



**ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE SISTEMA PRODUCTIVO  
AGROECOLÓGICO CON BASE EN BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS  
(BPA) PARA UN MANEJO SOSTENIBLE DEL SUELO, CASO FINCA  
MAGDALENA VEREDA POTOSÍ DEL MUNICIPIO DE CAJAMARCA-  
TOLIMA**

Sebastián David Hernández Badillo  
Daniela Horta Márquez

Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, 18 de octubre de 2018

**ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE SISTEMA PRODUCTIVO  
AGROECOLÓGICO CON BASE EN BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS  
(BPA) PARA UN MANEJO SOSTENIBLE DEL SUELO, CASO FINCA  
MAGDALENA VEREDA POTOSÍ DEL MUNICIPIO DE CAJAMARCA-  
TOLIMA**

Sebastián David Hernández Badillo  
Daniela Horta Márquez

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

Director (a):  
Carlos Eduardo Quintero Murillo

Línea de Investigación:  
Gestión integral sustentable

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

Acta de sustentación

## **Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional**

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

*Dedicamos este trabajo de investigación principalmente a Dios, por ser el motor de nuestras vidas, fue quien nos dio la sabiduría y el entendimiento para plasmar cada palabra escrita y permitirnos haber llegado hasta este momento tan importante de formación profesional. A nuestros padres quienes han sido ese apoyo en cada etapa de nuestras vidas formándonos con sus buenos valores y hábitos, lo cual nos ha ayudado a salir adelante en los momentos difíciles que enfrentamos durante la realización del proyecto y por su apoyo económico y emocional para que podamos cumplir nuestros sueños. A nuestros profesores que nos brindaron los medios para sacar adelante el proyecto.*

## **Agradecimientos**

Este trabajo de grado realizado en la Universidad del Bosque es un esfuerzo en el cual han participado de forma directa o indirectamente distintas personas opinando, corrigiendo, dándonos ánimo, acompañándonos en los momentos de dificultad y felicidad.

En el presente trabajo de grado nos gustaría agradecerle primeramente a Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

De igual manera agradecer al profesor Carlos Quintero director de este proyecto, quien nos orientó y apoyo para la realización de esta investigación, pero sobre todo por su visión crítica, conocimientos y valiosa dirección.

A nuestro amigo camilo moreno por prestarnos su aporte en algunos resultados.

Todo esto no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional que nos brindaron y el cariño que nos inspiraron nuestros padres, que tuvieron paciencia frente a nuestras ausencias y malos momentos. Nunca van hacer suficientes nuestras palabras de agradecimiento.

## Tabla de contenido

Definición del problema.....	1
Objetivos.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Justificación.....	4
Marcos de referencia.....	4
Estado del arte.....	4
Marco teórico-conceptual.....	5
Marco Normativo.....	12
Marco Geográfico.....	13
Marco metodológico.....	15
1.1    Método.....	15
1.2    Enfoque.....	15
1.3    Alcance.....	15
1.4    Unidad de análisis.....	16
1.5    Plan de trabajo.....	16
Resultados, análisis y discusión de resultados.....	19
1.    Objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico de las condiciones agroecológicas, sociales, y económicas de la finca bajo estudio.....	20
1.1    Dimensión ecológica.....	20
1.2    Dimensión social.....	34
1.3    Dimensión económica.....	40
2.    Objetivo específico 2. Evaluar alternativas de buenas prácticas agroecológicas que se adaptan a las condiciones de la finca.....	45
2.1    Cercas vivas.....	46
2.2    Barreras vivas.....	47
2.3    Abonos verdes.....	48
2.4    Rotación de cultivos.....	49
2.5    Zanjas de infiltración.....	50
2.6    Compostaje.....	51
3.    Objetivo específico 3. Elaborar un modelo de sistema integrado de buenas prácticas agroecológicas para garantizar la transición a la agricultura sostenible.....	56
3.1    Cercas vivas:.....	60
3.2    Zanjas de infiltración.....	64

Conclusiones .....	69
Recomendaciones.....	70
Referencias.....	71
ANEXO 1.....	77
ANEXO 2.....	78
ANEXO 3.....	79
ANEXO 4.....	80
ANEXO 5.....	82
ANEXO 6.....	84

### **Tabla de figuras**

Figura 1 Papel de la agroecología en la conexión de los objetivos de la agricultura sostenible.....	8
Figura 2 Componentes, funciones y estrategias de manejo de la biodiversidad en un agroecosistema.	10
Figura 3 Visión integradora de las BPA .....	12
Figura 4 Ubicación geográfica del área de estudio .....	14
Figura 7 Pendiente 3 .....	21
Figura 8 Pendiente 2 <sup>3</sup> .....	21
Figura 9 Observación de dirección del viento .....	27
Figura 10 Promedio mensual de la dirección de los vientos.....	28
Figura 11 Cultivo de arracacha .....	29
Figura 12 Cultivo de tomate de árbol con antracnosis.....	30
Figura 13 Nivel de educación .....	34
Figura 14 Representación de las cercas vivas.....	46
Figura 15 Barreras vivas .....	47
Figura 16 Abonos verdes .....	48
Figura 17 Esquema de rotación de cultivos .....	49
Figura 18 Zanjas de infiltración .....	50
Figura 19 Representación de la técnica del Compostaje.....	51
Figura 20 Mapa a corto plazo .....	57
Figura 21 Mapa a mediano plazo.....	58
Figura 22 Mapa a largo plazo .....	59
Figura 23 Separación entre árboles en el mismo estrato.....	62
Figura 24 Separación entre estratos .....	62
Figura 25 Medidas estándar de las zanjas de infiltración .....	65
Figura 26 Patrón de rotación.....	67
Figura 27 Mucuna Pruriens.....	68

### **Listado de tablas**

Tabla 1 Comparación de la gestión requerida para sistemas productivos convencionales y sostenibles de especies herbáceas.....	10
Tabla 2 Normatividad relacionada con el proyecto .....	12
Tabla 3 Variables a evaluar.....	17
Tabla 4 Matriz de alternativas.....	18

Tabla 5 Escala de valoración .....	19
Tabla 6 Valor de categorización .....	19
Tabla 7 Análisis físico-químico de suelo de la finca Magdalena .....	20
Tabla 8 Estimativo conceptual de las bases en el suelo .....	20
Tabla 9 Resultados de análisis de laboratorio del recurso hídrico .....	23
Tabla 10 Medición de caudal .....	24
Tabla 11 Indicadores climatológicos .....	25
Tabla 12 Proyectos de la UMATA .....	38
Tabla 13 Costos del cultivo de arracacha.....	40
Tabla 14 Ingresos económicos por el cultivo de arracacha .....	41
Tabla 15 Costos del cultivo de tomate de árbol .....	42
Tabla 16 Ingresos económicos por el cultivo del cultivo de árbol.....	43
Tabla 17 Comparación de técnicas BPA.....	52
Tabla 18 Área de los lotes de la finca La Magdalena .....	60
Tabla 19 Costos a corto plazo de la cerca viva .....	63
Tabla 20 Costo a mediano plazo de la cerca viva .....	63
Tabla 21 Costo a largo plazo de la cerca viva.....	64
Tabla 22 Costo de la zanja a corto plazo .....	65
Tabla 23 Costo de la zanja de infiltración a mediano plazo .....	65
Tabla 24 Costo de la zanja de infiltración a largo plazo .....	66
Tabla 25 Costos del frijol a corto plazo .....	67
Tabla 26 Costos del frijol a mediano plazo.....	67
Tabla 27 Costos del frijol a largo plazo .....	68

## **Resumen**

El presente proyecto consiste en elaborar una propuesta de un sistema productivo agroecológico basado en buenas prácticas agrícolas en la Finca La Magdalena ubicada en Cajamarca, Tolima, para mitigar el impacto de los monocultivos (técnica particular del enfoque en la agricultura convencional) de arracacha y tomate de árbol por su alta demanda de insumos agroquímicos. Para lograr proponer el modelo de sistema productivo basado en BPA fue necesario iniciar por un diagnóstico que abarcó las dimensiones social, ecológica y económica.

Continuando con la recopilación para el montaje del modelo se prosiguió a realizar una consulta bibliográfica de 6 técnicas enmarcadas en la definición de agricultura sostenible y que permitieran el desarrollo de las buenas prácticas agrícolas. Para cada una de estas técnicas se realizó una descripción general, lo cual permitió realizar una comparación y así seleccionar las 4 técnicas más apropiadas de acuerdo a las condiciones de la finca.

Finalmente, con las 4 técnicas seleccionadas se realizó una representación gráfica por medio de mapas con la propuesta de desarrollo del modelo a corto, mediano y largo plazo; para cada una de las técnicas se estimaron los costos de implementación, descripción de la implementación y la asistencia técnica requerida.

Con el desarrollo del proyecto se pudo llegar a la conclusión de que las buenas prácticas agrícolas son una alternativa ideal para garantizar la sostenibilidad en la actividad agrícola, evitando la degradación de recursos como el suelo y el agua; sin embargo, se hace necesaria la asistencia técnica por entidades ya sea públicas o privadas para capacitar a los trabajadores.

Palabras clave: Agricultura sostenible, buenas prácticas agrícolas, sistema productivo agroecológico, gestión integral sustentable.

## **Abstract**

The present project consists in developing a proposal for an agroecological production system based on good agricultural practice at the La Magdalena farm located in Cajamarca, Tolima. This project will mitigate the impact of arracacha and tree tomato monocultures due to their high demand for agrochemical inputs. In order to achieve an adequate model of the project based on Good Agriculture Practices, it was necessary to start a diagnosis that encompassed the social, ecological, and economic dimensions of production.

Continuing with the compilation for the assembly of the model, we proceeded to make a literature review of 6 techniques framed in the definition of sustainable agriculture and that allowed for the development of good agriculture practices. For each of these techniques a general description was made, which allowed a comparison to be made and thus select the 4 most appropriate techniques according to the conditions of this farm.

For each of the four techniques, the costs of implementation, description of the implementation, and the technical assistance required are estimated.

With the development of the project, it can be concluded that good agricultural practices are an ideal alternative to guarantee sustainability in agricultural activity, avoiding the degradation of resources such as soil and water. In addition, technical assistance is needed by public or private entities to train workers.

Key words: sustainable agriculture, good agricultural practices, agroecological production system, sustainable integral management.

## Introducción

La agricultura sostenible surgió de cara a la necesidad la población rural de salir del periodo de la revolución verde y como primer esfuerzo se empezaron a desarrollar conceptos como la agricultura sustentable, la cual estaba enfocada en el aumento de la productividad, sin comprometer las condiciones ecológicas y económicas. Luego surge la definición de agricultura sostenible, que adicional a lo definido como agricultura sustentable, involucraba la dimensión social, pero que no tenía como idea central el aumento de la producción, sino un equilibrio multidimensional.

