables diferentes a las del diagnóstico. Para esta evaluación se tomaron en cuenta gran cantidad de conceptos relacionados a sistemas productivos sostenibles y buenas prácticas agrícolas como son los abonos verdes y la rotación de cultivos, entre otras técnicas.

Se planteó un método de evaluación donde se dan puntuaciones de X a XXX, donde X es el valor que se le da a la alternativa óptima para implementar en la finca de estudio, XX cuando la

alternativa analizada se considera medianamente óptima para implementar, y XXX el valor a la alternativa analizad no óptima para la implementación, de esta forma se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 5. ***Valores.***

VALOR	CALIFICACIÓN
X	Óptimo
XX	Medianamente óptimo
XXX	No óptimo

Fuente: Autores (2018).

Para la evaluación de cada una de las técnicas se tuvo en cuenta variables como el costo de implementación de la técnica, complejidad de implementación, tiempo en desarrollar la técnica y adaptación de cada una de estas a la zona de estudio, además de las variables planteadas en el diseño metodológico.

Metodología objetivo 3: Para la definición de los lineamientos de la propuesta final, se propuso el diseño de un plano donde se evidencian cada una de las alternativas seleccionadas en el paso anterior como las más aplicables al sistema y de qué forma se van a organizar a largo de la finca de estudio.

12. RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN

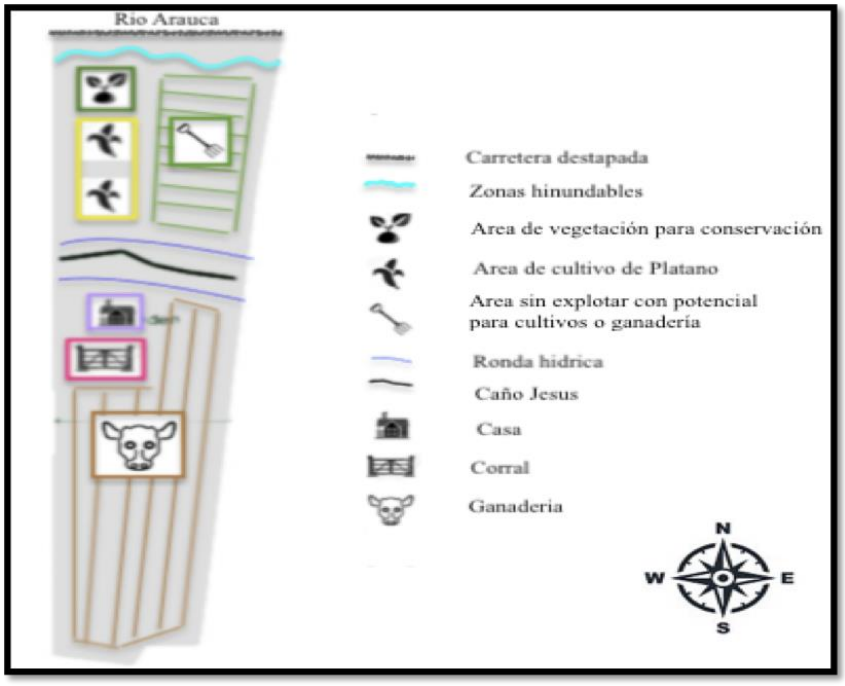
12.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1.

Realizar un diagnóstico sobre el sistema productivo actual, de acuerdo indicadores sociales, económicos y ecológicos, proponiendo una zonificación ecológica del área de estudio.

La finca de estudio cuenta con un área total de 691,38 ha divida en 2 lotes que separados por un cuerpo de agua; el lote A se encuentra en la parte norte del cuerpo de agua con un área de 272,48 ha distribuidas de la siguiente forma: 3,4 ha de ronda hídrica, 20 ha de cultivo de plátano, 234,08 ha de área sin explotar con uso potencial de ganadería y cultivos, 11 ha de zona densa de vegetación para conservación y 5 ha de zonas inundables (esteros). En cuanto al lote B que corresponde a la parte sur de la finca de estudio, la distribución se da de la siguiente manera: 3,4 ha de ronda hídrica, 414,6 ha de Ganadería, 0,39 ha correspondientes a zona de vivienda y finalmente 0,5 ha de zona de corrales.

A continuación, se evidencia la distribución espacial de la finca de estudio:

Figura 18. ***Distribución espacial de la finca Rosa Blanca, Vereda Los Arrecifes, Arauca - Colombia.***



Fuente: Autores (2018).

Ahora bien, para dar cuenta del diagnóstico del sistema productivo actual, una vez realizada la revisión bibliográfica y la visita de campo para la recolección de datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6 ***Diagnóstico del cultivo actual***

Dimensión	Variables	Aspectos	Indicadores	Técnicas	Resultado
Ecológica	Suelo	Propiedades físicas	Textura	Laboratorio	Arcilloso
			PH	Laboratorio	5,08
			C.I.C (me/100)	Laboratorio	2,12
			Materia orgánica	% C.O	0,11
	Vegetación	Tipo	Especies presentes	Observación directa	Pasto Braquiaria, Palma de corozo, Caminadora, Mata de monte.
		Cobertura	% de individuos por especies/ Área	Observación directa	Pasto Braquiaria: 55%, Palma de corozo: 30 ind/ha, Caminadora, Mata de monte: aprox 70% de las zonas de vegetación densa

	Agua	Disponibilidad	N° de Fuentes hídricas	Cartografía social	2 cuerpos de agua cercanos: Caño Jesús y el Rio Arauca
	Cultivo	Tipo	Gramíneas, arbustos, herbáceos, etc.	Visita de campo	Musácea (Plátano)
		Área total	N° de ha cultivadas	Visita de campo	50 ha
		Área total/ tipo de cultivo	N° de ha por cultivo/ total cultivado	Visita de campo	Plátano (30 ha) - Arroz (20 ha)
		Fertilización	Kg de fertilizante por cultivo	Entrevista agricultor	Urea: 70Kg/ha, DAP: 15Kg/ha, KCl: 60 Kg/ha
		Abonos orgánicos	Cantidades utilizadas	Entrevista agricultor	No se utilizan
	Clima	Altitud	m.s.n.m	Revisión bibliográfica	132
		Temperatura media	° C	Revisión bibliográfica	27
		Precipitación	Precipitación media anual	Revisión bibliográfica	1804 mm
		Humedad relativa	Humedad relativa media	Revisión bibliográfica	65-85%
		Brillo solar	Brillo promedio anual	Revisión bibliográfica	7-9 Horas diarias
	Ganadería	Tipo	Vacuno, ovino, porcino, etc.	Entrevistas	Vacuno lechero y de carne
		Distribución	N° de cabezas por ha	Entrevistas	10
			Rotación de cultivos	Entrevistas	No se utilizan

Fuente: Autores (2018).

12.1.1. Variables ecológicas

Suelo: Para esta variable se tuvieron en cuenta propiedades físicas como textura, pH, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica. Para la obtención de estos resultados fue necesario tomar una muestra en campo y llevada a una empresa de servicios ambientales y agrícolas donde se realizó un estudio de laboratorio y se obtuvieron resultados como una textura arcillosa, con un pH de 5.08, el cual se considera fuertemente ácida según el Manual de Levantamiento de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1993), así como otras propiedades como el intercambio catiónico y materia orgánica en función de carbono orgánico se encontraron en proporciones bajas o deficientes.

Así mismo se encontraron ciertos nutrientes como K, Ca y Mg; los cuales no fueron tomados como variables; sin embargo, los resultados del análisis de laboratorio mostraron valores que señalan deficiencias de estos nutrientes en él suelo. Estos resultados reflejan la baja fertilidad de los suelos de la zona de estudio y que por el sistema productivo utilizado actualmente contribuye al deterioro de las propiedades del suelo productivo, por lo cual se considera pertinente la implementación de un sistema productivo sostenible.

Vegetación: Dentro de los resultados de las especies vegetales observadas en campo, por medio de transectos y perfiles de vegetación se encontraron especies endémicas como la *Attalea butyracea*, mejor conocida como palma real en la zona de la Orinoquia, esta planta es una especie arbórea dominante y se encuentra distribuida a lo largo de la mayoría del territorio de la finca de estudio (aproximadamente 30 individuos/ha). Otra de las principales especies herbáceas encontradas en la visita de campo es la *Rottboellia cochinchinensis* conocida como caminadora, esta especie se da principalmente en las orillas de los potreros y alrededores de caminos y zonas construidas.

Figura 19. ***Palma Real* (*Attalea butyracea)***

Fuente: Autores (2018).

Figura 20. ***Caminadora (Rottboelia).***

Fuente: Autores (2018).

De la misma manera la mata de monte es otro tipo de vegetación encontrada, este término local se refiere a grupos de árboles que forman pequeñas islas de bosque rodeadas por sabanas, y formadas por un complejo proceso relacionado con las hormigas arrieras y los árboles pioneros. En las fases iniciales —2 a 10 m de diámetro— presentan una arquitectura perfectamente circular y semiesférica; al aumentar el tamaño la forma es irregular (Jaimes, 2015).

Figura 21. ***Mata de monte.***

Fuente: Autores (2018)

Asi mismo, tanto en la sabana de inundación como en la altillanura y en las planicies de inundación de los grandes ríos, existen ambientes acuáticos de poca profundidad que ocupan extensas cubetas lacustres estacionales, donde el suelo permanece anegado hasta bien entrado el verano y conserva suficiente humedad para mantener la vegetación acuática (Jaimes, 2015). Este tipo de ecosistema se encuentra dentro del área de estudio en una proporción de 5 ha.

Figura 22. ***Estero***

Fuente: Autores (2018).

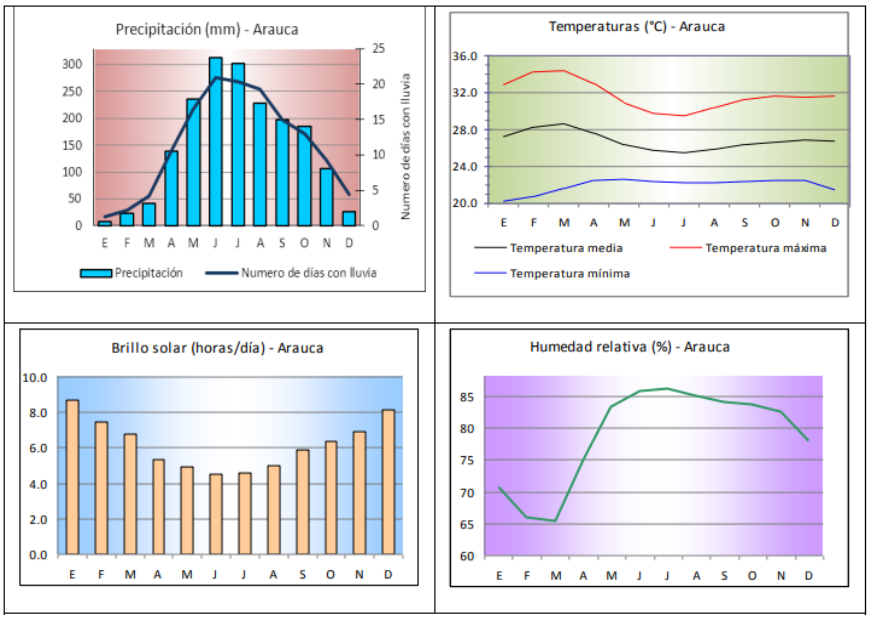
Agua: En cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico, la finca de estudiada es atravesada por Caño Jesús y unos cuantos kilómetros al norte pasa el Rio Arauca.

Cultivo: Cuentan con plantaciones de Plátano en un área de 20 ha y la zona de pastoreo tiene cultivos de pasto como *Brachiara decimbens* para alimento del ganado.

Clima: El IDEAM con ayuda de la estación meteorológica pluviométrica MATEZAMURO [37050040] ubicada en el municipio de Arauca, administra registros de precipitación media anual, brillo solar, temperatura media y humedad relativa los cuales se observan en la tabla de variables y se ven reflejados en la figura 23. Con estos valores se observan la temporada de lluvia durante los meses de abril a noviembre y temporada seca de diciembre a marzo, la temperatura media de 27°C con variaciones entre los 20 y los 35°C.

El sol brilla cerca de 4 horas diarias en los meses lluviosos, pero en los meses secos de principios de año, la insolación oscila entre 7 y 9 horas/día. La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 65 y 85 %, siendo mayor en los meses de junio y julio y menor en el primer trimestre del año (IDEAM, Sf).

Figura 23. ***Graficas de Precipitación, Temperatura, Brillo solar y Humedad relativa arrojadas por la estación meteorológica del IDEAM, correspondiente a la zona de estudio.***



Fuente: (IDEAM, s.f)

Ganadería: Dentro del sistema productivo actual se encuentra un tipo de ganado vacuno para producción de carne con aproximadamente entre 200 y 300 cabezas de ganado distribuidas en 400 ha. Las razas de este ganado son Brahman rojo, Gyr y Girolando.

12.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2.

Evaluar diferentes alternativas de sistemas productivos agropecuarios sostenibles.

Se establecieron como medidas de conservación de los suelos algunas alternativas de agricultura sostenible, así como diferentes técnicas compatibles con sistemas de producción agropecuarias, las cuales buscan desarrollar las prácticas agrícolas desde un entorno sostenible en pro de la conservación de los recursos naturales (FAO, 2018). A la par, se busca una eficiente utilización del suelo en el área de estudio y por tanto la eliminación de la subutilización o sobreexplotación del mismo a favor de un sistema de producción sostenible. Éstas prácticas se vienen desarrollando desde el marco teórico. A continuación, se profundizará en las mismas, en tanto se consideran viables de implementar en la zona de estudio.

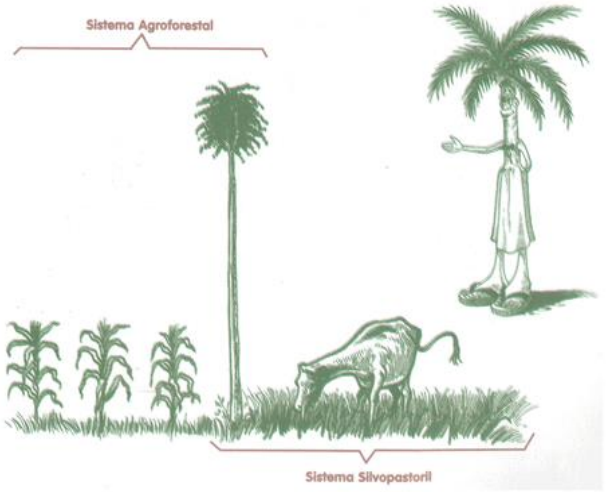
12.2.1. Descripción de alternativas

- Sistemas Agroforestales

Como primera medida se habló acerca de la agro-forestería, la cual es una forma de mejorar el uso del suelo. Este consiste en una interacción simultanea o secuencial de cultivos y arboles forestales, este tipo de sistema se debe a la necesidad de la implementación de mejores opciones para problemas

de baja producción y degradación de la tierra en la zona tropical en donde prima optimizar la producción respetando el principio de sostenibilidad (SAGARPA, 2010) (FAO, 2018)

Figura 24. ***Sistema agroforestal generando un sistema silvopastoril***



Fuente: FAO (2018).

Las prácticas de agroforestación generalmente son sistemas de cultivos intercalados donde los arboles aportan diferentes beneficios, entre estos múltiples beneficios se encuentra la generación de barreras rompe vientos, las cuales contribuyen a la no erosión, además de la regulación del estrés climático, protección para el ganado, forraje, secuestre de carbono, entre otras. Lo anterior proporciona un hábitat para la vida silvestre, mejorando la salud del suelo mediante la fijación de nitrógeno y gracias a la producción de materia orgánica, reciclaje de nutrimientos y producción de bio-energía. Lo anterior permite el aumento del bienestar de las comunidades rurales, haciendo evidentemente que los sistemas de producción sean más sostenibles (SAGARPA, 2010) (Browne, 2016).

- Sistemas silvopastoriles intensivos

Por otra parte, los sistemas silvopastoriles intensivos hacen referencia a un conjunto de técnicas de uso de la tierra en donde hay presencia de cultivos forrajeros en alta intensidad, árboles y pastos mejorados, todos estos en combinación y distribuidos en orden lógico del sistema, plasmado en un área de ganado. En este sentido aporta al aumento de materia orgánica así como a la actividad biológica del suelo, que a su vez permite una mejor absorción de nitrógeno más otros nutrientes, lo que conlleva a una conservación optima de los suelos (Chará, 2013) (FEDEGAN, 2009). Además, en relación con un sistema basado en el pastoreo rotacional racional, se disponen largos periodos de descanso y una oferta permanente de agua en cada franja que es ocupada (Fernando Uribe, 2011).

Atendiendo a esto, con los sistemas silvopastoriles intensivos no solo se busca proteger el suelo para que se genere una mayor productividad en el sistema, sino proteger a los animales de la radiación solar directa, proporcionándoles sombra y por lo tanto disminuir el estrés. Se busca igualmente conservar la biodiversidad en cuanto a fauna, ya que, a mayor número de árboles, más oportunidades tienen las aves y otras especies de animales de subsistir en los ecosistemas, y entre otros beneficios se encuentra la satisfacción de la dieta ganadera básica gracias al ramoneo directo del ganado, puesto por los arbustos forrajeros. A medida que se protegen estos ecosistemas se preservan los servicios ecosistémicos que los mismos brindan, como secuestre de carbono, importantes reservorios de agua, producción en cuanto a la provisión de alimento, función de refugio de especies, entre otros (CIPAV, 2018)

- Cercas vivas

Esta técnica hace parte de los sistemas silvopastoriles intensivos descritos anteriormente. En las cercas vivas las especies arbóreas actúan como poste vivo de manera que protegen sembrados, viviendas y dividen lotes de pasturas en rotación, siendo conectadas con ayuda de algún alambrado o guadua dando alusión a un corral. La composición vegetal se escoge de acuerdo al propósito con el que se desee implementar y como protección de la erosión del suelo, protección de ganado y compactación por pisoteo (Ospina, 2006).

- Pastoreo rotacional

A consecuencia de que actualmente en la finca se lleva un pastoreo extensivo, se propone con la ayuda del sistema silvopastoril intensivo, un sistema de rotación de potreros basado en la carga animal total de la finca, en donde la dinámica está en alternar el uso con el descanso del potrero. Por lo anterior, en el pastoreo rotacional se habla de 2 periodos: el primero subyace a la ocupación o de pastoreo, durante el cual los animales cosechan el pasto, se alimentan; y el de descanso, en el que tienen la oportunidad de acumular reservas energéticas, rebrotar y crecer, dando así al paso de que el ganado sea trasladado al siguiente potrero con sistema silvopastoril intensivo (CIPAV, 2011) (Franco, 2009).

- Cultivos alternativos

En esta parte de la propuesta, se analizó la incorporación de un cultivo alternativo, el cual fue adicionado al sistema productivo agrícola actual de la finca, ya que solo hay existencia de un monocultivo de plátano y ocasional de arroz. Sin embargo, hay una zona en la finca con fin de cultivo que al momento de la investigación se encontraba sin intervención. Teniendo en cuenta el aprovechamiento de este espacio, podría representar un aumento de la capacidad económica del agricultor o bien de contribuir a la seguridad alimentaria del mismo. Por lo tanto uno de los cultivos analizados es el del cacao, esta alternativa de cultivo se tiene en cuenta debido al incremento que se ha dado en la producción del mismo en el departamento de Arauca después de participar en el salón del chocolate y ser catalogado de fino aroma y sabor; gracias a estos resultados entidades como la Fedecacao y el ministerio de agricultura se dieron a la tarea del impulsar nuevas prácticas de producción e invertir en apoyo técnico para los cultivadores del departamento (El Tiempo, 2016).

Cacao: El cacao (Theobroma cacao L.) es una planta procedente de América del Sur, más exactamente de la Amazonia. Es un árbol perenne que pertenece a la familia Stterculiaceae. Puede alcanzar entre 10 a 20 mts de altura, y sus frutos son de forma alargada y pueden pesar hasta 1 kg. Tiene hojas brillantes que llegan a medir hasta 30 cm. En la corteza exterior de la planta, se encuentra el fruto, donde se encuentra dentro de él, la pulpa blanca que contiene 20 a 40 semillas de color café-violeta o café-amarillo (Linares, 2007)

- *Características del cultivo:* El cacao es un cultivo que se puede sembrar en condiciones de clima seco, y en tanto no necesita de sombra permanentemente, lo que lo hace un cultivo que necesita de prolongados tiempos de luz. Puede crecer y producirse en zonas de altitudes hasta los 1200 msnm con respecto al suelo. El cacao como cultivo perenne, necesita de suelos con una profundidad de más de 1m, con textura limosa a arcillosa y de depósitos aluviales para el ideal del cultivo. (Ministerio del Ambiente Perú, 2008).

Figura 25. ***Cultivos y cosechas del cacao.***

Fuente: Agencia Agraria Leoncio Prado. (2017).

- *Usos:* Su uso se remonta a la época de los Mayas, Aztecas e Incas, hace más de 2500 años y desde entonces se ha usado tanto para fines nutricionales como médicos. Algunos productos derivados del cacao son la cocoa y manteca, pasta o licor de cacao, bebidas, dulces, entre otros, abarcando su uso desde el industrial, cosmetológico y consumo masivo. Igualmente posee acciones y propiedades medicinales como, antisépticas, diuréticas, emenagogo, vulnerario diurético, ejerciendo una función euforizante, estimulante, entre otras. (Pontaza y Escobar, 2013).