Dentro del panorama nacional se han desarrollado múltiples propuestas de sistemas productivos a gran escala, impulsadas por la tecnificación e industrialización de la actividad agrícola. A pesar de esto, algunas corporaciones y autoridades ambientales han priorizado el apoyo a productores agrícolas pequeños en diferentes partes del país.

Ahora bien, la realidad en el municipio de Cajamarca es diferente, pues a pesar de la existencia de entidades como CORTOLIMA, CORPOICA y la UMATA, no se ha logrado concientizar a la población acerca de la necesidad de iniciar un proceso de transición de agricultura convencional a la agricultura sostenible. No hay que negar que se han desarrollado algunos proyectos con el fin de dar un uso apropiado al recurso hídrico y a optimizar el uso de la tierra, pero desafortunadamente por limitaciones económicas no se han implementado en todo el municipio del Tolima y se han priorizado cultivos como el aguacate has, por su actual potencial económico gracias a la exportación, y no productos como la arracacha que es cultivo más abundante en la zona por tradición y porque no requiere de un capital económico tan grande como los demás.

Por las razones mencionadas anteriormente, se decidió elaborar la propuesta de un sistema agroecológico productivo en la finca La Magdalena, la cual está ubicada en Cajamarca, Tolima y donde se cultiva principalmente arracacha y tomate de árbol, pero que nunca han evaluado la posibilidad de implementar o diseñar un modelo productivo para aprovechar todo su potencial agrícola.

El trabajo consta de 4 secciones generales, donde la primera sección consta de la justificación, planteamiento del problema y objetivos tanto generales como específicos. Todos estos componentes fueron los que determinaron y orientaron el planteamiento de las siguientes 3 secciones.

Dentro de la segunda se definieron todos los marcos de referencia donde se identificaron las bases teóricas relacionadas a la gestión ambiental, la agricultura sostenible y a las buenas prácticas agrícolas, la ubicación geográfica de la finca dentro del territorio del municipio de Cajamarca, y finalmente, la definición de la metodología que parte de un enfoque cualitativo, pero sin descartar algunas técnicas con variables cuantificables. La elección de este enfoque estuvo marcada también por la disponibilidad de la información y al periodo de tiempo en el cual se desarrolló el proyecto.

En la tercera sección se presentan los resultados, análisis y discusión de resultados en un solo conjunto, sin embargo, están ordenados de acuerdo al cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos planteados para garantizar una mejor comprensión de los resultados encontrados.

Finalmente, se presentan las conclusiones más relevantes con relación a los análisis y resultados de cada uno de los objetivos específicos, el cumplimiento del objetivo general de este trabajo y aporte al área de estudio de la ingeniería ambiente

## Definición del problema

El término de revolución verde tiene origen en la época de la Primera Guerra Mundial (1914-1918); sin embargo, su expansión masiva se dio únicamente hasta la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), aprovechando el conocimiento que hasta el momento había sido empleado con fines bélicos, pero que luego de los enfrentamientos surgieron las necesidades de reconstruir los centro poblados, generando demandas de diferentes recursos entre esos los alimentos. Para satisfacer dicha necesidad se empezó entonces a fabricar los primeros tractores para labrar la tierra y optimizar el proceso de cosecha; por otra parte, la experiencia que se había adquirido a través de las armas nucleares también sirvió para producir agroquímicos más eficientes y con esto aumentar la productividad de los cultivos (Cecon, 2008).

Desde esta época se empezaron a desarrollar todo tipo de investigaciones relacionadas con el agro, enfocadas en producir cada vez más y más, abriendo paso a los primeros agrónomos y que según el libro de Theodore Schultz (1964) Transformando la agricultura tradicional *“el agrónomo era una persona que iba a civilizar al sujeto de pies descalzos, al bárbaro que se encontraba en íntimo contacto con la naturaleza, pero sometido a ella. La revolución verde intentaría hacer que el individuo pasase a dominar la naturaleza, con todo lo que el progreso podría traer”* (Cecon, 2008).

Un ejemplo claro del reflejo de este pensamiento fue la degradación de los suelos en gran parte de Latinoamérica, donde sus propiedades naturales ya no eran tales, sino que simplemente se habían convertido en sustratos de sustentación de plantas que exigían técnicas artificiales costosas y grandes extensiones de suelos erosionados, con evidencia de procesos de degradación (salinización, acidificación, erosión, compactación, desertificación) del suelo (Altieri, 1994).

La estructura de poder del sector agrario y el rendimiento productivo de la agricultura impedían el proceso de desarrollo industrial. El sistema feudal de posesión de la tierra y la baja productividad de la agricultura bloquearon la expansión capitalista en los campos de América Latina. Sin embargo, se planificaron reformas agrarias y se promovieron las innovaciones tecnológicas basadas en la era de la revolución verde. Las tecnologías ahorradoras de tierra (denominadas técnicas convencionales), empleadas para fomentar la producción agrícola, elevaron la importación de insumos químicos generando impactos en el medio ambiente hasta tal punto de generar resistencia a los pesticidas en plagas y enfermedades, y al trastorno de los equilibrios ecológicos naturales, dando origen a nuevos brotes de plagas y enfermedades por tratar (Altieri & Yurjevic, 1992).

Continuando con el escenario agrícola que se describió anteriormente, la producción agrícola convencional predomina en el territorio de Cajamarca, Tolima, donde se calcula que el 23% se dedica a la actividad agrícola, en la que se destaca el cultivo de la arracacha con el 50% del área, seguido del café, frijol, arveja, papa y otros frutales (Sánchez, 2011). Las principales problemáticas a las que se enfrentan los campesinos en sus cultivos son la baja de productividad, pérdidas por plagas y manejo inadecuado del suelo, como consecuencia de la degradación ambiental que tiene su origen en las prácticas agrícolas convencionales.

Como respuesta a las problemáticas expuestas por los campesinos, CORTOLIMA ha empezado a desarrollar proyectos en zonas aledañas a Cajamarca orientados a la conservación de agua y suelo con el fin de crear conciencia en los productores agrícolas, con el fin de incentivar la transición de prácticas

convencionales a prácticas sostenibles, mediante estrategias de transferencia de tecnología a los agricultores para disminuir el uso de agroquímicos altamente tóxicos, disminuir el exceso de laboreo de los suelos para la siembra del cultivo, manejar abonos verdes para aportar materia orgánica y nutrientes a los organismos que habitan en el suelo indispensables para el desarrollo de los cultivos. Sin embargo, todas estas iniciativas se han venido llevando a cabo en áreas aledañas a Cajamarca (Pan de azúcar, la Paloma, la Esperanza, entre otros) y no en el área de interés que es la vereda Potosí (CORTOLIMA, 2012).

En el caso particular de la finca La Magdalena que es el objeto de estudio de este trabajo, se tienen antecedentes de cultivos de arracacha, frijol, tomate de árbol, arveja y papa, además de actividad ganadera. Estas actividades se desarrollaban únicamente con el conocimiento empírico de los trabajadores; es decir, sin ningún tipo de sistematización, buenas prácticas agrícolas o la conservación de los recursos naturales y con la mentalidad de solamente generar ganancias económicas, sin tener en cuenta las variables social y ecológica. Actualmente los trabajadores de la finca han evidenciado en la cosecha de los cultivos una reducción de la productividad, ya que no suplen la demanda de los productos cultivados que se genera normalmente y por ende pérdidas económicas, como consecuencia de posibles condiciones climáticas extremas, degradación del suelo por monocultivo y prácticas convencionales inadecuadas, las cuales sumadas a plagas se han perdido grandes extensiones de cultivos.

¿Cuáles son las alternativas de buenas prácticas agroecológicas que se deben incluir para un manejo sostenible del suelo?

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Elaborar una propuesta de sistema productivo agroecológico para un manejo sostenible del suelo, caso Finca La Magdalena vereda Potosí del municipio de Cajamarca-Tolima

### ***Objetivos Específicos***

- Realizar un diagnóstico de las condiciones agroecológicas, sociales, y económicas de la finca bajo estudio.
- Evaluar alternativas de buenas prácticas agroecológicas que se adapten a las condiciones de la finca
- Elaborar un modelo de sistema integrado de buenas prácticas agroecológicas para garantizar la transición a la agricultura sostenible.

## **Justificación**

El desarrollo de la actividad agrícola tradicional no cuenta con un manejo adecuado del suelo debido al desconocimiento por parte de los agricultores de la importancia del manejo de suelos. Culturalmente en las áreas rurales se tiene la concepción errónea, por la revolución verde, que el suelo debe ser explotado al máximo porque se considera que es un recurso natural renovable y que tiene la capacidad de autorregularse (Ceccon, 2008). Es por esto que es necesario dar a conocer a esta población la evolución del concepto de gestión de los recursos, para así cambiar la concepción del uso del suelo e implementar buenas prácticas agrícolas.

Debido al deterioro social, económico y ecológico que genera la agricultura convencional es pertinente impulsar la transición a una agricultura agroecológica, teniendo como meta principal la concientización de la población campesina de la importancia de conservar los recursos naturales a través del cambio de sus técnicas convencionales, mejorando la calidad de vida y reduciendo costos en el desarrollo de los cultivos (Clavijo, 2013).

Una de las razones por la cual se quiere poner en marcha el proyecto en esta zona es debido a que no hay evidencias de impulso del desarrollo de técnicas sustentables que ayuden a mitigar el impacto ambiental y que a su vez garantice una rentabilidad económica significativa. Al implementar buenas prácticas agrícolas se busca aminorar efectos negativos al destacar las propiedades físicas del suelo y de la materia orgánica para mejorar la fertilidad, disponibilidad de agua, la cobertura vegetal, optimización de los ciclos de nutrientes y las técnicas de conservación.

Teniendo en cuenta las condiciones anteriormente mencionadas se quiere elaborar una propuesta de buenas prácticas agroecológicas para prevenir, mitigar y corregir los impactos ambientales negativos causados por el desarrollo de la actividad agrícola. Para lograr esto es necesario conocer la calidad del suelo y establecer indicadores que permitan evaluar el grado de vulnerabilidad de los suelos y las acciones correctivas de acuerdo con el sistema productivo, basados en datos técnicos soportados en la literatura.

## **Marcos de referencia**

### ***Estado del arte***

Existen múltiples estudios relacionados con la temática central de este proyecto que es la agroecología, la está inmersa dentro de la agricultura sostenible. Este tema se ha estudiado durante mucho tiempo y ha tenido múltiples ponentes, quienes han aportado en el planteamiento de conceptos y técnicas para garantizar el desarrollo de la agricultura con menor impacto al ambiente. A pesar de esto, todavía no se ha logrado unificar las ideas, creando una controversia a la hora de referirse a la teoría de agricultura sostenible y agricultura sustentable; que en muchas ocasiones coinciden con el mismo objetivo central, pero que de acuerdo a los puntos de vista de cada autor, difieren en la definición de sustentable y sostenible.