- *Mercado:* La demanda mundial de cacao y manteca de cacao es impulsada por el mercado mundial de productos de confitería de chocolate (UnitedCacao, 2014).

- Rotación de cultivos

Con este sistema de rotación, sujeta a la alternativa de cultivos alternativos, se pretendió en primera instancia, contribuir a la biodiversidad del área del estudio, mejorando la fertilidad del suelo mediante una mayor disponibilidad de nutrientes y una buena estructura, ofreciendo una fuente de alimentación variada a los microorganismos del suelo, en tanto estos, están ubicados a distintas profundidades del suelo. Lo anterior estableció por un lado, la necesidad de desaparecer el término monocultivo en la zona de estudio, y por el otro, favorecer el control sobre plagas y enfermedades (FAO, 2018).

- Cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura van de la mano con el relevo de cultivos ya que se define como una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que puede ser temporal o permanente, ocupándose de la supresión de malezas, conservación del suelo y agua, así mismo como control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado. También cumplen un papel importante hacia sistemas estables y permanentes especialmente, los que incorporan cultivos perennes y ganadería. Para la implementación de estos cultivos se tienen en cuenta especies como: *Crotalaria Juncea*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens* y *Rottboellia*, cada una de ellas con características específicas con respecto a ventajas de bajo riesgo, versatilidad y competitividad con cultivo asociado, de esta parte la selección de la mejor opción como cultivo de cobertura en la zona de estudio (Pound, s.f).

- Abonos verdes

Las características principales para la gestión e implementación de un abono verde son: resistencia a la sequía, alta tasa de crecimiento, buena calidad de follaje, tolerar baja fertilidad del suelo, de fácil establecimiento, que no sea susceptible a plagas o enfermedades, posea un sistema de

raíz profundo y que sirva para varios fines, las especies más utilizadas para los abonos verdes son las leguminosas. (SAGARPA, SF).

12.2.2. Análisis de alternativas

Partiendo de una matriz de evaluación, se consideró cada una de ellas y se puntuó de acuerdo al análisis por variable. Las calificaciones aportaron valores entre 12 y 25, siguiendo los criterios anteriores se decidió dividir los valores en rangos para efectos de la interpretación de los resultados como se muestra en la tabla 7, mientras que en la tabla 8 se observa el análisis de alternativas.

Tabla 7. *Calificación y rangos para la matriz de alternativa*

Convenciones	
Calificación	**Rangos**
Optimo	12 a 16
Medianamente optimo	17 a 21
Menos optimo	22 a 25

Fuente: Autores (2018).

Tabla 8. Matriz análisis de alternativas.

Alternativas	**Dimensión**	**Ecológico**							**Económico**			**Social**		**Total**
	Variables	Adaptación al clima	Compatibilidad con sistema agropecuario actual	Contribución cobertura vegetal	Aumento de fertilidad	Disminución erosión del suelo	Se adapta a la topografía	Aprovechamiento del recurso hídrico	Requerimiento o asistencia técnica	Costo instalación y mantenimiento	Tiempo de implementación	Cambio en el racionamiento cultural	Complejidad de implementación	
Sistemas Agroforestales		XX	XXX	X	X	X	XXX	X	XXX	XX	XX	XXX	XX	**24**
Sistemas silvopastoriles intensivos		X	X	X	X	X	X	X	XXX	X	X	X	X	**14**
Cercas vivas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	**12**
Pastoreo rotacional		X	X	XXX	X	X	X	X	X	X	X	X	XX	**15**
Cultivos alternativos		XX	XXX	X	X	XXX	X	XX	XX	XXX	XX	XXX	XX	**25**
Rotación de cultivos		XX	XXX	X	X	X	X	XX	XX	XX	XX	XXX	XX	**22**
Cultivos de cobertura		X	X	X	X	X	X	X	XX	X	X	X	XX	**14**
Abonos verdes		XX	XX	XX	X	X	X	X	XX	X	X	XXX	X	**18**

Fuente: Autores (2018).

De acuerdo a los puntajes obtenidos para cada alternativa, la interpretación y el análisis de los resultados se presentan a continuación:

- Sistemas agroforestales

La alternativa a mencionar son los sistemas agroforestales, ya que forma parte de su metodología e intención principal como sistema, supone colocar árboles integrándose directamente con los cultivos, lo cual daría ejecución a un sistema silvopastoril.

Ciertamente, dejándolo simplemente en un sistema agroforestal, este no tendría utilización en el sistema agropecuario sostenible a demostrar en la zona de estudio, ya que no habría directamente un cultivo con el cual pueda ser fusionado y que sea adecuado para este sistema, por ende, le da una puntuación no óptima en el análisis de alternativas.

- Sistemas silvopastoriles intensivos

El sistema silvopastoril intensivo presenta una solución a la mayoría de problemas, ya que se basa en la integración de cultivos forrajeros en alta intensidad, árboles y pastos mejorados, dando le paso a la generación de un microclima por potrero establecido. Esto es de gran innovación para la finca de estudio, ya que este sistema promueve una implementación eficiente de la producción por el cuidado del hábitat de las cabezas de ganado.

En este aspecto, el sistema requiere altos niveles d asistencia técnica, sin embargo, para los lineamientos de la propuesta del presente trabajo no deja de ser una alternativa óptima.

- Cercas vivas

Las cercas vivas suponen ser una buena alternativa, siendo una de las que obtuvieron un resultado óptimo, ya que se adaptan al clima al componerse de árboles nativos. Éstos se siembran alrededor de la finca generando una barrera forestal rompe vientos, que como se estableció con anterioridad, no solo afecta el suelo sino también a las especies sembradas para cultivo y/o protección animal. Es fundamental resaltar que estas cercas vivas hacen parte de los sistemas silvopastoriles intensivos y de la siembra de árboles que se adapten a las condiciones topográficas de la finca. En ese orden de ideas, en tanto la finca se encuentra en una llanura, se deben sembrar árboles de perennifolios de forma columnar ancha, esférica o redondeada.

- Pastoreo rotacional

El pastoreo rotacional es un progreso enorme para la producción ganadera en la finca, ya que controla el daño principal al suelo causado por el pastoreo progresivo y junto con la compilación de SSPi, hacen el perfecto complemento para un sistema productivo agropecuario sostenible. Por esta razón en el análisis de alternativas se visualizó un resultado óptimo.

- Cultivos alternativos

A pesar de él potencial agrícola en la finca de estudio, el agricultor afirma que la zona donde existen posibilidades de implementar cultivos alternativos ya están siendo utilizadas con fines de pastos para alimentar al ganado y que no le es favorable implementar otro cultivo ya que obtiene lo

suficiente con él cultivo existente (Cultivo de Plátano). Además, podría destinar esta zona de la granja a más potreros para el ganado, debido a su capacidad de carga actual en cabezas de ganado.

Estimando el análisis de alternativas requiere asistencia técnica para su cultivo, lo que aumentaría su costo de implementación, puesto que se habla de un cultivo totalmente nuevo en producción para la finca y requiere otra clase de cuidados adicionales. Aunque en el análisis ésta alternativa no haya obtenido un resultado óptimo, es descartado en funcionalidad del trabajo, pero se tendrá en cuenta para adaptaciones de la misma a ser implementadas a futuro.

- Rotación de cultivos

Debido a que la rotación de cultivos era parte de la implementación de cultivos alternativos y el resultado arrojado fue no óptimo, no se toma en cuenta para el análisis de este, ya que va sujeto a la descripción de la anterior alternativa.

- Cultivos de cobertura

De acuerdo con Barry Pound en Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenibles en América Latina, "*(...) los cultivos de cobertura están caracterizados por sus funciones más amplias y multipropósitos en ventaja sobre los abonos verdes*" (1997, p. 97). Partiendo de que el crecimiento de estos CC permite el aporte de importantes volúmenes de materia vegetal, que luego de su descomposición y adecuado crecimiento para corte, forman parte del mismo material orgánico del suelo sin ningún otro proceso de por medio, cubriendo la capa superficial de este, y sin necesidad de hacer excavaciones. Esto evita alteraciones en las raíces del cultivo asociado, de allí se debe la puntuación en la matriz de análisis ya que las raíces del plátano están influenciadas con la textura y estructura del suelo, lo que genera un efecto de penetración de las raíces débil, por consiguiente no es apropiado que hallan movimientos de tierras en su área de cultivo (Ministerio de Agricultura y ganadería, sf) (Capurro, Surjack, Dickey, Andriani & González, 2010).

- Abonos verdes

Al hacer referencia a la utilización de abonos verdes, se hace alusión a cultivos de vegetación rápida que se cortan y se entierran en el mismo lugar donde han sido sembrados. (sagarpa, sf) . A causa de esto la implementación de abonos verdes no es óptima ya que requiere movimiento de tierra, lo cual no es favorable para su cultivo asociado.

12.2.3. Alternativas seleccionadas

A continuación, se muestran las medidas analizadas con anterioridad y se resaltan las prioridades de acuerdo al puntaje que obtuvieron, así como el orden de implementación. Por consiguiente, las alternativas con valoraciones desde medianamente óptimas no se consideran que deben realizar para implementarse en el sistema productivo agropecuario sostenible. Lo anterior se muestra en la ilustración.

Figura 26. ***Alternativas a implementar en la zona de estudios.***

Fuente: Autores (2018).

12.3. *OBJETIVO ESPECÍFICO 3.*

Definir los lineamientos de la propuesta de acuerdo con algunos indicadores sociales, económicos y ecológicos de la implementación al estudio de caso.

Adjunto a estas descripciones por proyecto se encuentran las fichas para cada uno. En las acciones a ejecutar se encontrarán las diferentes actividades propuestas por los autores, para el desarrollo de los mismos.

Es pertinente aclarar que en las fichas mencionadas se encuentran los costos de acuerdo a las herramientas utilizadas y el trabajo requerido para cada medida, sin embargo, esto se hace para que en un proyecto posterior se puedan comparar los costos de estas alternativas que se proponen con otras y así determinar la factibilidad económica.

12.3.1. Cercas vivas

La primera de las alternativas seleccionadas es el establecimiento de cercas vivas a lo largo del perímetro de la zona que se ocupara con pastos y ganado, como al interior para la división de potreros de rotación, ubicando cada árbol a una distancia entre los 2 y 5 metros entre cada estaca dependiendo de la especie que se desea sembrar, teniendo en cuenta que aportan al primer paso de la implementación de un SSPi:

- Matarraton: El Matarratón (*Gliricidia sepium*), es una de las especies consideradas como fuente de alimentación animal y valor nutritivo convirtiéndola en una buena alternativa práctica y económica para incrementar la productividad animal y la disminución en costos de producción (Cardozo, 2013).

Figura 27. ***Cercas vivas de Matarraton en el Tolima.***

Fuente: CIPAV (2018).

Para la selección de esta especie arbustiva se tuvieron en cuenta sus propiedades y la facilidad de fijación de nitrógeno. Alcanza alturas de hasta 12 metros con sus ramas, fácil desarrollo en climas cálidos, con temperaturas entre los 20 y 29 °C, alturas desde el nivel del mar y buena adaptación a suelos con pH mayor a 5, bajos costos de implementación y no requieren épocas específicas para su plantación.

La forma de sembrar está cerca viva es enterrando bolsas con la planta ya en crecimiento y con una distancia máxima de 2 metros entre planta teniendo en cuenta que no son árboles de copa ancha (Corpoboyaca, 2016). Para establecer la cantidad requerida de plantas de acuerdo con el perímetro de la zona destinada para las cercas vivas en el Lote A y el Lote B, fue necesario para el desarrollo de ecuaciones teniendo en cuenta el área total de una parcela el potrero y así mismo:

Tanto el lote A como el lote B cuentan con 22 subdivisiones las cuales cada una mide 547,72 m y 721,11m respectivamente como se observa en las figuras 28 y 29. Para el cálculo del número de plantas a sembrar se utilizaron las siguientes formulas

Lote A

$$\boldsymbol{A_{1parcela} = L^2}$$
$$300.000m^2 = L^2$$
$$\sqrt{300.000m^2} = \sqrt{L^2}$$
$$547{,}72m = L$$

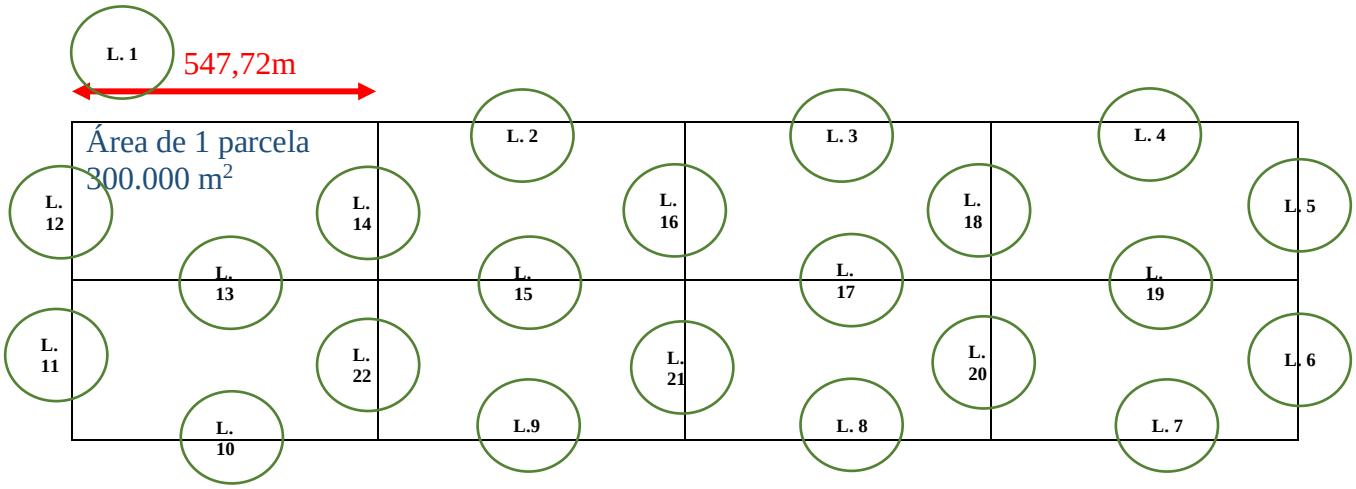
$$\boldsymbol{\#\ de\ arboles = \frac{Distancia\ de\ cada\ lado\ de\ la\ parcela}{Distancia\ de\ siembra} = \frac{547{,}72m}{2m}}$$
$$\boldsymbol{= 273{,}86\ arboles\ por\ cada\ lado\ de\ la\ parcela\ x\ 22\ lados\ de\ parcela}$$
$$\boldsymbol{= 6.024{,}92\ arboles\ a\ sembrar\ en\ el\ lote\ A}$$

Lote B

$$\boldsymbol{A_{1parcela} = L^2}$$
$$520.000m^2 = L^2$$
$$\sqrt{520.000m^2} = \sqrt{L^2}$$
$$721{,}11m = L$$

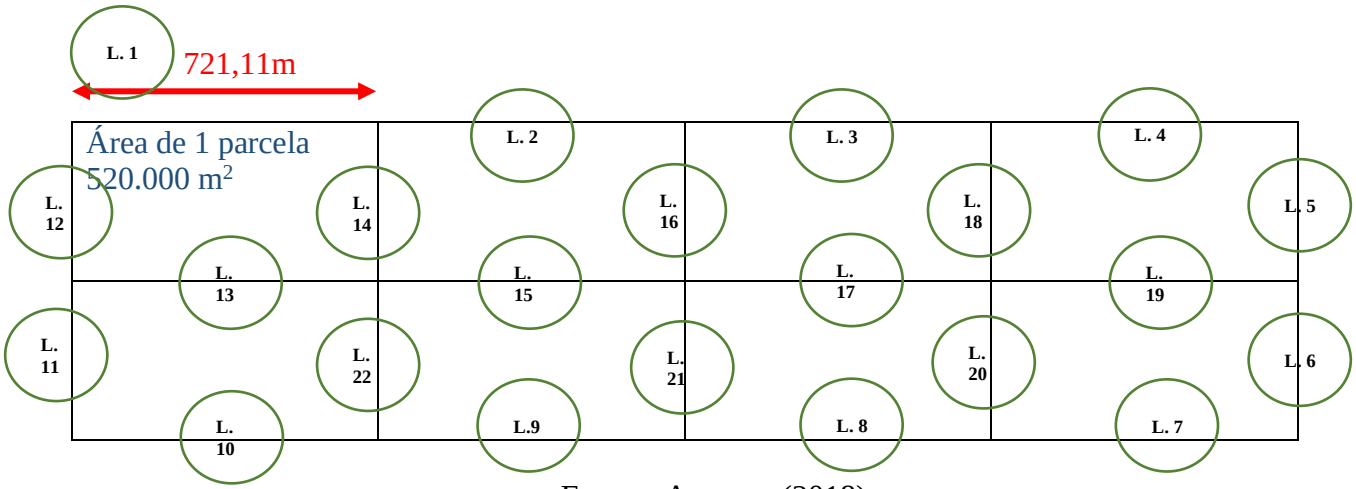
$$\#\ de\ arboles = \frac{Distancia\ de\ cada\ lado\ de\ la\ parcela}{Distancia\ de\ siembra} = \frac{721,11\ m}{2m}$$
$$= 360,55\ arboles\ por\ cada\ lado\ de\ la\ parcela\ \ x\ 22\ lados\ de\ parcela$$
$$= 7.932,1\ \ arboles\ a\ sembrar\ en\ el\ lote\ B$$

Figura 28. ***Descripción de los lados de las parcelas del potrero del lote A***



Fuente: Autores, (2018)

Figura 29. ***Descripción de los lados de las parcelas del potrero del lote B***



Fuente: Autores, (2018)

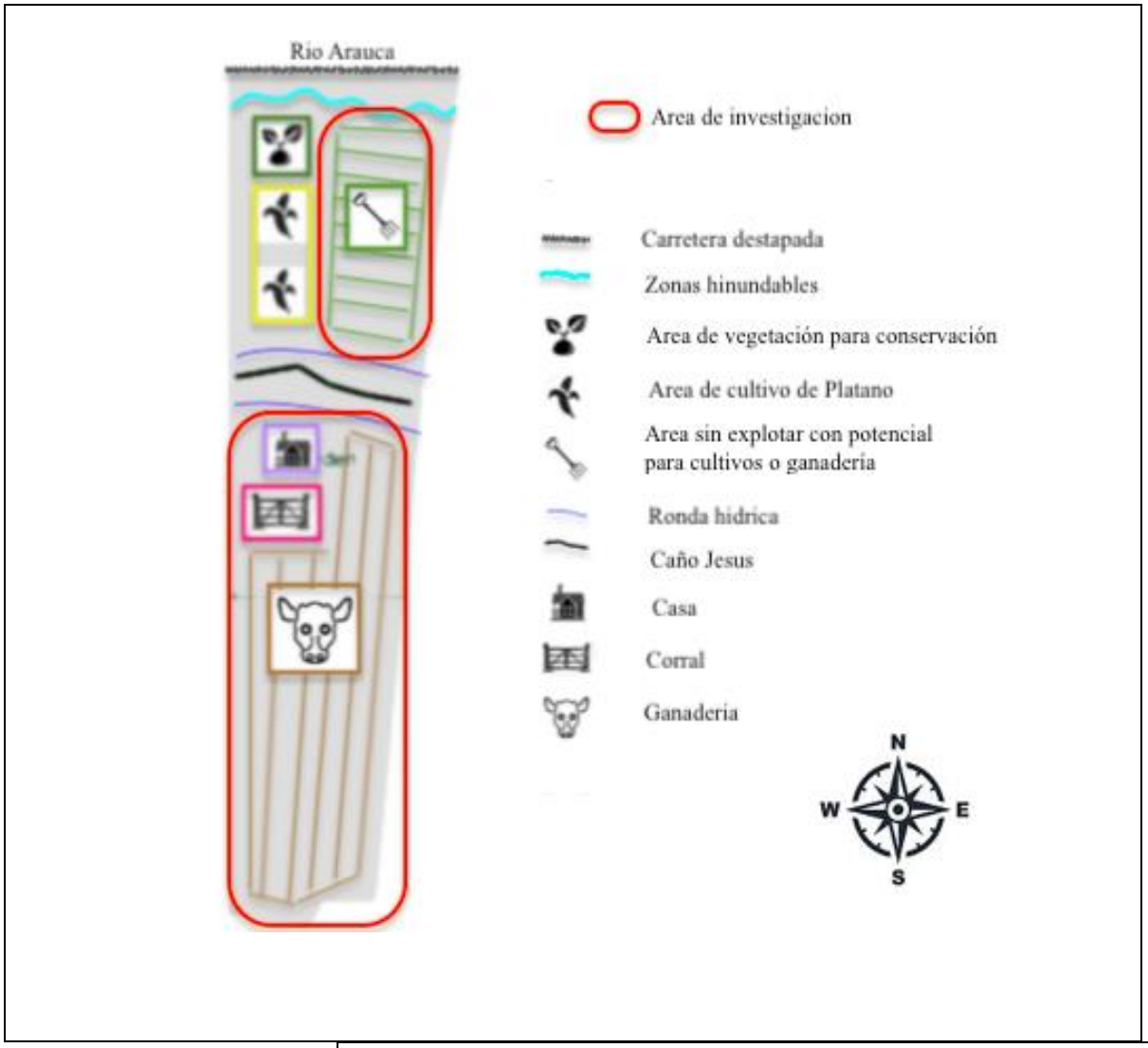
Haciendo el cálculo de Nº de árboles en un área cuadrangular, la cual normalmente es empleada en terreno planos, se estableció un total de 13.957 árboles divididos respectivamente en los dos lotes de la finca zona de estudio.