Según Villalba & Fuentes (1994) la agricultura sostenible es un sistema de producción agrícola conservador de recursos, ambientalmente sano y económicamente viable (Villalba & Fuentes, 1994), que puede ser desarrollada por grandes agricultores, huertas familiares, expertos en desarrollo rural o personas que quieran desarrollar la agricultura urbana (Conant & Fadem, 2011).

Para poder aplicar este concepto de agricultura sostenible, es necesario tener en cuenta que el proceso de adopción de técnicas basadas en esta teoría, se requiere de una fase de diagnóstico, planificación, ejecución y evaluación (Villalva & Fuentes, 1994). Como se evidencia en el documento de Gloria Castaño (2017), uno de los resultados más relevantes son las fichas de manejo del sistema de gestión ambiental en la finca La Alsacia, el cual fue el resultado de aplicar cada una de las fases mencionadas inicialmente y de esta manera convertir un sistema agrícola convencional a un modelo agroecológico (Castaño, 2017).

Otra evidencia de la necesidad de seguir las fases para poder llevar a cabo la transición de un sistema productivo convencional hacia la agricultura sostenible es el trabajo de grado de Laura Cárdenas y Esperanza Ruiz (2017), el cual se desarrolló en la finca Villa esperanza y cuyo propósito era elaborar una propuesta de un sistema productivo sostenible de café y garantizaba la sostenibilidad ya que las técnicas empleadas (cercas vivas, siembra directa y el sistema agroforestal) aportaron a las 3 dimensiones social, económica y ecológica.

La fase de diagnóstico juega un papel fundamental a la hora de establecer el punto de partida de cualquier sistema productivo y es por esto que se recurrió al artículo de Jamiy y otros (2014), donde se evaluaron varios indicadores para determinar la calidad de los suelos en los sistemas productivos del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia mediante un muestreo. La particularidad del muestreo en este trabajo fue que se tuvo en cuenta la localización de cada uno de los terrenos (terrazas altas, medias y en aluviones recientes). En los diferentes sistemas se tomaron cinco muestras de suelo para evaluar las propiedades y seleccionar aquellas que fueron incluidas como indicadores en este trabajo de investigación, tales como: carbono orgánico, pH, acidez intercambiable, calcio y magnesio intercambiable y hierro (Jamiy, Menjivar, & Rubiano, 2014). Debido al grado de exactitud y complejidad para determinar cada una de las variables en el diagnóstico, se logró desarrollar e implementar un sistema de vigilancia para evaluar la degradación de los suelos.

De igual manera Bustamante (2017) evaluó la sostenibilidad ambiental del sistema productivo de la papa mediante indicadores sociales, económicos y ecológicos, en el municipio de Lenguazaque, Cundinamarca. El resultado más representativo de este trabajo está vinculado con el aporte al desarrollo rural sostenible, pues incentiva a reevaluar los sistemas productivos actuales y hace énfasis en la necesidad de apalancar este desarrollo por medio de proyectos, programas y políticas encaminadas al seguimiento de las técnicas empleadas en la actividad agrícola, con el fin de facilitar el proceso de transición de lo convencional a lo sostenible (Bustamante, 2017).

### ***Marco teórico-conceptual***

Con el fin de lograr el desarrollo de la actividad agrícola de manera sostenible primero es necesario entender cuáles deberían ser sus bases y debido a esta razón es que en el siguiente trabajo se inicia planteando la teoría general de gestión ambiental, la cual involucra una teoría intermedia la agricultura sostenible (la cual abarca la definición de agroecología), donde una de las vías en búsqueda de esa sostenibilidad conlleva a plantear un sistema productivo basado en buenas prácticas agroecológicas (BPA), que es definida como teoría específica.

La gestión ambiental, según Fiorino (1995) y Janicke y Weidner (1997), surge de la necesidad de conservar y mejorar la oferta y calidad ambiental, es decir, de los recursos que sirven para satisfacer las

necesidades de los seres humanos, y que son fundamentales como soporte de la vida en la tierra. Con el fin de suplir esta necesidad, los distintos actores públicos privados y de la sociedad civil ponen en marcha políticas, planes, programas y proyectos, partiendo de condicionantes ambientales y de tipo socioeconómico y político, y con base en la información disponible y las señales del entorno (Rodríguez & Espinoza, 2002).

El grado de éxito o fracaso será determinado por el nivel de compromiso que los actores tengan con los objetivos perseguidos, la solidez del proceso decisorio, el soporte económico, técnico y financiero disponible, y las condicionantes de orden político, económico y social particulares a cada país. El grado de éxito también se asocia con la participación ciudadana, la descentralización, y la coordinación de la temática ambiental con otras políticas públicas, así como de las autoridades ambientales con los otros actores del Estado, del sector privado y de la sociedad civil. Y finalmente, resalta que dentro de los propósitos de la gestión ambiental está modificar la situación actual a otra deseada, donde todos los actores se comprometan a entrar en esa transición productiva más eficiente y que abarque aspectos sociales, económicos y ecológicos para así garantizar un equilibrio (Rodríguez & Espinoza, 2002).

La transición productiva debe girar en torno a tres pilares fundamentales que son:

- La planeación: Comprende todas las estrategias planteadas con el fin de cumplir una meta u objetivo.
- La organización: Proceso por medio del cual dos o más personas ejecutan de manera coordinada y ordenada un trabajo dado en busca de un objetivo que se proponen estos.
- El control: Son aquellas actividades que nos van a permitir asegurar un desempeño óptimo de lo planeado.

(Vilcarromero, 2013)

Al integrar estos tres pilares se da una garantía de la eficiencia de los sistemas productivos y en el caso particular de la agricultura puede dar como resultado la eliminación o reducción de materias primas tóxicas, uso eficiente de los recursos naturales, mayor productividad en los cultivos, reducción de pérdidas por posibles plagas, entre otras. A pesar de tener claro este concepto de transición productiva, el principal reto en el sector agrícola está en la adaptación a las fluctuantes condiciones del mercado, la alteración de las condiciones climáticas y la desigualdad social.

Desafortunadamente hoy en día existen varios países donde los modelos agrícolas vigentes se han apoyado en enormes subsidios del gobierno y han cerrado los horizontes hacia una agricultura sostenible, pues estos subsidios han sido destinados a materias primas dentro de las cuales se encuentran los agroquímicos y maquinaria para automatización de los procesos, lo cual ha tenido un extenso abanico de repercusiones en el ambiente (Altieri & Yurjevic, 1992).

Para entrar a hablar de agricultura sostenible primero es necesario definir la agroecología desde la sostenibilidad. De acuerdo con lo propuesto por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada (GIRA), enmarcado en el desarrollo rural, la sostenibilidad es “el mantenimiento de una serie de objetivos (o propiedades) deseados a lo largo del tiempo” (Acevedo, 2009); lo que sugiere la necesidad de un análisis de conceptos como:

- Sentido de permanencia: Es decir, que los cambios que se generen bajo este concepto sean perdurables, para el mediano y largo plazo generando cambios sostenibles en el tiempo.
- Equidad intergeneracional: El sentido de permanencia debe estar determinado además por la justicia e igualdad de oportunidades para la satisfacción de las necesidades básicas para las generaciones de hoy y del futuro.
- Base cultural: Para definir los objetivos del desarrollo es fundamental establecer un patrón de agrupación que incluya a comunidades ubicadas en localidades geográficas con unos intereses, una cosmovisión y una manera particular de relacionarse entre sí y con el medio ambiente en el cual habitan. Los “objetivos deseados” de que trata el concepto de sostenibilidad, son específicos a grupos culturales particulares.
- Ubicación local: Es fundamental entender que todas las comunidades tienen características particulares que son las que marcan diferencias sobre las demás y es por eso que los objetivos del desarrollo no se pueden generalizar. El desarrollo sostenible se construye por grupos con iguales intereses y maneras de relacionarse entre sí y con el medio ambiente, es decir, se construye a escala local y/o regional.
- La visión integral: Uno de los aspectos más relevantes de la sostenibilidad es la visión integral, donde se incluyan los diversos intereses de una comunidad como lo son lo económico, pero también, y esencialmente, por lo social y humano, por lo ambiental, lo cultural, lo político, lo religioso, etc.

(Acevedo, 2009)

Habiendo definido la sostenibilidad desde la visión del desarrollo sostenible, en el ámbito rural vinculado a la agricultura, la agricultura sostenible se refiere a la capacidad de los agroecosistemas y las comunidades rurales específicas para mantener altos niveles de productividad agraria, bienestar social y calidad del ambiente a través del tiempo.

Pero ¿por qué teniendo el conocimiento de una gestión ambiental, del desarrollo sostenible y una metas fijadas a nivel mundial plasmadas en los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2016), no se ha logrado imponer la agroecología al mismo nivel de la agricultura convencional?, la respuesta a esto está sustentada: 1) en la pérdida del conocimiento ancestral o en la desvaloración del mismo, lo que implica la falta de transmisión del conocimiento a la población rural que se dedica a la agricultura, 2) en la prioridad de desarrollo tecnológico y 3) en la administración de recursos (principalmente económicos) bajo conceptos y teorías vinculadas a la agricultura convencional.

Si bien muchos de los países en América Latina han incluido múltiples instituciones, políticas, programas y proyectos, etc. para incentivar el cambio gradual hacia una agricultura sostenible, no se ha logrado articular de manera eficiente todas estas propuestas al medio donde se deben reflejar los resultados, en el sector rural. Afortunadamente hoy en día existen diversas oportunidades desde la academia para empezar a formar gente joven en temas de sostenibilidad que garanticen un futuro para el ambiente con mejores condiciones que las que se tiene actualmente; sin embargo, las consecuencias

de la revolución verde (Ceccon, 2008) se están viviendo hoy en día y se deben tomar medidas para empezar con el cambio en el menor tiempo posible.

Una de las metas que puede llegar a generar grandes resultados en esa búsqueda de sostenibilidad es el desarrollo de métodos eficientes para transmitir ese conocimiento de la academia al área rural, y es por esto que se hace relevante el ejercicio de todas estas instituciones que se crean con el fin de capacitar a la población rural en todas aquellas técnicas que reemplacen ese conocimiento convencional de la agricultura y que se comience a inculcar la sostenibilidad en sus prácticas agrícolas. Pero que también tengan la capacidad para implementar políticas, para coordinar y promover programas y líneas de acción que resulten en medidas regulatorias en función del desarrollo sostenible de la agricultura (Bejarano, 1997), ratificando que la agricultura sostenible no está orientada únicamente al aumento de la productividad de los cultivos, sino más bien a la optimización del sistema como un todo donde se considere la estabilidad ecológica y la equidad social (Altieri, 1994).