Para la variable de costos, se encontró que la bolsa con la planta de unos 50 cm de crecida tiene un valor aproximado de $2.500 por unidad (Vivero, 2018). Así mismo introduciendo este valor al total de árboles requeridos, para alcanzar esta primera alternativa son necesarios $34’892.500

El cálculo del costo de mano de obra se obtiene a partir de la información del total de ha que puede trabajar un jornalero propuesto por la CIPAV (2016), en donde se menciona que un jornal trabaja 1 ha por día y se estima que trabajen 15 jornaleros cada día, además de esto; el propietario de la finca zona de estudio dice que la mano de obra al día está en $25.000, para un total de 648,68 ha a intervenir con los jornaleros es equivalente en pesos es $16.217.000 y este trabajo se realiza en aproximadamente 43 días de trabajo.

Tabla 9. ***Ficha 1.***

	FICHA Nº1 Elaborada 5/04/2018	
PROYECTO 1: SIEMBRA DE CERCAS VIVAS		
1. OBJETIVO		
Proponer un plan de siembra de cercar vivas como primer paso de la implementación de un SSPi.		
2. TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR		
CONTROL X	PREVENCIÓN X	MITIGACIÓN X
3. IMPACTOS A MANEJAR		
Erosión del suelo		
Perdida de fertilidad del suelo		
Deforestación		
Pérdida de biodiversidad		
Exposición directa de animales		
Compactación por pastoreo		
4. LINEAMIENTOS		
Adaptación climática		
Adaptación de la propiedades específicas del suelo		
Potencial de biomasa		
5. ACCIONES A EJECUTAR		
No.	**DESCRIPCIÓN**	
1.	Identificar las zonas en donde se sembrarán los árboles.	



2.	Identificar árboles a sembrar	
Matarraton (*Gliricidia sepium)*		
3.	Método de establecimiento de cerca viva	
4.	Se procede a realizar la preparación del terreno	
	Des compactación de la tierra	Medición de la distancia entre cada árbol
	Siembra	

6. COSTOS			
Mano de Obra	**# Jornaleros**	**$**	
	15	$16.217.000	
Árbol	Compra de árbol de aproximadamente 50cm (Precios discriminados en el documento)		
	Cantidad	**$**	
Matarraton	13.957 arboles	Total	ha

		$34’892.500	$73.900
7. LUGAR DE EJECUCIÓN			
Potrero actual de la finca (Lote B) y creación de nuevo potrero (Lote A)			

12.3.2. Sistemas silvopastoriles intensivos

La implementación de la segunda alternativa se realizó teniendo en cuenta las condiciones ambientales y geológicas que fueron previamente evaluadas en el objetivo número 1. Para esta se necesita la introducción de tres especies de plantas de diferentes estratos cada una. La primera la especie con función de cerca viva (Matarraton), descrita anteriormente. La segunda con función de arbusto forrajero (Botón de oro) y la tercera y última, con función de pastos mejorados (Estrella Africana). Las dos faltantes serán descritas a continuación:

- *Botón de oro (Tithonia diversifolia):* Es una planta herbácea de la familia Asracea, originaria de Centro América, también es una especie con buena capacidad de producción de biomasa, rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo. Presenta características nutricionales importantes para su consideración como especie con potencial en alimentación animal por esto, en el sistema es considerada como arbusto forrajero (Benavides, 1997).

Figura 30. ***Botón de oro florecido.***

Fuente: Autores (2018)

Tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo para sitios con las siguientes condiciones ambientales y de suelo:

Figura 31. ***Condiciones ambientales para siembra de Tithonia divesifolia en SSPi***

Rango altitudinal de adaptación	0 – 2500 m.s.n.m.
Precipitación	800 – 5000 mm/año
Rango temperatura	14 – 30 °C
pH del suelo	4,5 – 8,0
Fertilidad del suelo	Baja a alta
Adaptación	Suelos ácidos a ligeramente alcalinos. Suelos pesados con mediana saturación de iones de aluminio o hierro y bajo contenido de fósforo.
Restricciones	Saturación con iones de aluminio suelos encharcados

Fuente: CIPAV (2011).

Según la información del Manual de Establecimiento y Manejo se Sistemas Silvopastoriles en los pasos para la siembra de esta especie vegetal se deben tener en cuenta parámetros como la selección del material vegetativo (Bolsas germinadas o semillas), la profundidad de 2cm de enterramiento y distancia a la que se siembran dicho material que es de 3x3 m y fertilización con abonos naturales que pueden ser elaborados en la misma finca (CIPAV, 2011).

Figura 32. ***Tithonia divesifolia o Botón de Oro.***

Fuente: Cipav (2011)

Para establecer la cantidad requerida de plantas de acuerdo área de la zona destinada para la implementación de SSPi en el Lote A (300.000 m^2) y el Lote B (520.000 m^2), fue necesario para el desarrollo la siguiente fórmula:

Figura 33. ***Fórmula para el cálculo del número de arbustos forrajeros.***

SISTEMA DE PLANTACIÓN	FORMULA
Retangular o quadrangular	N= M/(a*A)
Tresbolillo	N= M/ (a2 *0.866)
Lineal	N= (L/a) + 1.
Donde: N= número de árboles requeridos, M= área a emplear (m2) A,a = distancia entre árboles (A: largo en m, a: ancho en m), 0.866 = constante (seno de 60 grados), L= longitud a plantar (m)	

Fuente: El semillero. (2005).

Lote A $N = \frac{300.000m^2}{3m\ x\ 3m} = 33.333{,}3\ Arbustos\ requeridos\ en\ 1\ parcela\ x\ 8\ parcelas = 266.666{,}4\ arbustos$

Lote B $N = \frac{520.000m^2}{3m\ x\ 3m} = 57.777{,}7\ Arbustos\ requeridos\ en\ 1\ parcela\ x\ 8\ parcelas = 462.221{,}6\ arbustos$

OPCIÓN 1: Haciendo el cálculo de Nº de arbustos en un área cuadrangular, la cual normalmente es empleada en terreno planos, se estableció un total de 728.888 arbustos que en representación para la compra serian estacas ya germinadas, respectivamente en los dos lotes de la finca zona de estudio.

En cuanto a la variable de costos (Vivero, 2018), la bolsa para plantación de semilla en germinación de Botón de oro está en $200 la bolsa en germinación para compras al por mayor, este precio se multiplica por la cantidad de bolsas requeridas en los dos lotes lo que nos arroja un total de $145’777.600.

OPCIÓN 2: Teniendo en cuenta los elevados costos de esta alternativa, se propone implementar una plantación madre con el fin de al largo plazo tener un banco de estacas e ir sembrando paulatinamente los lotes faltantes.

OPCIÓN 3: También se puede considerar aumentar la distancia de siembra a 9x9 metros sabiendo que con la implementación de la estrella africana como cultivo complementario al botón de oro se pueden disminuir costos. Haciendo referencia a los costos desarrollados con esta tercera opción obtendríamos para el lote A un total de 29.629 estacas con un costo de $5’952.920 y para el lote B

51.358 estacas para un total de $10’271.600 sumando los dos lotes la inversión de esta alternativa es de 16’ 197.570.

- *Estrella Africana (**C**ynodon plectostachyus):* Es una gramínea perenne, rastrera y larga oriunda de África Oriental, se adapta muy bien a climas cálidos y medios de 0 a 2000 m.s.n.m., es resistente a sequía y soporta encharcamiento, crece bien en un rango amplio de en pH de 4.5 a 8.0, además posee valores altos de proteína lo que la hace esencial en actividades como el pastoreo e importancia en producción de energía para el animal. Su productividad se da en suelos fértiles o con niveles altos de fertilización. Su siembra es después de la siembra del botón de oro (CIPAV, 2011) (Velázquez, 2010).

Figura 34. ***Cynodon plectostachyus.***

Fuente: UF (2018).

Con el fin establecer la variable de costos, es necesario tener en cuenta que se necesitan de 5 a 10 Kg de semillas por ha, sabiendo que actualmente el kilo de estrella africana está a $2.000 (Vivero, 2018), Según lo anterior:

Lote A

$5Kg\ x\ 234{,}08\ ha = 1.170{,}4\ Kg\ de\ semillas$

$Costos.$ = 1.170,4 Kg x $2.000 = $2’340.000

Lote B

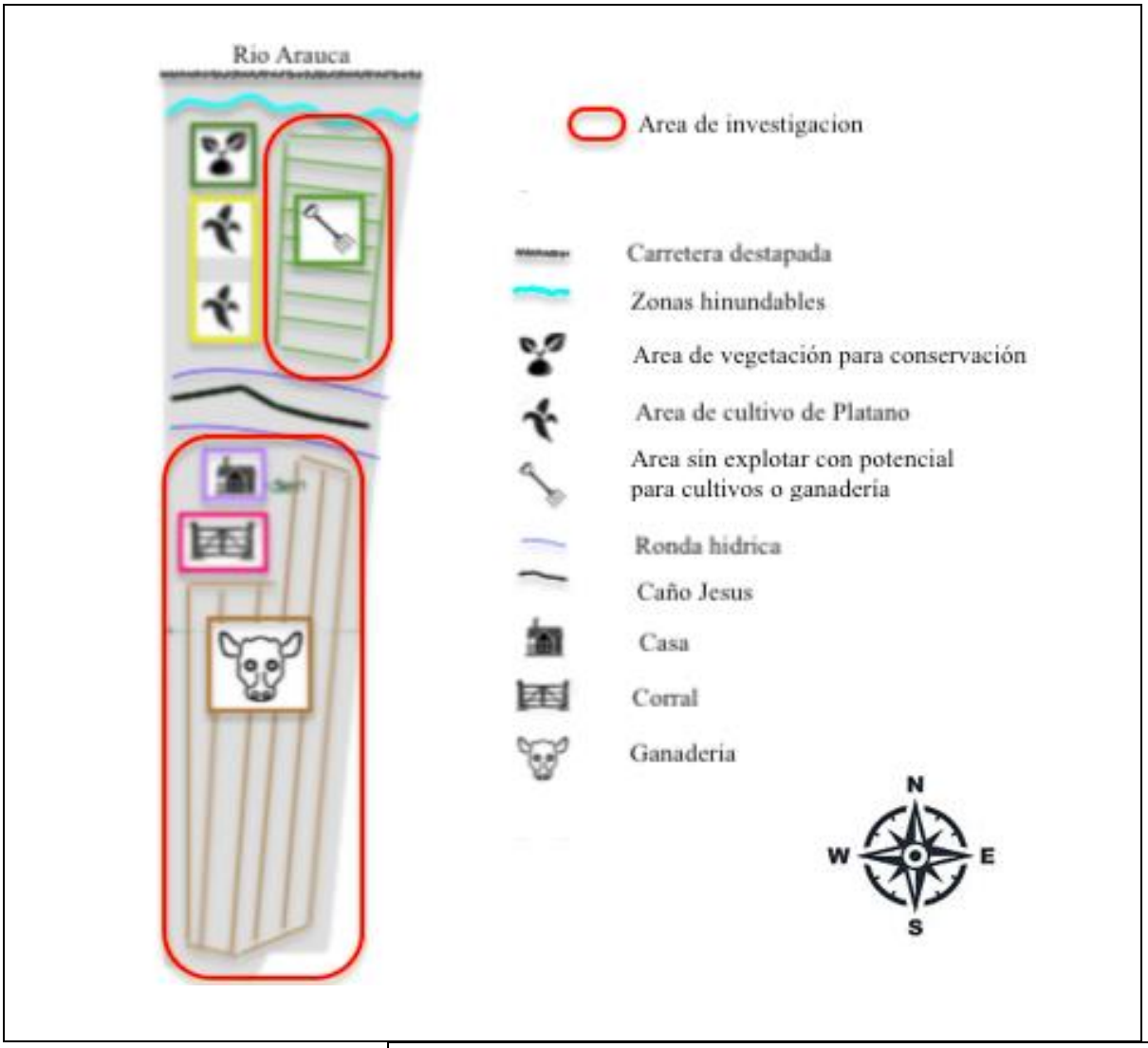
$5\ Kg\ x\ 414{,}6\ ha = 2.073\ Kg\ de\ semillas$