Continuando con la definición de agricultura sostenible, al agrupar los diferentes planteamientos propuestos por varios autores, se puede resumir en que todos coinciden en sus objetivos con lograr:

- Una producción estable y eficiente de recursos productivos.
- Seguridad y autosuficiencia alimentaria.
- Uso de prácticas agroecológicas o tradicionales de manejo.
- Preservación de cultura local y de la pequeña propiedad.
- Asistencia de los más pobres a través de un proceso de autogestión.
- Un alto nivel de participación de la comunidad en decidir la dirección de su propio desarrollo agrícola
- Conservación y regulación de los recursos naturales.

(Altieri & Nicholls, 2000)

*Figura 1 Papel de la agroecología en la conexión de los objetivos de la agricultura sostenible.*



**Fuente:** Libro Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable pág. 22

Dentro de la *agricultura sostenible* uno de los conceptos más relevantes es el de agroecología ya que

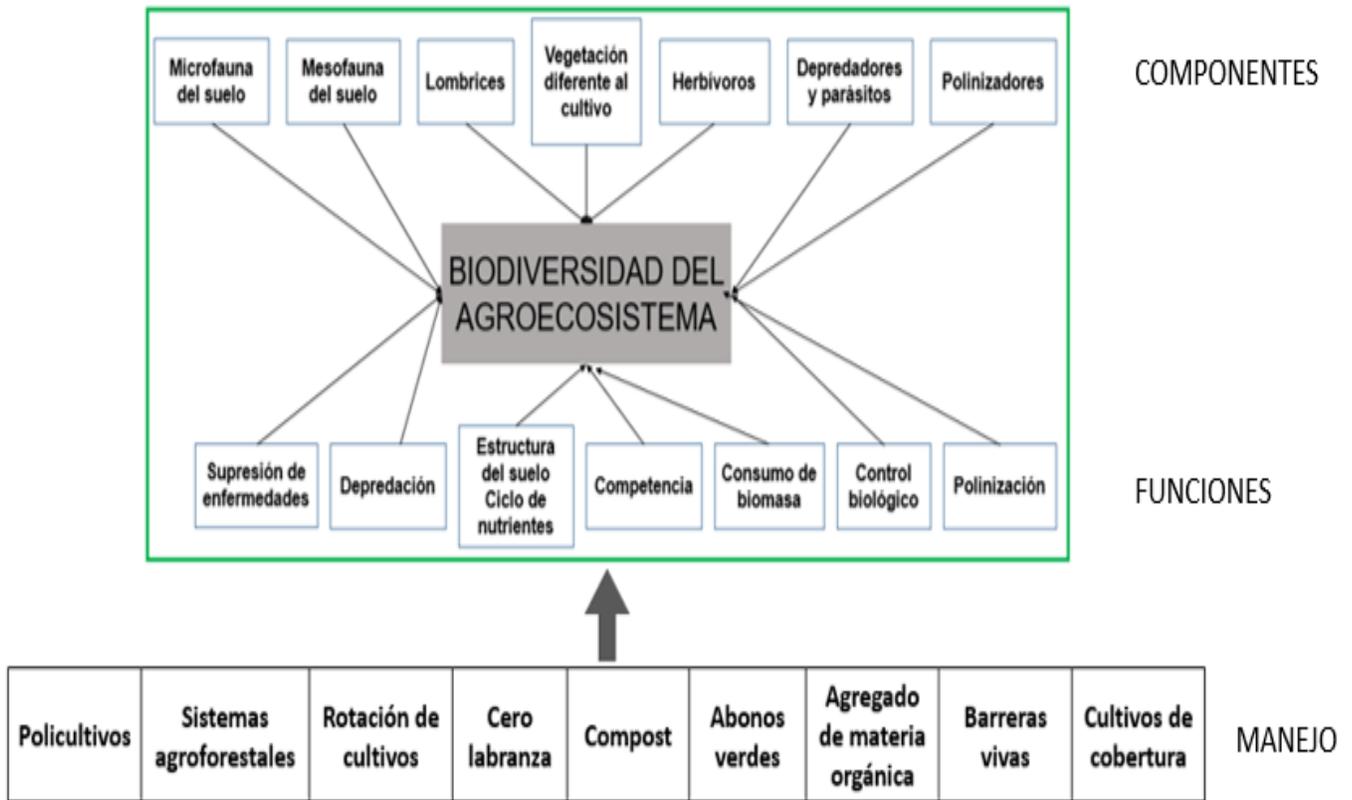
provee las bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad en la agricultura, además del rol que ella puede jugar en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas, de manera de alcanzar una producción sustentable. La biodiversidad promueve una variedad de procesos de renovación y servicios ecológicos en los agroecosistemas; cuando estos se pierden, los costos pueden ser significativos.

En esencia, el comportamiento óptimo de los sistemas de producción agrícola depende del nivel de interacciones entre sus varios componentes. Las interacciones potenciadoras de sistemas son aquellas en las cuales los productos de un componente son utilizados en la producción de otro componente malezas utilizadas como forraje, estiércol utilizado como fertilizante, o rastrojos y malezas dejadas para pastoreo animal. Pero la biodiversidad puede también subsidiar el funcionamiento del agroecosistema al proveer servicios ecológicos tales como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación del agua y del suelo” (Altieri & Nicholls, 2000).

Un sistema productivo agrícola fundamentado en agroecología es la viva muestra de un ecosistema, que, por todas sus condiciones particulares, procesos y relaciones con el ambiente, nos trae a colación el término de agroecosistema. Un agroecosistema se crea cuando la manipulación humana y la alteración de un ecosistema tienen lugar con el propósito de poner en marcha la producción agrícola.

Analizando entonces este tipo de ecosistemas desde la agroecología, se define como un sistema funcional de relaciones complementarias entre los organismos vivos y su ambiente, delimitado por fronteras definidas arbitrariamente, en un tiempo y espacio que parece mantener un estado estable de equilibrio, pero a la vez dinámico. Si un agroecosistema es autosostenible, mantiene una producción regular, posee la capacidad de adaptarse a situaciones adversas y tiene sus relaciones sistémicas concretas y definidas entonces (ver figura 2) se puede decir que estamos hablando de su capacidad de sostenibilidad (Gliessman, y otros, s.f.).

Figura 2 Componentes, funciones y estrategias de manejo de la biodiversidad en un agroecosistema.



Fuente: [http://www.chileanjar.cl/files/V54I4A04\\_es.pdf](http://www.chileanjar.cl/files/V54I4A04_es.pdf)

El principal reto a la hora de definir un agroecosistema sostenible es mantener las características de un ecosistema natural y al mismo tiempo desarrollar la actividad agrícola con una productividad deseable. En la siguiente tabla se presenta un ejemplo de algunas de las diferencias de la gestión de los cultivos convencionales y los cultivos sostenibles de especies herbáceas:

Tabla 1 Comparación de la gestión requerida para sistemas productivos convencionales y sostenibles de especies herbáceas.

	<b>Gestión sostenible</b>	<b>Gestión convencional</b>
<b>Fertilización</b>	Incorporación periódica de compostaje y/o residuos de cosecha	Incorporación periódica de abono y fertilizantes inorgánicos, en algunos casos estiércol de bovino.
<b>Esquema de las rotaciones</b>	Intercalación de diversos cultivos de leguminosas de primavera. Raramente se cultiva más de dos años consecutivos de cereal.	Alternancia de cultivos de trigo y de cebada. Ocasionalmente, el cultivo de leguminosas de primavera rompe ciclos de cuatro o más años

	<b>Gestión sostenible</b>	<b>Gestión convencional</b>
		consecutivos de cereales de invierno.
<b>Gestión de las especies arvenses</b>	Intercalación de cultivos de primavera en el diseño de la rotación. Grada ecológica para el control de las especies arvenses.	Aplicación de herbicidas contra las malas hierbas de hoja ancha y estrecha.
<b>Origen de las semillas</b>	Resiembra de las propias semillas después de la eliminación de las semillas de especies arvenses.	Adquisición de semillas seleccionadas industrialmente

**Fuente:** <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/137/134>

Hay una característica particular de la agroecología que es de primordial relevancia dentro de la agricultura sostenible, y es que en ocasiones, a pesar de que al momento de implementar un sistema productivo lo que se busca es dar solución o manejo a una situación o variable en particular, durante el desarrollo del mismo se adecuan o materializan las condiciones para tratar otros aspectos; es decir que el hecho de estar enmarcado en la definición de sostenibilidad conlleva a que se de tratamiento a todos los elementos que componen el agroecosistema ya que de manera directa o indirecta están interrelacionados. En la figura 2 se mencionan algunas de las posibles alternativas que se pueden implementar en un sistema productivo agrícola y que garantizan la sostenibilidad de un agroecosistema y que sí se tienen en cuenta factores socioeconómicos y sanitarios, es posible decir que estamos aplicando las buenas prácticas agrícolas (BPA).

Las BPA, planteadas como teoría específica de este trabajo, según la definición que manejan los servicios oficiales de sanidad agropecuaria e inocuidad de alimentos, son el conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas que se aplican a las diversas etapas de la producción agrícola para garantizar la producción de alimentos sanos e inocuos (Díaz, Gebler, Mala, Medina, & Trelles, 2017). En otros casos, el objetivo principal es la protección fitosanitaria o el control de residuos de plaguicidas en la producción para proteger la salud de los consumidores y el acceso a los mercados internacionales.

Con la definición anterior se infiere que el enfoque de las BPA no está centrado en aumentar la productividad, sino asegurar la calidad de los productos, que tengan las propiedades nutricionales apropiadas, que disminuya la presencia de vectores y esto implica que las condiciones del suelo, agua, medios de cultivo, insumos, etc. sean de la mejor calidad y que a su vez no afecten la salud; en otras palabras evitar los agroquímicos, garantizar que el recurso hídrico no esté contaminado, que el suelo proporcione a los productos todos sus nutrientes, que el control de plagas, en lo posible, no requiera de agroquímicos, etc. Al aplicar *BPA* no solo se asegura la calidad del producto, sino que además se reducen los impactos al ambiente.

La gestión de riesgos sanitarios, fitosanitarios y ambientales no deben ser abordados de manera separada, ya que por más de que se articulen las diferentes políticas públicas para impulsar la agricultura sostenible, la seguridad alimentaria y la salud pública si no se tiene una visión integral, puede ser que no se logre cumplir las metas de sostenibilidad, teniendo en cuenta que un sistema productivo basado en *BPA* debe desarrollarse de forma complementaria e integrada (figura 3) (Díaz, Gebler, Mala, Medina, & Trelles, 2017).

Figura 3 Visión integradora de las BPA



Fuente: Buenas prácticas para una agricultura más resiliente (Díaz, Gebler, Mala, Medina, & Trelles, 2017)

### Marco Normativo

Existen muchas normas legales en Colombia que tienen ocurrencia en el ambiente, en este caso en particular se relacionan aquellos característicos del sector agrícola y específicamente a los temas relacionados con suelos. Para la investigación es importante contextualizarse en las diferentes leyes o normas existentes, conforme a que se puede hallar técnicas útiles para el desarrollo del proyecto.

Tabla 2 Normatividad relacionada con el proyecto

Acto administrativo	Realizado por	Relación con el trabajo
Constitución política colombiana (1991)	Presidencia de la República.	Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo (Presidencia de la República, 2011).
Ley 9 de 1979	El Congreso de la República.	Por la cual se dictan medidas sanitarias para la protección del medio ambiente (Congreso de la República, 1979).
Decreto 2811 de 1974	Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales renovables y de Protección al Medio Ambiente, Artículo 1°. El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

<b>Acto administrativo</b>	<b>Realizado por</b>	<b>Relación con el trabajo</b>
Ley 99 de 1993	El Congreso de la República.	Por la 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 (Congreso de la República, 1993).
Norma Técnica colombiana 3656	ICONTEC	Relacionado con el sistema de muestreo de suelos que se realiza con el fin de establecer su calidad y estado nutricional, el que se efectúa para la determinación de residuos contaminantes, es nuevo (ICONTEC, 2004).
Resolución 4174 del 2009	ICA	Por medio de la cual se reglamenta la certificación de Buenas Prácticas Agrícolas en la producción primaria de fruta y vegetales para consumo fresco (ICA, 2009).

*Fuente: Autores, 2018*

### **Marco Geográfico**

Cajamarca está ubicada a 35 Kilómetros de Ibagué, sobre la vía panamericana, la cual se caracteriza por ser la única transversal sobre la cordillera central. Geográficamente, Cajamarca limita al norte con el municipio de Ibagué, al sur con municipios de Rovira y Roncesvalles, por el occidente con el departamento del Quindío y al oriente con Ibagué. Según el esquema de ordenamiento territorial Cajamarca cuenta con una población total de 21.044 habitantes, clasificado como un municipio de carácter rural ya que el 57 % de la población es rural con 12.111 habitantes y el 42 % es del sector urbano con 8.933 habitantes. El municipio cuenta con un área de extensión total de 51620.80 ha, de las cuales 2412.57 ha son tierras de uso netamente agrícola diferente al café y asociados, 12533.49 ha son tierras de uso agropecuario (donde se desarrolla la agricultura y alguna otra actividad pecuaria), 1024,15 has son tierras aptas para café y cultivos relacionados, 9918.73 ha son tierras de uso agrosilvopastoril, 5158.21 ha son tierras de uso protector y productor limitado, 3834.58 ha son tierras de bosque protector productor y 16738.07 ha son tierras de conservación y protección (Alcaldía Municipal, 2011).

Su actividad económica se centra en el Sector primario puesto que el municipio de Cajamarca es considerado como la despensa agrícola de Colombia por su variada actividad agropecuaria por lo tanto constituye la base de su economía. En la producción agrícola los cultivos de arracacha, el frijol, el lulo, el tomate, la gulupa, la papa, y el café son importantes por su área sembrada y su volumen de producción (Cámara de Comercio de Ibagué, 2016).

Por último, respecto al sector terciario del municipio, el subsector relacionado con el comercio ofrece una gran variedad de productos a través de tiendas de productos agrícolas, de alimentos, bebidas y tabaco, venta de frutas y verduras; comercio de productos lácteos, huevos, carnes etc. También hay

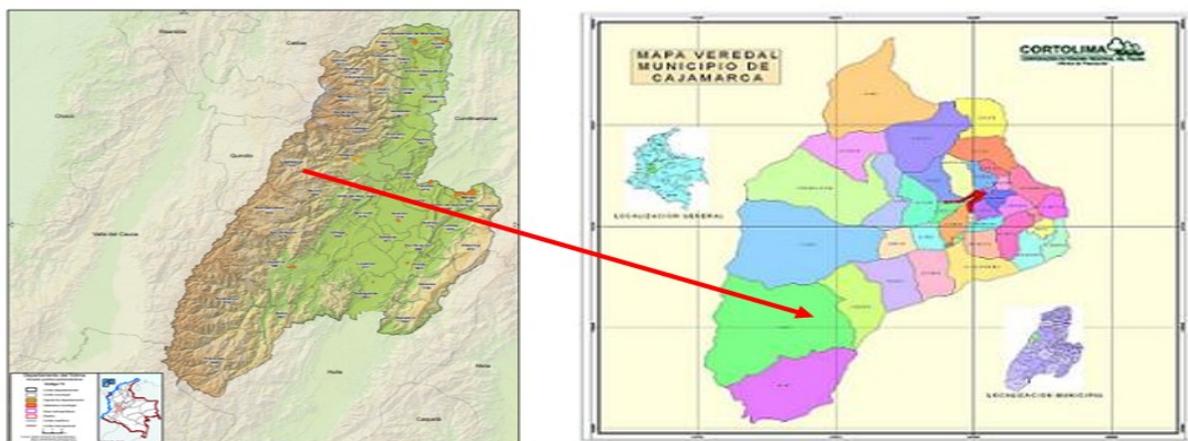
establecimientos dedicados a la venta de repuestos y piezas para automotores y motocicletas, mantenimiento y reparación. Adicionalmente, cuenta con tiendas y almacenes de ropa, farmacias, oferta en hoteles de diferentes niveles, servicios de información y comunicaciones, presencia de dos bancos comerciales y oferta de seguros generales y desarrollo turístico debido a su ubicación geográfica y acceso al parque nacional de los Nevados (Cámara de Comercio de Ibagué, 2016).

Cajamarca por su vocación agropecuaria es uno de los municipios que cuenta con mayor número de asociaciones que trabajan para mejorar las prácticas de producción, mercadeo y comercialización de los productos. Según registros de la cámara de comercio de Ibagué, el municipio cuenta con 8 asociaciones como son la Asociación de productores de fruta de Cajamarca y Anaimé; de mineros tradicionales de Cajamarca y Anaimé; de productores de frijol de Cajamarca (APROFIC); de productores de leche de Cajamarca y Anaimé (APROLECHE); de productores agrícolas de Cajamarca, Tolima; de productores de café de alta calidad de Cajamarca; de productores agropecuario nuevo futuro Cajamarca, Tolima cooperativa autónoma regional de Cajamarca y Anaimé Ltda (CARC). Ellos establecen el capital social para reforzar el desarrollo de la economía de un territorio (Cámara de Comercio de Ibagué, 2016).

Este estudio se llevó a cabo en la finca La Magdalena, ubicada en el municipio de Cajamarca, Tolima. En esta finca se cultiva arracacha, frijol, tomate de árbol, papa y arveja con una frecuencia de 6 a 12 meses de producción de nueva cosecha y anteriormente se desarrollaba actividad ganadera. Se encuentra localizada en el km 23 vía Cajamarca-Capotal, cercana al río Anaimé y registra una precipitación anual promedio de 1800 mm.

El clima de la finca es templado y cálido y presenta precipitaciones durante todo el año e incluso el mes más seco aún tiene mucha lluvia. El clima aquí se clasifica como Cfb por el sistema Köppen-Geiger<sup>1</sup> referenciado en el Informe económico del departamento de Cajamarca para la zonificación ecológica y económica (Sánchez, 2011), donde además mencionan que la temperatura media anual es 18.3 ° C (Sánchez, 2011).

*Figura 4 Ubicación geográfica del área de estudio*



**Fuente:**

<sup>1</sup> Sistema Köppen-Geiger: Sistema de clasificación climática natural a nivel mundial, establece una relación entre la precipitación, la temperatura y la vegetación. Cada tipo de clima está identificado por una serie de letras.

## ***Marco metodológico***

Para el cumplimiento del objetivo general de este trabajo, la metodología se estructuró en dos grandes bloques, uno relacionado al diseño metodológico y el otro referido al plan de trabajo. Respecto al diseño metodológico se incluyeron los siguientes aspectos: enfoque, alcance y método. Algunos de estos aspectos son aplicables a todos los objetivos específicos, los cuales se describen a continuación:

### *1.1 Método*

Todo proceso de investigación que parta de una revisión bibliográfica y permita proponer hipótesis mediante la observación directa es denominado inductivo (Dávila, 2006). El método inductivo tiene la particularidad de que las posibles conclusiones a las que se puede llegar están determinadas a la observación de múltiples variables que permiten llegar a determinar las causas del desarrollo de un evento en particular, hasta poder establecer un patrón de referencia que permita generalizar dichas condiciones.

El objetivo de este proyecto pretende determinar un modelo de sistema productivo agroecológico que requiere de una observación de diferentes dimensiones y variables para poder establecer una línea base y de allí poder buscar las técnicas que mejor se ajusten a las condiciones identificadas; es decir que compartan características semejantes a las de la finca la Magdalena y que garanticen la sostenibilidad de la actividad agrícola, pero deben cumplir con un parámetro particular, y es que deben estar basados en BPA.

### *1.2 Enfoque*

Este proyecto tiene un enfoque cualitativo ya que, a diferencia del cuantitativo, no se buscó probar una hipótesis con respaldos numéricos y estadísticos, sino que se trató de ir respondiendo la pregunta de investigación de acuerdo a los datos recolectados y analizados. Una de las características más relevantes de este tipo de proyectos es que en lugar de partir de una base teórica y soportar las suposiciones empíricas, se identifica primero los posibles problemas, parámetros o tendencias desde la experiencia empírica y seguido a esto soporta con teorías o inclusive se construyen teorías desde los datos empíricos (Hernández R. , 2014).

A pesar de que con los resultados recolectados por medio de las entrevistas realizadas al personal de la finca no se busca plantear una teoría, sí es un punto de partida para establecer las posibles causas de las problemáticas descritas en el proyecto (Hernández R. , 2014). A pesar de que algunas de las variables se soportan con indicadores (valores numéricos), la gran mayoría de estas se soportan con descriptores (referencias cualitativas) y referencias bibliográficas de experiencias similares.

### *1.3 Alcance*

Un proyecto que tiene como meta especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis es definido como descriptivo. Este tipo de proyectos únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (Hernández R. , 2014).

Partiendo de lo anterior entonces se define el alcance de este proyecto, el cual es netamente descriptivo ya que se describieron las condiciones iniciales que presentaba el área de estudio (Finca la Magdalena) por medio de un diagnóstico y como resultado se obtuvo una propuesta del modelo de sistema productivo que más se adaptó a estas. No se buscó evaluar a fondo la relación existente entre las diferentes variables analizadas; únicamente se trató de aprovechar, adecuar y/o mejorar las condiciones bajo las cuales se estaba desarrollando la actividad agrícola, por medio de las buenas prácticas agrícolas.

#### *1.4 Unidad de análisis*

La unidad de análisis del proyecto de investigación es el sistema productivo agroecológico en la finca Magdalena vereda potosí del municipio de Cajamarca, Tolima.

#### *1.5 Plan de trabajo*

El trabajo constó de 3 fases en su desarrollo, donde la Fase I fue de planeación; Fase II recolección en campo; Fase III de manejo de los datos obtenidos, a través de las diferentes técnicas empleadas.