$Costos.$ = 2.073 Kg x $2.000 = $4’146.000

Para establecer el valor de la mano de obra, se tuvo en cuenta los mismos valores de la alternativa 1 ya que son las mismas zonas a intervenir.

Tabla 10. ***Ficha 2.***

	FICHA Nº2 Elaborada 5/04/2018	
PROYECTO 2: IMPLEMENTACIÓN SE SISTEMAS SILVOPASTORILES INTENSIVOS		
1. OBJETIVO		
Lograr la integridad y eficacia que otorga un SSPi a la finca zona de estudio y así lograr el equilibrio de producción sostenible.		
2. TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR		
CONTROL X	PREVENCIÓN X	MITIGACIÓN X
3. IMPACTOS A MANEJAR		
Mala calidad del suelo		
Mala calidad de vida del animal		
Pérdida de biodiversidad		
Deterioro paisajístico		
Estabilización de polinización en el sistema		
Baja producción primaria		
4. LINEAMIENTOS		
Adaptación climática		
Adaptación a la propiedades específicas del suelo		
Aumento en producción en base a la sostenibilidad		
5. ACCIONES A EJECUTAR		
No.	**DESCRIPCIÓN**	
1.	Identificar las zonas donde se implementará el SSPi teniendo en cuenta la implementación del proyecto 1 ya que este fue el paso inicial para su el desarrollo de este.	



2.	Identificar el cultivo de arbustos forrajeros	
Botón de oro (*Tithonia diversifolia*)		
3.	Método de establecimiento de arbustos forrajeros	
4.	Se procede a realizar la preparación del terreno	
	Des compactación de la tierra	Limpiar el área de sembrado
	Siembra de estacas acostadas	
5.	Identificar el cultivo de pastos mejorados	
Estrella africana (*Cynodon plectostachyus)*		
6.	Método de establecimiento de pastos mejorados	

11. COSTOS		
Mano de obra	**# Jornaleros**	**$**
	15	$16.217.000
Especie	Compra de semillas (Precios discriminados en el documento)	
	Cantidad	**$**

Botón de oro	728.888 estacas germinadas	Total	ha
		$145’777.600	$234.400
Estrella africana	3.243 Kg de semillas	$6’486.000	
7. LUGAR DE EJECUCIÓN			
Potrero actual de la finca (Lote B) y creación de nuevo potrero (Lote A)			

Fuente: Autores (2008)

12.3.3. Cultivos de cobertura

La tercera implementación son los cultivos de cobertura, los cuales tendrán lugar entre los cultivos de plátano, para su correcta asociación se eligió la especie más adecuada con cultivos perennes, la cual se desglosa a continuación:

- Crotalaria (*Crotalaria juncea L*): Especia herbácea de la familia Fabácea o leguminosa, nativa de la India y Pakistán, cultivada especialmente en regiones tropicales y subtropicales, crecen bien a temperaturas desde 21º hasta más de 37º, además de una humedad moderada, tolera suelos de baja fertilidad con pH entre 5,0 y 8,4, resistente a la sequía. Aspectos que la hacen la mejor opción como cultivo de cobertura.

  Cuando se establece una nueva parcela de banano, el cultivo de cobertura debe tolerar la luz y no competir con las plantas del plátano. Debe poseer además muchas de las siguientes características: ser rastrero, extenderse rápidamente, poseer un sistema radicular complementario que fijen nitrógeno o raíces profundas que puedan capturar agua y nutrientes que no están al alcance de las plantas de plátano, no ser hospedero de patógenos del plátano y no competir por recursos como agua, luz y nutrientes (Li, Wang ,Klassen, Hanlon, sin año).

Efectivamente, para su siembra es necesaria una superficie de 1 cm de profundidad del suelo, teniendo en cuenta la no siembra en la zona de plateo de la planta del plátano. Esto es necesario para su correcto crecimiento, dado que esta es una zona delicada, tal cual como se estableció en el marco referencial.

Con la intención de exponer la variable de costos, es necesario recalcar, como se hizo en la anterior alternativa, la necesidad de 3 a 5 Kg de semillas por ha, sabiendo que actualmente el kilo de semilla de crotalaria está a $5.000 (Vivero, 2018) . Según lo anterior:

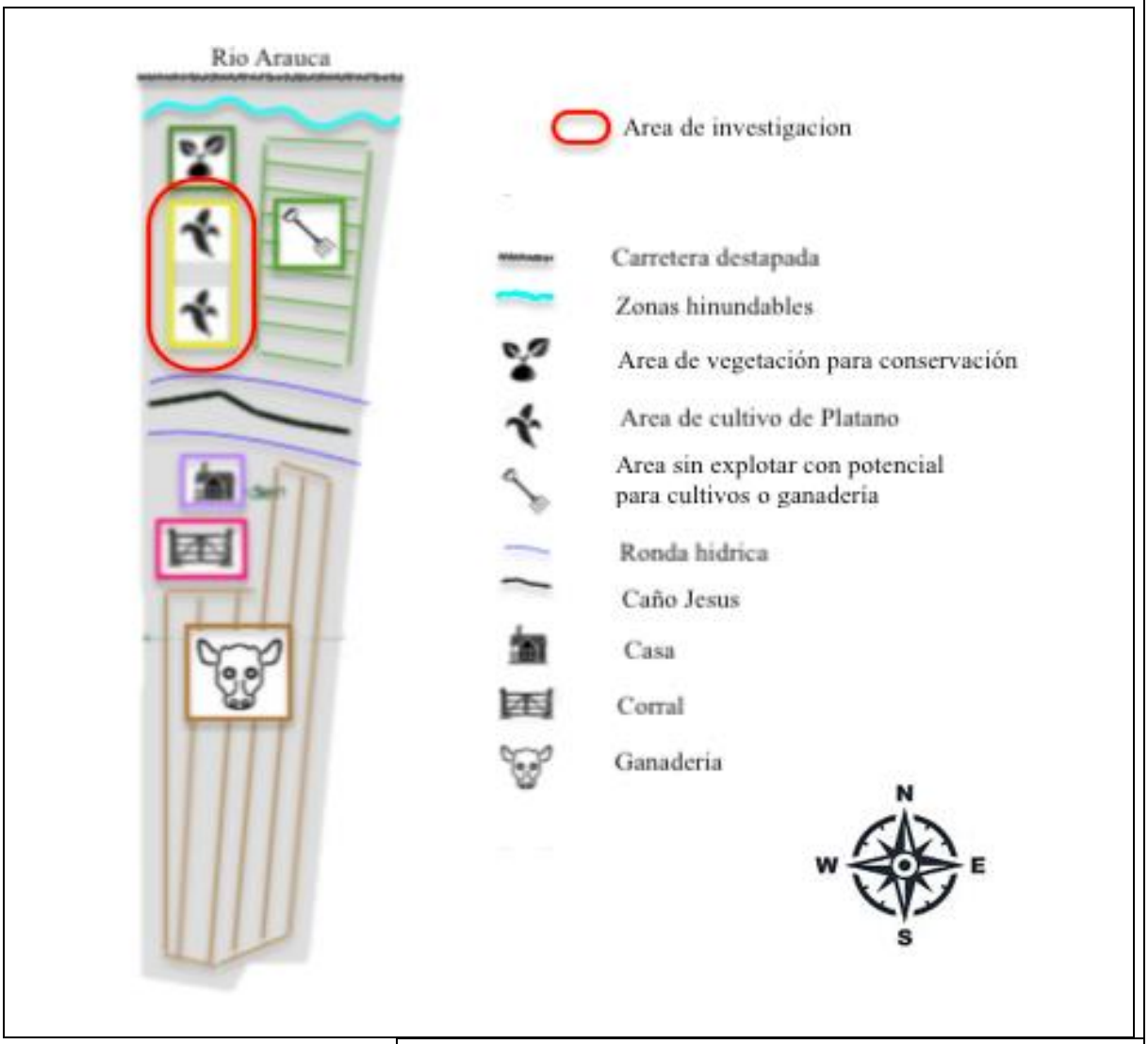
$$5\ Kg\ x\ 10\ ha = 50\ Kg\ de\ semillas$$

$$Costos. \quad = 50\ \text{Kg x } \$5.000 = \$250.000$$

Para el cálculo del costo de mano de obra es necesario partir de la información planteada en la alternativa 1, siendo así para un total de 10 ha a intervenir teniendo en cuenta que ya se encuentra plantación de plátano en esta zona, es necesario 10 jornaleros que equivalente en pesos es $250.000.