#### ***Objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico de las condiciones agroecológicas, sociales, y económicas de la finca bajo estudio.***

Para el desarrollo del primer objetivo específico, se inició con una revisión bibliográfica, acerca de las dimensiones sociales, ecológicas y económicas de la zona, en este caso de Cajamarca, Tolima, particularmente de la vereda potosí.

A continuación, se pasó a elaborar un diagnóstico agroecológico, social y económico de la finca La Magdalena. Con respecto a las variables agroecológicas se incluyeron el suelo, el clima, recurso hídrico, entre otras, tal y como se muestra en la tabla 3.

Con relación al suelo, se realizaron muestreos correspondientes a dos lotes representativos. Uno de ellos se seleccionó debido a sus antecedentes productivos de 4 cosechas consecutivas de arracacha, con tiempos mínimos de descanso del suelo de 3 meses, donde en 3 de las 4 cosechas se alcanzó una productividad promedio de 100 bultos y en la última solo se logró 6 bultos. El segundo lote contaba con antecedentes productivos de 3 cosechas de arracacha y un cultivo de tomate de árbol, del que se obtuvo una pérdida total debido a una contaminación por el virus de antracnosis. Las dos muestras de suelo extraídas de los lotes mencionados anteriormente fueron analizadas por el laboratorio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Para el diagnóstico de las variables climáticas se realizó consulta bibliográfica y telefónica para obtener los valores necesarios y para el estudio del recurso hídrico los resultados fueron obtenidos por el laboratorio de la universidad el Bosque. Continuando con la fase de diagnóstico, se realizaron entrevistas a los trabajadores de la finca para determinar la técnica empleada para el cultivo de arracacha y tomate de árbol de igual manera se aplicaron entrevistas a los entes gubernamentales en Cajamarca, Tolima, como la UMATA, la CAR y algunas asociaciones. Haciendo uso de las entrevistas aplicadas a los trabajadores se realizó un análisis de costo- beneficio del sistema productivo actual, para así obtener un diagnóstico completo del estado actual de la finca Magdalena.

Como resultado todas las variables del objetivo específico 1 se presentaron en tablas y gráficas según su dimensión, que a su vez, están clasificadas por las respectivas variables. Posterior a ello se realizó su análisis a través de una descripción.

*Tabla 3 Variables a evaluar*

Dimensión	Variables	Aspecto	Indicadores/ descriptores	Técnica	Instrumento
<b>Agroecológica</b>	Suelo	Características Físicoquímicas	PH, CIC, Textura, Ca, Mg, K, Na, Bases Totales, %Saturación de bases, fosforo disponible y carbono orgánico	Muestreo en ZIG-ZAG Y Análisis de laboratorio Q-61 (ver anexo 6)	Palin, bolsas plásticas, balde, metro y Formato de registro de muestras
	Recurso Hídrico	Calidad	DBO, DQO	Análisis Laboratorio	Formato de registro de muestras
		Cantidad	L/s	Aforo	Balde y reloj
	clima	Características físicas	Precipitación, Temperatura, periodos climáticos,	Revisión bibliográfica y consultas telefónicas	Registros históricos y celular
	Viento	Dirección	Descripción por medio de bitácora de campo	Observación directa	Brújula y banderín
	Cultivos de arracacha y tomate de árbol	selección lote	Técnicas de cultivo	Entrevista	Formato de entrevista
semilla					
preparación siembra					
desarrollo del cultivo					
cosecha					
<b>Social</b>	Educación	Nivel educativo	Primaria, secundaria, técnico, tecnólogo, profesional u otro	Entrevista	Formato de entrevista

Dimensión	Variables	Aspecto	Indicadores/ descriptores	Técnica	Instrumento
	Asistencia técnica	Frecuencia	Visitas/mes, profesionales/total, profesionales/UMATA		
Económica	Costos	Inversión	Costos de producción,	Entrevista y cotizaciones	Formato de entrevista
		Ganancia	Margen de ganancia		
	Insumos finca	Auto aprovisionamiento	Recursos propios de la finca	Entrevista	

*Fuente: Autores, 2018*

Como técnica muy generalizada se recurrió a la entrevista (ver formato anexo 4) y el número de informantes escogidos fue de 12, ya que según Sampieri (2014) el número de estos se define por quien adelanta la investigación, en función de la magnitud de la información, el tiempo disponible y la complejidad de las variables de las cuales se quiere obtener información (Hernández R. , 2014).

**Objetivo específico 2. Evaluar alternativas de buenas prácticas agroecológicas que se adaptan a las condiciones de la finca.**

Para el desarrollo del objetivo específico 2, se efectuó en una búsqueda bibliográfica de casos de fincas con condiciones similares a las del caso de estudio que han aplicado Buenas Prácticas Agrícolas para una producción sostenible y agroecológica con el fin de realizar una comparación y evaluación las Buenas prácticas agrícolas que más se ajustan a la finca Magdalena mediante una matriz de alternativas y otorgando una escala de valoración.

*Tabla 4 Matriz de alternativas*

BPA	Social		Económico	Ecológico		
	Asistencia Técnica	Nivel educativo	Insumos	Suelo	Clima	Recurso hídrico
Cercas vivas						
Barreras vivas						
Abonos verdes						
Rotación de cultivos						
Zanja de infiltración						

<b>Compostaje</b>						
-------------------	--	--	--	--	--	--

*Fuente: Autores, 2018*

Los resultados se presentaron mediante la matriz expuesta anteriormente, diligenciada con la escala de valoración de la tabla 5 y la categorización tabla 6. Este valor de categorización se otorgó el primer lugar a la de mayor puntaje, de acuerdo al nivel de satisfacción de cada una de las buenas prácticas agroecológicas respecto a las diferentes dimensiones y sus respectivas variables. Finalmente, se realizó un análisis de los resultados obtenidos con el fin de esclarecer las razones por las cuales se obtuvo dicho valor haciendo uso de referentes bibliográficos.

*Tabla 5 Escala de valoración*

<b>Puntaje</b>	<b>valoración</b>
xxx	Óptimo
xx	Medianamente óptimo
x	No óptimo

*Fuente: Autores, 2018*

*Tabla 6 Valor de categorización*

<b>Puntuación</b>	<b>Categoría</b>
13-18	Prioritaria
6-12	Medianamente prioritaria
0-5	No prioritaria

*Fuente: Autores, 2018*

**Objetivo específico 3. Elaborar un modelo de sistema integrado de buenas prácticas agrícolas para garantizar la transición a la agricultura sostenible.**

Para el desarrollo de este objetivo fue necesario tener en cuenta los resultados del diagnóstico y la valoración de las buenas prácticas agrícolas obtenidas en los objetivos específicos 1 y 2. Luego de adquirir esta información y de descargar el *shapefile* del lote de la finca La Magdalena del geoportal catastral del IGAC, se realizó un modelo sistema productivo agroecológico con base en buenas prácticas agrícolas (BPA) para un manejo sostenible del suelo mediante un mapa.

El modelo mencionado anteriormente de la finca la Magdalena, se representó por medio de 3 mapas a escala 1: 3000, haciendo uso del software ArcGis. En el mapa se representó la aplicación de cada una de las Buenas prácticas agrícolas evaluadas y seleccionadas en los lotes de la finca.

**Resultados, análisis y discusión de resultados**

Esta sección del trabajo incluye los resultados de cada uno de los objetivos planteados inicialmente, con sus respectivos análisis y discusión de resultados para facilitar el proceso de lectura y entendimiento del documento.

**1. Objetivo específico 1. Realizar un diagnóstico de las condiciones agroecológicas, sociales, y económicas de la finca bajo estudio.**

**1.1 Dimensión ecológica**

**1.1.1 Suelo:**

A continuación se presenta el análisis<sup>2</sup> físico- químico del estudio de suelo obtenido de la finca La Magdalena vereda potosí del municipio de Cajamarca, Tolima. Los resultados de laboratorio del IGAC fueron representados mediante dos lotes (pendiente 2 y pendiente 3) como se puede ver en las figuras 5 y 6, a través de la tabla 7.

*Tabla 7 Análisis físico-químico de suelo de la finca Magdalena*

No DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRÍA			CLASE TEXTURAL	pH	RELACIÓN DE pH
			ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			
MQ1- 28377	PENDIENTE 2	0-25	62.1	25.4	12.5	F.A	6.06	1:1
MQ1-28378	PENDIENTE 3	0-25	58.0	29.5	12.5	F.A	6.07	1:1
<b>COMPLEJO DE CAMBIO cmol (+)/Kg</b>						S.B%	FÓSFORO DISPONIBLE mg/Kg	CARBONO ORGÁNICO %
CIC	Ca	Mg	K	Na	B.T			
20.562	8.100	1.150	0.760	0.040	10.050	48.88	39.19	1.31
19.416	8.730	1.070	0.510	0.070	10.380	53.46	57.18	1.85

**Fuente:** (IGAC, 2018)

*Tabla 8 Estimativo conceptual de las bases en el suelo*

Elemento	Resultado pendiente 2 (cmol/Kg)	Resultado pendiente 3 (cmol/Kg)	Interpretación
Calcio (ca)	8.100	8.730	Alto
Magnesio (Mg)	1.150	1.070	Bajo
Potasio (K)	0.760	0.510	Alto
Sodio	0.040	0.070	Alto

<sup>2</sup> Los resultados correspondientes a los parámetros: clase textural, pH, CIC, fósforo disponible y carbono orgánico se analizaron con base a la tabla de interpretación de análisis químico de suelos del IGAC (anexo 1) y los valores asociados a los parámetros de: Ca,Mg,K,Na fueron interpretados con base a la tabla de estimativos de bases del suelo del ICA (Anexo 2).

**Fuente:** Tabla 11, pg. 21, Libro *fertilización en diversos cultivos (Anexo 1)*

*Figura 5 Pendiente 3<sup>3</sup>*



**Fuente:** Autores, 2018

*Figura 6 Pendiente 2<sup>3</sup>*



**Fuente:** Autores, 2018

### *Análisis y discusión de resultados*

Para el desarrollo de los cultivos es necesario tener en cuenta algunas propiedades fisicoquímicas establecidas para su crecimiento adecuado. La textura del suelo es determinada por la cantidad relativa de partículas de diferente tamaño como arenas, limos y arcillas en el suelo y su caracterización es esencial para establecer su apropiado manejo y realizar una buena planificación agrícola. De acuerdo a los resultados obtenidos en la

---

<sup>3</sup> Las pendientes correspondientes para los lotes seleccionados fueron de 16.5% para el lote representado en la figura 7, y 27.3% para el lote representado en la figura 8 (Ver anexo 5).

pendiente 2 y en la pendiente 3 el porcentaje de arena fue de 62.1% y 58% mayor que la cantidad de limos con un 25.4% y 29.5% y de arcillas con un bajo porcentaje de 12.5% para ambas pendientes. obteniendo una clase textural de suelos franco arenosos para ambos casos, esto quiere decir que al predominar la cantidad de arenas los suelos tienen mayor capacidad de drenar o permear, presentan mayor número de poros, pero más grandes (macroporos) (Conu & Jimenez, 2014). Textura liviana apta para el desarrollo del cultivo de arracacha (DANE, 2015) como para el cultivo de tomate de árbol (DANE; MinAgricultura, 2014).