Tabla 11. ***Ficha 3.***

s	**FICHA Nº3 Elaborada 5/04/2018**	
PROYECTO 3: INTEGRACIÓN DE CULTIVOS DE COBERTURA CON EL CULTIVO PRINCIPAL DE LA FINCA (PLÁTANO)		
1. OBJETIVO		
Asociarle al cultivo principal del plátano, un cultivo de cobertura que sirva de mitigación hacia alguna afectación directa al suelo del cultivo principal.		
2. TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR		
CONTROL	PREVENCIÓN X	MITIGACIÓN X
3. IMPACTOS A MANEJAR		
Erosión del suelo		
Plagas		
Supresión de malezas		
Perdida de nutrientes		
4. LINEAMIENTOS		
Adaptación climática		
Adaptación a la propiedades específicas del suelo		
Compatibilidad con el cultivo asociado		
5. ACCIONES A EJECUTAR		
No.	**DESCRIPCIÓN**	
1.	Identificar las zonas de donde se sembraran los cultivos de cobertura.	



2.	Identificar el cultivo de cobertura a sembrar.
Cotralaria (Crotalaria Juncea L)	
3.	Método de establecimiento de cultivo de cobertura
4.	Se procede a realizar la preparación del terreno
	Definir que el área de siembra respete el área radicular del plátano.

6. COSTOS		
Mano de obra	**# Jornaleros**	**$**
	10	$250.000
Especie	Compra de semillas (Precios discriminados en el documento)	
	Cantidad	**$**
Crotalaria	50 Kg de semillas	$250.000
7. LUGAR DE EJECUCIÓN		
Zona de cultivo de plátano de la finca (Lote A)		

12.3.4. Pastoreo rotacional

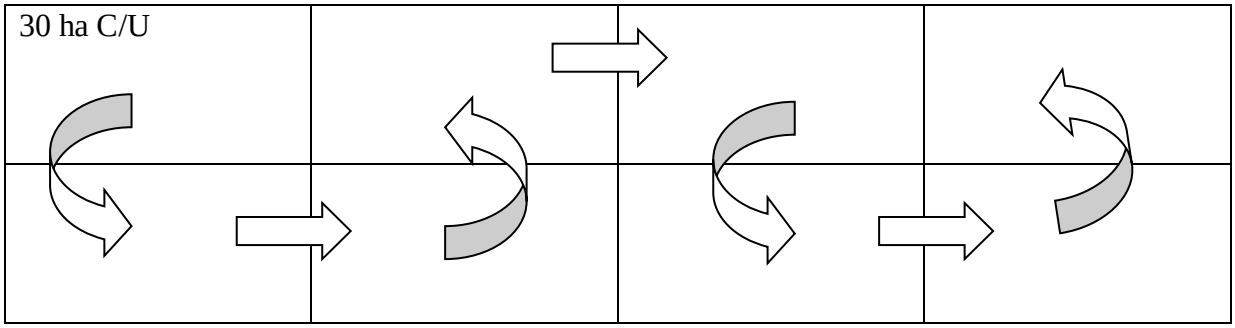
Para complementar el adecuado empleo de un sistema silvopastoril intensivo, es esencial la implementación de la técnica del pastoreo rotacional, propuesta adaptada en el artículo denominado "*las leyes universales de andré voisin para el pastoreo racional"* (Franco, 2009), de allí se utilizaron ecuaciones para el cálculo de numero de potreros, etc., obteniendo los siguientes resultados.

De parcelas = (días de descanso/ días de uso) +1
De parcelas = (42 días / 6 días) + 1 = 8 Parcelas

Teniendo en cuenta esta información se hace la división de las áreas seleccionadas para ganadería en el número de potreros necesarios para hacer la rotación efectiva.

Lote A

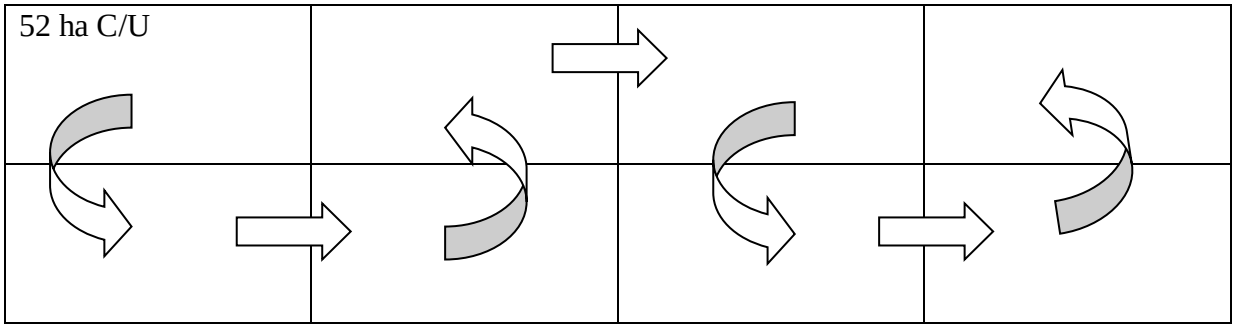
- Tamaño de los potreros = (Área total del potrero / # de parcelas necesarias) = ha/ potrero
- Tamaño potreros = (234ha / 8 Parcelas) ≈ 30 ha/ Parcela



Teniendo en cuenta esta información, se calcula el número de Vacas que puede soportar cada potrero ocupado y para dejar descansar los 7 restantes se calculan 4 Vacas por ha, para un total de 116 Vacas para el lote A, esta metodología se repite con el lote B pero con la variación del tamaño propuesto para ganadería en este.

Lote B

- Tamaño de los potreros = (Área total del potrero/ # de parcelas necesarios) = ha/ parcela
- Tamaño potreros = (414,6 ha / 8 Parcela) ≈ 52 ha/ Parcela



Total de Vacas LOTE B= 4 Vacas * ha
T Vacas lotes b = 4*52 = 208 Vacas

Lote A + Lote B = 116 + 208= 324 vacas

El posterior resultado de cabezas de ganado es satisfactorio para la cantidad actual de cabezas de ganado en la finca (300 cabezas).

El primer pastoreo debe realizarse a los tres o cuatro meses de que este establecido el SSPi, utilizando animales jóvenes para evitar la compactación del suelo, desgarres en el botón de oro y daños en los pastos jóvenes. Los pastoreos siguientes deben realizarse cada 35 a 40 días en descanso y con períodos de ocupación

Tabla 12. ***Ficha 4.***

	FICHA Nº4 **Elaborada 5/04/2018**	
PROYECTO 4: INCLUSIÓN DEL PASTOREO ROTACIONAL EN EL SSPi		
1. OBJETIVO		
Optimizar la implementación del sistema silvopastoril, evaluado en el proyecto 2 , para mejorar la calidad del proceso de producción agropecuario sostenible en la finca zona de estudio.		
2. TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR		
CONTROL X	PREVENCIÓN X	MITIGACIÓN X
3. IMPACTOS A MANEJAR		
Compactación por pastoreo		
Estrés animal		
Mala calidad de vida del animal		
4. LINEAMIENTOS		
Número de cabezas de ganado		
Hectáreas totales destinadas a ganado		
Días de descanso		
Días de ocupación		

5. ACCIONES A EJECUTAR	
No.	**DESCRIPCIÓN**
1.	Identificar el número total de cabezas de ganado
300 cabezas de ganado	
2.	Identificar las zonas en donde se implementará el pastoreo rotacional
414,6 ha (Lote B)	

3.	Implementación de la nueva zona dedicada al pastoreo, ubicado en el lote A de la finca zona de estudio, en la cual ya se habrá procedido con los proyectos 1 y 2
234 ha (Lote A)	

4.	Definir los días de ocupación de parcelas por potrero	
6 días de ocupación		
5.	Definir los días de descanso de parcelas por potrero	
42 días de descanso		
6.	Definir número de parcelas por potrero	
8 parcelas		
7.	Definir número de cabezas para pastoreo rotacional en cada potrero	
	Lote A	Lote B
	117 Cabezas de ganado	**208 cabezas de ganado**
6. LUGAR DE EJECUCIÓN		
Potrero actual de la finca (Lote B) y creación de nuevo potrero (Lote A)		

Finalmente, en el mapa de la finca Rosa Blanca (Figura 35), se disponen todas las alternativas que han hecho parte de la presente propuesta y se espera que el propietario implemente para tener un sistema productivo agropecuario sostenible como alternativa de conservación de los suelos.

Figura 35. ***Sistema productivo agropecuario sostenible como alternativa de conservación de los suelos***

Fuente: Autores (2018)

13. CONCLUSIONES

Objetivo específico 1: Una vez realizado el diagnóstico inicial del sistema productivo convencional en la finca de estudio, se lograron reorganizar ciertas zonas para un mejor aprovechamiento de los recursos según los resultados de las propiedades del suelo y demás variables para el acondicionamiento del sistema productivo sostenible.

Objetivo específico 2: A razón de la evaluación de diferentes técnicas agropecuarias se evidenciaron 4 técnicas relevantes que favorecen por adaptabilidad la integración de las diferentes variables definidas para el ajuste adecuado de un modelo ideal.

- Dentro de las alternativas evaluadas desde el punto de vista ingenieril las que mejor se adaptan a la finca son en su orden: cercas vivas, sistemas silvopastoriles intensivos, cultivos de cobertura y pastoreo rotacional
- La mayoría de las alternativas presentan restricciones en la dimensión económica y social debido a que se requiere asistencia técnica, inversión para su implementación, mantenimiento, y un cambio en el racionamiento cultural del agricultor ya que son técnicas que no hacen parte de su tradición.

Objetivo específico 3: El dueño de la finca se encuentra de acuerdo con las medidas a implementar y hace referencia en que, a pesar de ser un gran productor con 300 cabezas de ganado, es importante el cuidado del suelo, reconociendo la importancia que representa para el ecosistema.

- Los programas desarrollados para establecer los lineamientos de la propuesta se presentaron de manera clara, organizada y puntual para que sean accesibles a cualquier persona y de fácil entendimiento.
- En general las alternativas seleccionadas para ejecución presentaron medidas que tienen múltiples beneficios en la dimensión social, económica y ecológica.
- Las alternativas seleccionadas para la propuesta en este trabajo de investigación hicieron parte de la adaptación basada en ecosistemas y en comunidades, que busca aumentar la capacidad de adaptación del agricultor y su finca, y disminuir la vulnerabilidad.
- En cuanto al costo de implementación de las cercas vivas, el propietario de la finca, tenedor de otras tierras en Montería, Colombia, asegura tener arboles de Matarraton lo cual, evita la inversión de este cultivo en gran masa.
- La alternativa más costosa de las seleccionadas para implementar es la del sistema silvopastoril en cuanto a la siembra del botón de oro por las grandes cantidades de semillas o estacas necearías para satisfacer la totalidad de la zona seleccionada para este sistema, sin embargo se puede realizar la implementación por partes de la finca ya que por el rápido crecimiento de esta especie se pueden tomar sus semillas para sembrarlas después del crecimiento en esta zona y esparcirla por el resto de las zonas disminuyendo costos en la compra de semillas.
- Teniendo en cuenta que el dueño de la finca es considerado un gran productor, no habrá problemas de costos generados por la extensión de la zona de estudio

13.1. GENERALES.

- La metodología desarrollada a lo largo del trabajo fue efectiva en tanto permitió cumplir los objetivos establecidos y delimitar el alcance.
- El presente trabajo sirve como aporte para pastoreo rotacional en fincas de grandes productores, teniendo en cuenta el déficit y la precariedad de documentos de implementación de este hacia fincas de gran masa.
- Las instituciones académicas junto con las entidades del Estado tienen el deber social de fijar sus miradas a los problemas de los sectores económicos que sustentan el país, y más si los involucrados principales son las comunidades vulnerables. Estas entidades tienen las herramientas para actuar de forma inmediata y objetiva, y las comunidades esperan con buena disposición aprender y hacer lo mejor que puedan para tener una mejor calidad de vida.
- Al finalizar con la propuesta de sistema productivo los autores consideran que este tipo de proyectos contribuyen a la solución de problemas actuales relacionados con el sector agropecuario para su futura organización y utilización de los suelos productivos del país.