Por otro lado, el pH representa un factor importante a la hora de ver la disponibilidad de nutrientes que se encuentren en la fracción orgánica de un territorio determinado. Este puede variar de manera significativa dependiendo del uso que se le vaya a dar y asimismo del tipo de abono o implementos que se le aplique, ya sea fertilizante para su adecuado crecimiento o producción vegetal. El pH obtenido en la muestra de suelo de la pendiente 2 fue de 6.060, el cual se encuentra clasificado como ligeramente ácido, según la tabla de interpretación de análisis químico de suelos del IGAC (Anexo 2). Esto indica que cumple con los rangos permitidos para el desarrollo del cultivo de arracacha, los cuales son de pH 5 a 6 y ricos en materia orgánica (DANE, 2015).

Por otro lado, en la toma de muestra de la pendiente 2 el pH obtenido fue de 6.070, clasificado como ligeramente ácido, apto para el desarrollo del cultivo de tomate de árbol, que se encuentra entre los rangos de pH de 6,0 a 6,5 (DANE & MinAgricultura, 2014). Además, el porcentaje de saturación de bases se relaciona con el pH del suelo y el resultado obtenido en las pendientes fue un porcentaje alto y medio, lo que indica que los sitios de intercambio de las partículas de este suelo están denominados por iones no ácidos (Gruposacsa, 2016). Las dos zonas se encuentran entre las características ideales, donde se puede inferir la correcta absorción por parte de las raíces de la vegetación situada en la zona hacia los nutrientes ubicados en el interior del suelo, evitando el deterioro y la aparición de toxicidades.

Otra de las variables de estudio es la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la cual se refiere al número de cargas negativas que están disponibles sobre el terreno superficial. Conocer acerca de la capacidad de intercambio es esencial ya que este nos indica el potencial de un suelo para conservar e intercambiar nutrientes. Asimismo, la CIC perjudica de modo directo la cantidad y uso frecuentemente de fertilizantes (INTAGRI). La CIC obtenida en la pendiente 2 fue de 20.562 cmol/Kg y en la pendiente 3 se obtuvo un valor de 19.416 cmol/Kg (Tabla 7); esto quiere decir que la CIC es alta y media según la tabla de interpretación de análisis químico de suelos del IGAC (Anexo 2), lo cual significa, según Otero, Sastriquez & Morales (1998), que estos suelos tienen un contenido considerable de arcilla que explica los sitios de intercambio; lo que sumado a la materia orgánica también con sus coloides determina sitios de intercambio de cationes.

El porcentaje de carbono orgánico (componente principal de la materia orgánica) obtenido fue de 1.31% para la pendiente 2 y para la pendiente 3 fue de 1.87% (Tabla 7), resultados bajos para producción agrícola, según la tabla de interpretación de análisis químico de suelos del IGAC (Anexo 2). Lo anterior indica que, al haber pérdida de carbono orgánico, se demuestra un cierto grado de degradación del suelo,

ya que es fundamental para la estabilización de la estructura del suelo, la retención y liberación de nutrientes vegetales, y permite la infiltración y almacenamiento de agua en el suelo. Por lo tanto, es esencial para garantizar la salud del suelo, las prácticas de gestión insostenibles, como el riego excesivo o dejar el suelo la fertilidad y la producción de alimentos (FAO, 2017).

Los cationes básicos (Ca, Mg, K y Na) determinan en gran parte el grado de fertilidad del suelo y deben estar dentro de unos rangos de excedencia (Molina, 2007). Conforme a la interpretación los resultados obtenidos, como se muestra en la tabla 8, el suelo para ambas pendientes es muy fértil debido al alto contenido de calcio, potasio y sodio, favoreciendo la función estructural de la planta y la elongación de las células en su etapa de crecimiento (Pino,s.f.), aunque hay una deficiencia de magnesio, lo que conduce a una reducción en el rendimiento e implica una mayor susceptibilidad de la planta a enfermedades (SMART,s.f.). *“Las pérdidas de Mg en el suelo se pueden dar por la lixiviación, la absorción de los microorganismos, poca retención de cationes del suelo, y la precipitación por minerales secundarios”* (INTAGRI, 2017).

Con respecto al cultivo de tomate de árbol, los nutrientes más importantes para su desarrollo son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, boro, zinc y manganeso, en relación con los resultados obtenidos se encuentra en una baja proporción el contenido de magnesio, lo cual influye desfavorablemente en el color y el sabor del fruto, pero hay un alto contenido de fósforo de 57.18 mg/Kg, lo cual fomenta una mejor calidad del fruto y acelera la maduración (Molina, s.f.). Según Burgos et.al (2006) la arracacha requiere niveles altos de calcio, fósforo, hierro, niacina, vitamina A, piridoxina-B6, riboflavina-B2, ácido ascórbico, proteínas, fibras y carbohidratos; características que le otorgan un potencial alimentario y económico, en relación con los resultados obtenidos el valor del fósforo es de 39.19 mg/Kg, por lo cual se encuentra clasificado como medio según la tabla de interpretación de análisis químico de suelos del IGAC (Anexo 2), esto indica que tiene altos contenidos de minerales y en análisis nutricionales tienen una constitución parecida a la de las raíces (Burgos, Chavez, Hashimoto, & Amaya, 2006).

### 1.1.2 Recurso hídrico:

Con relación al recurso hídrico, los resultados del laboratorio de las pruebas de DBO y DQO fueron:

*Tabla 9 Resultados de análisis de laboratorio del recurso hídrico*

DBO	DQO	pH
-	95,55 mg/L	7,3

**Fuente:** Autores, 2018

De los resultados del análisis del recurso hídrico únicamente se logró obtener el dato de DQO, ya que por razones inciertas no se obtuvo un valor coherente de DBO. Las complicaciones para obtener este dato de DBO pudieron estar ligadas al mal estado del

reactivo (hidróxido de sodio) o calibración inadecuada del equipo, pues las pruebas de laboratorio se repitieron 2 veces y en ninguno de los dos se logró un resultado confiable, conociendo el origen de la muestra y el manejo que se le dio a esta desde el momento en que se realizó.

Como segundo aspecto de evaluación del recurso hídrico, según la información suministrada en las entrevistas y las mediciones hechas en las fuentes de abastecimiento de este recurso, se obtuvo que para el cultivo de arracacha no es necesario instalar un sistema de riego; sin embargo, en algunas ocasiones, por lo general en épocas de verano, si es necesario realizar riego, donde el recurso hídrico es suministrado a través de mangueras con aspersores en toda la extensión del cultivo, sin ningún patrón para distribuir dichas mangueras y por lo general se hace en horas de la noche por aproximadamente 1-2 horas, 2 o 3 días por semana. Para el cultivo de tomate de árbol se obtuvo que si requiere de riego con mayor frecuencia y se realiza durante 8 días seguidos (luego de estos 8 días se deja de regar por 8 días y así sucesivamente hasta que las temperaturas bajen y la precipitación aumente) en horas de la noche, pero no se tiene exactitud respecto a las horas que se deja funcionando, ya que según mencionan los trabajadores de la finca, depende de que tan altas sean las temperaturas y que tan seco esté el suelo, y de acuerdo a esto puede variar el tiempo en que se deje activo el sistema de riego (puede variar entre 1 y 4 horas).

Adicional a los resultados de las entrevistas, también se logró observar que la finca cuenta con un nacimiento de agua en la zona de mayor pendiente, permitiendo que por gravedad el agua fluya hasta un pequeño tan donde no se almacena, sino que sencillamente se represa, pero continúa con su cauce natural y es de allí donde regularmente el cultivo se abastece de agua. La medición con respecto al recurso hídrico se realizó en el tanque mencionado anteriormente y los resultados obtenidos fueron:

*Tabla 10 Medición de caudal*

<b>Cantidad aforada</b>	<b>Duración del aforo</b>	<b>Caudal</b>
20L	96 s	0.21L/s

**Fuente:** Autores, 2018

Según la observación que se realizó en el reconocimiento del área, los 0,21 L/s abastecen directamente de este recurso hídrico a aproximadamente 64 de las 105 hectáreas de la finca, lo que representa un 62%, y que de estas 65 ha, 49 ha están disponibles para las actividades agrícolas, que representan un 47% del área total y un 75% del área que es abastecida directamente por esta fuente de recurso hídrico.

#### *Análisis y discusión de resultados*

Las razones por las cuales el riego en la finca se realiza por periodos intermitentes pero extensos es para evitar que se formen charcos, lo cual puede traer como consecuencia la pudrición en los dos cultivos por exceso de agua, pero tampoco se puede correr el riesgo de dejarlo sin agua, pues tanto como la arracacha como el tomate de árbol requieren de abastecimiento constante de este recurso o de lo contrario el fruto se secaría.

Como es evidente en los resultados, la finca La Magdalena no cuenta con concesión de aguas ni para las actividades agrícolas, ni para las domésticas, lo cual debería ser de obligatorio cumplimiento según el decreto 1548 de 1978, donde mencionan la obligatoriedad de solicitar un permiso (en zonas rurales) para aprovechar el recurso hídrico para las diferentes actividades que lo demanden, y este permiso debería ser solicitado ante la autoridad ambiental local, en este caso CORTOLIMA. A pesar de la reglamentación existente, no se ha logrado hacer que la población cumpla con esta debido a 3 factores:

1. El difícil acceso a todas las fincas de la zona.
2. La errónea concepción de la población de que el hecho de que exista una fuente esté dentro de su propiedad o fluya a través de ella los hace dueños de ella.
3. La ineficiencia de CORTOLIMA por personal insuficiente y recursos limitados.

Sumado a esto, las personas que han solicitado concesión sobre el recurso hídrico para uso doméstico, por desconocimiento y por evitar los trámites necesarios, aprovechan esta concesión también para el uso agrícola, dejando en evidencia la capacidad de gestión por parte de la corporación.

Por otra parte, la medición de parámetros como la DBO y DQO se realizó con el fin de descartar que el recurso hídrico empleado en el riego de los cultivos tuviese como fuente de abastecimiento aguas residuales, sin embargo, no se obtuvo los resultados esperados en la DBO por razones expresadas en los resultados. Hablando ahora de la DQO, el valor resultante fue de 95, 55mg/L y que al compararlo con todos los valores aceptados (el valor mínimo identificado fue de 150 mg/L) de agua residual expresados en la resolución 631 de 2015 no sobrepasó ningún valor, esto quiere decir que, a pesar de la gran cantidad de agroquímicos usados en la finca, no ha habido un mayor impacto sobre el recurso que genere un incremento en la demanda de oxígeno.