14. RECOMENDACIONES

- Es de vital importancia la unificación de la información plasmada en el POT y EOT de Arauca con lo diagnosticado en campo, puesto que se encontraron divergencias en las dos fuentes de información. Por ello a lo largo del documento se hace énfasis en los mecanismos de comunicación que se deben establecer o mejorar según sea el caso entre las entidades públicas y los agricultores.

- Se recomienda continuar con la fase posterior a este estudio, la cual refiere a la implementación de los programas obtenidos a partir del tercer objetivo en el orden que se considere pertinente, profundizando en los costos de las medidas puesto que el aspecto económico es determinante para su implementación. Como se expuso anteriormente, si éste resulta ser un caso de éxito puede ser replicado por agricultores cuyas fincas presenten condiciones similares a la zona trabajada.

- Se sugiere trabajar con el agricultor explicando las medidas y el desarrollo de las mismas de una manera comprensible, debido a que el determinante cultural puede llegar a ser un obstáculo para la inclusión de nuevas medidas. Pero siempre se debe tener en cuenta su opinión, se trata de debatir, explicar, entender y escuchar más nunca imponer.

15. BIBLIOGRAFÍA

AGCO abre la primera granja del futuro en Zambia. (2015, May 28). *Business Wire En Español* Retrieved from http://ezproxy.unbosque.edu.co:2048/login?url=https://search-proquest-com.ezproxy.unbosque.edu.co/docview/1683561716?accountid=41311

Agencia Agraria Leonicio Prado. (2017). Autoridades de Tingo María Promueven la Ruta del cacao 2017. Desde internet. En: http://www.agenciaagrarialeoncioprado.com/2017/03/autoridades-de-tingo-maria-promueven-la.html

Alcaldía municipal de Arauca. (11 de Mayo de 2016). *Plan De Desarrollo Municipal 2016-2019.* Obtenido de https://www.arauca-arauca.gov.co/Institucional/Paginas/Plan-de-Desarrollo%202016-2019.aspx

Alvira, F. (1983). La perspectiva cualitativa - perspectiva cuantitativa en la metodología sociológica. Reis Editorial.

Benavides, J. (1997). Arboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. Conferencia Electrónica de la FAO.

Borlaug & Dowswell. (2001). La inacabada revolución verde. El futuro de la ciencia y la tecnología en la alimentación del mundo en desarrollo. Airbioword.

Browne, E. P. (2017). Estrategia para el fomento de los sistemas agroforestales en la zona cayon-phillips de la federación de san kitts y nevis. Retrieved from. Desde internet. En: http://ebookcentral.proquest.com.ezproxy.unbosque.edu.co

Capurro, Surjack, Dickey, Andriani & González (2010). Cultivos de cobertura: evaluación de diferentes momentos de supresión del crecimiento. Revista para mejorar la producción.

Cardozo, J. (2013). El matarraton (gliricidia sepium) en la alimentación de rumiantes. universidad nacional abierta y a distancia Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Páginas: 71

CIPAV. (2011). Proyecto de Ganadería colombiana sostenible. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastorales.GEF.

CIPAV (2016). Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastoriles Intensivos con Leucaena. CIPAV COLOMBIA.

CIPAV. (2018). Hay cercas vivas de Matarratón con más de un siglo de existencia. contexto Ganadero. Desde internet. En: http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/hay-cercas-vivas-de-matarraton-con-mas-de-un-siglo-de-existe

Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. Universidad Nacional Autónoma de México

Colombia, Todos los Ministerios (1974, 18 de diciembre) ″Decreto número 2811 del 18 de diciembre de 1974, por el cual se dicta el Codigo Nacional de Recursos Naturales renovables y de Protección al Medio Ambiente", en Diario Oficial, num 34.243 de 18 de diciembre de 1974, Bogotá.

Colombia, Departamento Nacional de Planeación (2014) "Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018" [documento trabajo]

Colombia, ICONTEC (2012), "Buenas prácticas agrícolas para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas." [documento de trabajo]

Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2006, 31 de Julio) "Resolución número 187 de 2006, por el cual se adopta de reglamento para la producción primaria, procesamiento, empacado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización y se establece el Sistema de control de Productos Agropecuarios Ecológicos", Bogotá.

Colombia, Ministerio de agricultura y desarrollo rural (2011, 3 de noviembre), "Decreto número 4145 del 3 de noviembre del 2011, por el cual se crea la unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios – UPRA y se dictan otras disposiciones", 3 de noviembre del 2011, Bogotá.

Colombia, Ministerio de Desarrollo, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010), "Política Nacional de Producción y Consumo sostenible" [documento de trabajo]

Colombia, Ministerio de Hacienda y Crédito público y Ministerio de Agricultura (1993,22 de diciembre), "Ley 99 del 22 de diciembre de 1993, por el cual se crea el Ministerio del 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", en Diario Oficial, num 41.146, 22 de diciembre de 1993, Bogotá

Corpoboyaca. (2016). Recomendaciones para la implementación de cercas vivas y barreras rompe vientos. Desde Internet. En: http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO_III_RECOMENDACIONES_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_CERCAS_VIVAS_Y_BARRERAS_ROMPEVIENTOS.pdf

Chará, E. M. (2013). Los sistemas silvopastoriles Intensivos como herramienta de producción sostenible y mitigación del cambio climático. Universidad Nacional, CIPAV.

DANE. (2006). Perfil económico y social del departamento.

El semillero. (2005): Guía básica de plantación forestal. Desde internet. En: http://elsemillero.net/nuevo/semillas/guia_basica5.html

El Tiempo (2016). En Arauca, cultivan cacao fino de aroma y sabor. Desde internet. En: http://www.eltiempo.com/economia/sectores/produccion-de-cacao-en-arauca-33755

FAO. (2015). Agricultura sostenible. Desde internet. En: http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/

FAO. (2018). Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Desde internet. En: http://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/

FEDEGAN. (2009). Modulo Sistemas silvopastorales. Desde internet. En: http://www.fedegan.org.co/modulo-sistemas-silvopastoriles

Franco, M. (2009). Las Leyes universales de André Voisin para el pastoreo racional. l Instituto André Voisin Colombia yAnzola & Giraldo. (2015). Rotación de potreros, herramienta para incrementar la producción. Contexto ganadero. Desde internet. En: http://www.contextoganadero.com/reportaje/rotacion-de-potreros-herramienta-para-incrementar-la-produccio

Garzón, D. C., & López, A. (2017). Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de producción implementados por la asociación agropecuaria de Timbio. Universidad de Manizales.

González, J. (2017). Partes de una planta de musáceas plátano producción vegetal.

Huertas, P. A., & Ubaque, N. A. (2015). Formulación de un sistema productivo agropecuario sostenible bajo fenómeno de variabilidad climática, estudio de caso finca el campano, vereda lagunitas, municipio de Tausa, Cundinamarca. Bogotá: Universidad El Bosque.

IDEAM. (Sin año). Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. Desde internet. En: http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd

IFOAM. Normas para la producción y procesado orgánico. Desde internet. En: http://beee.es/documentos/Normas%20IFOAM.pdf

Jaimes, V. (2015). La Orinoquia de Colombia. Editorial Banco del Occidente.

Linares, H. (2007). Chocolate y cacao. Ficha 54. Unión Europea.

Li, Wang ,Klassen, Hanlon. (Sin año). Cotalaria. Desde internet. En: http://www.tropseeds.com/new/wp-content/uploads/2015/03/Crotalaria-Informacion-basica.pdf

MinAgricultura. Aspectos tecnológicos del plátano. Desde internet. En: http://www.mag.go.cr/bibioteca_virtual_ciencia/manual_platano_04.pdf

MinAgricultura. (2014). Cadena de plátano. Desde internet. En: https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/004%20-

%20Documentos%20Competitividad%20Cadena/D.C.%202014%20Octubre%20-%20Indicadores%20platano.pdf

OMC. (2016). Buenas práctica agropecuarias. Desde internet. En: http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10829%3A2015-buenas-practicas-agropecuarias-bpa&catid=7677%3Abpabpm&Itemid=41495&lang=es

Ospina, A. (2006). Cerca viva. Desde internet. En: México: www.ecovivero.org

Pound, B. (1997). Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América Latina. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica.

PNUD. (2018). Objetivos de Sostenibilidad. Desde internet. En: http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html

Promusa. (2018). Cultivos de cobertura. Desde internet. En: http://www.promusa.org/Cultivos+de+cobertu

Rainforest Alliance. (2017). Para producción agrícola y ganadera de fincas y grupos de productores. Desde internet. En: https://www.rainforest-alliance.org/business/sas/wp-content/uploads/2017/11/03_rainforest-alliance-sustainable-agriculture-standard_sp.pdf

SIAC. (2018). Suelos en Colombia. Desde internet. En: http://www.siac.gov.co/sueloscolombia

SAGAR, s.f. Sistemas silvopastorales. Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo rural. Dirección General de Desarrollo Rural.

SAGARPA. (2010). Sistemas agroforestales. Dirección General de Desarrollo Rural.

SAGARPA. (Sin año). Abonos Verdes. Dirección General de Desarrollo Rural.

Soil Survey Staff. 1951. Soil survey manual. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. Soil Conservation Service.

Velázquez, D. (2010). Características y Producción del Pasto Estrella (Cynodon Plectostachyus). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

United Cacao. (2014). Mercado mundial del cacao. Desde internet. en: http://www.unitedcacao.com/index.php/es/corporate-profile-es/global-cocoa-market-es

Universidad de Florida. (Sin año). Algunas malezas de Costa Rica y Mesoamérica. Desde internet. en: http://international_extension.ifas.ufl.edu/LaFlor/weeds-of-costa-rica/MALEZAS/Gramineas/cynodon-plectostachyusn.shtml

Vivero. (2018). Vivero Sorayita.