Finalmente, es necesario aclarar que los parámetros evaluados no están regulados, administrados o regulados en la finca y que a pesar de la conciencia que tienen los trabajadores sobre la importancia de cuidar el recurso hídrico, no se ha presentado o desarrollado alguna propuesta para darle el manejo correcto a este recurso.

### 1.1.3 *Clima:*

Con el fin de caracterizar la variable clima se realizó un análisis anual del comportamiento de los indicadores climatológicos registrados por la estación meteorológica 21215130 Cucuana HDA ubicada en el municipio de Cajamarca, Tolima cercana a la zona de estudio La Magdalena, cuya información fue facilitada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). Los indicadores seleccionados para la caracterización del clima se muestran en la siguiente tabla.

*Tabla 11 Indicadores climatológicos*

Indicadores	VALOR		
	Medios	Máximos	Mínimos

Indicadores	VALOR		
	Medios	Máximos	Mínimos
Valores medios anuales de humedad relativa (%)	81	88	73
Valores totales anuales de precipitación (mms)	1036.8	318.3	0.0
Valores máximos diarios de precipitación (mms)	19.2	83	0.0
Valores medios anuales de temperatura (°C)	16.0	18.1	15.3
Valores máximos anuales de Temperatura (°C)	23.7	28.8	22.0
Valores mínimos anuales de Temperatura (°C)	9.3	10.6	4.8

Fuente: IDEAM, 2018

#### *Análisis y discusión de resultados*

En el municipio de Cajamarca- Tolima se cuenta con unos valores medios anuales de temperatura de 16°C y unas variaciones de temperaturas máximas anuales de 18.1°C como mínimas de 15.3°C, de igual manera la zona de estudio presenta unos valores máximos anuales de temperatura de 23.7°C y valores mínimos anuales de 9.3°C, estas variaciones están determinadas por los pisos altitudinales, es decir que la temperatura de Cajamarca es variable, ya que cuenta con sitios de menor altura de 1500m.s.n.m, sitios de altura media de 3600m.s.n.m y picos más altos de la topografía municipal que alcanzan los 3800m.s.n.m (Alcaldía Municipal, 2011) La humedad relativa es muy sensible a las variaciones de temperatura el valor obtenido fue de 81%, indica que el aire está lleno de agua y solo necesita absorber de una pequeña cantidad de agua; por lo tanto, las necesidades de riego para la actividad agrícola son mínimas (Hernández F. , s.f). Asimismo, La Magdalena cuenta con valores totales anuales de precipitación de 1036.8mms y valores máximos de 318.3 mms por la ubicación geográfica del municipio de Cajamarca sobre las estribaciones de la cordillera central y su estado de alta montaña permite gozar de las lluvias de tipo bimodal para la zona andina (Alcaldía Municipal, 2011).

Por otro lado, para el desarrollo de los cultivos de arracacha se requiere de condiciones climatológicas de temperatura optimas de 15°C a 25°C y precipitaciones entre 600 y 1000mms de lluvia anual o de 800 a 1200 mms bien repartidos cuando no se cuente con riego (DANE, 2015). De igual manera, para el desarrollo del cultivo de tomate de árbol se requiere de temperaturas entre los 12 a 20°C, precipitaciones comprendidas entre los 1500 y 2000mms de lluvia al año (DANE & MinAgricultura, 2014), lo cual quiere decir, que de acuerdo a la ubicación de la finca y las características climatológicas propias de la zona, posee las condiciones ideales para el desarrollo de estos cultivos.

#### 1.1.4 Viento:

*Figura 7 Observación de dirección del viento*



**Fuente:** Autores, 2018

Para obtener la información de las variables de viento como velocidad, dirección y épocas de mayor viento se esperaba tener como fuente los registros de la estación meteorológica 21215130 Cucuana HDA, sin embargo, por demora en la entrega de resultados de todos los datos solicitados y la inexistencia de estos registros no se lograron los resultados esperados, por tal razón se recurrió a la observación de las condiciones en campo y a recopilar información pertinente con los trabajadores.

Con lo observado en campo y la experiencia de los trabajadores de la finca, se determinó que los vientos entre los meses de julio hasta agosto tienen una intensidad media, con dirección hacia el suroccidente y que en ocasiones alcanza velocidades altas, principalmente en la terminación del mes de agosto e inicios de septiembre.

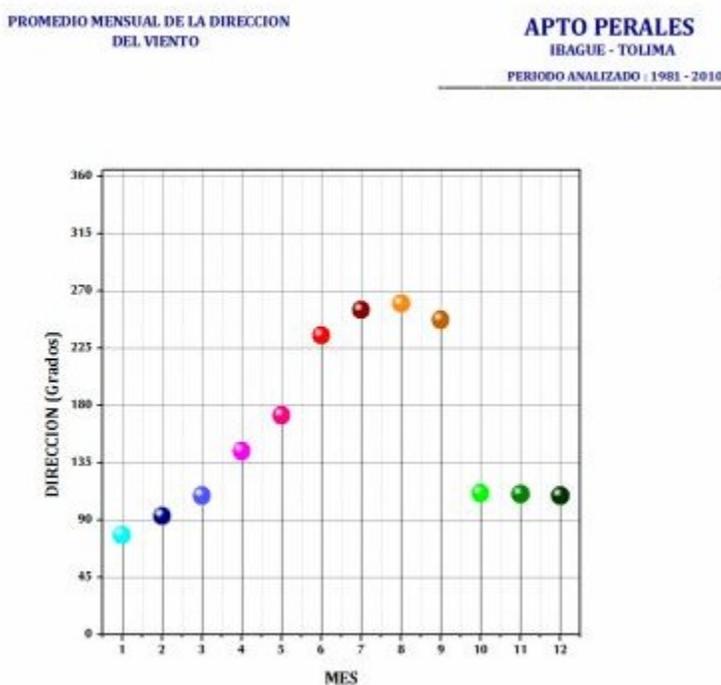
#### *Análisis y discusión de resultados*

Se logró confirmar la información obtenida en la información a través de los atlas y mapas de vientos del IDEAM, donde resalta que en la zona occidental del departamento del Tolima predominan los vientos con dirección suroccidente.

Como complemento a lo anterior, en la figura 10 se representa gráficamente la dirección de los vientos mensualmente y evidentemente los meses entre junio y septiembre son los

meses en que predomina la dirección hacia el suroccidente en el departamento del Tolima y como complemento se ratificó que el mes con mayor intensidad en los vientos fue el mes de agosto (Anexo 3).

Figura 8 Promedio mensual de la dirección de los vientos



Fuente: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>

### 1.1.5 Cultivos de arracacha y tomate de árbol:

Para el cumplimiento del primer objetivo fue necesario recopilar información acerca de los cultivos de tomate de árbol y arracacha, para conocer y entender cómo se realizaba el proceso en la finca y de esta manera determinar cuáles eran las técnicas de mayor impacto negativo al ambiente. Cabe aclarar que esta información se obtuvo a través de entrevistas con los trabajadores y administradores de la finca; sin embargo, no se obtuvo toda la información necesaria por posibles conflictos de interés entre estas personas y la dueña. A continuación, se presentará la descripción de las actividades realizadas en cada una de las fases de los cultivos:

## A. Arracacha

*Figura 9 Cultivo de arracacha*



**Fuente:** Autores, 2018

- Selección del lote: Inicialmente, se selecciona el terreno en el que se va a sembrar arracacha, esta selección solo responde a que el lote tenga como mínimo 1 año de descanso, si hay suficiente espacio para sembrar, de lo contrario se selecciona aquel que tenga mayor tiempo de descanso (en ocasiones alcanza únicamente 3-4 meses). En segundo lugar se elimina toda la maleza del lote con agroquímicos, en este caso RoundUp y en ocasiones es necesario aplicar cal para eliminar la babosa.
- Selección de la semilla (colino): Seguido a la selección de lote y al deshierbe, se selecciona la semilla que puede ser de la misma finca (tomada del proceso anterior de cultivo anterior) o se recurre a conseguirla en fincas aledañas o como última opción se procede a comprarla en los puntos de venta de insumos agropecuarios en el casco urbano. La selección de la semilla está ligada a la productividad lograda en la cosecha de donde se toma esta (mayor productividad), a las enfermedades desarrolladas (enfermedades no muy complicadas o nulas), al tamaño (tamaño uniforme en todo el bulto de colino, que no sea muy muy joven para que resista a la plagas y que no sea muy grande para garantizar su potencial productivo), inclinación del terreno (a mayor inclinación, mayor calidad) y fundamental que tenga como mínimo un mes sin haber pasado por algún proceso donde se requieran agroquímicos.

- Preparación para la siembra: Luego se prosigue con el proceso de ahoyado y picado, para aflojar la tierra y garantizar que la arracacha pueda crecer sin mayor esfuerzo, ya que entre más compacta la tierra y menos profundo se realice el ahoyado, más pequeña sale esta. Una vez teniendo el terreno preparado se realiza la siembra de 4 bultos de colino/ha y para todo este proceso aproximadamente se requieren 47 jornales. Independientemente de que el colino sea del mismo cultivo o se provenga de alguna otra parte, requiere un proceso de fumigación con fungicidas (en la finca la Magdalena se usa AGRODYNE y ZIMCARBEM, aproximadamente 1L de fungicida para disolverlo en 700L de agua). En términos de mano de obra, para la siembra se requieren 2 jornales/ha, para el proceso de preparación del lote se requieren aproximadamente 44 jornales/ha.
- Desarrollo del cultivo: El siguiente paso es realizar una fumigación para las plagas (chiza y tozador) con LORSBAN (insecticida) y de ahí en adelante se repite la fumigación cada 2 meses, además en estas fumigaciones se usan otros agroquímicos para evitar el crecimiento de maleza y desarrollo de enfermedades. El abonado en el cultivo de arracacha inicia 1 ms después de la siembra y se repite a los 5 meses. Para abonar se requieren 4-5 jornales/ha para la primera abonada y para la segunda es necesario el doble de jornales (8 jornales/ha), ya que es necesario abonar más. Herramientas implementadas en la labor de cultivo: Bomba manual (de espalda) para fumigar y abonar en los primeros meses, bomba de motor para fumigar y abonar cuando la arracacha está más grande, azadón pachuno, baldes (20L aproximadamente), canecas (200 L) para disolver los agroquímicos.
- Cosecha: Finalmente, en el proceso de cosecha, se desentierra la arracacha y se preparan todos los bultos para ser llevados al camión de carga; en algunas ocasiones se carga directamente en la finca y en otras ocasiones se deben llevar hasta algún punto de encuentro acordado con el comprador. Para llevarlos hasta el punto de encuentro, se emplean animales de carga, como lo son las mulas (el costo de este medio de transporte varía de acuerdo a la distancia a recorrer).

## B. Tomate de árbol

*Figura 10 Cultivo de tomate de árbol con antracnosis*



**Fuente:** Autores, 2018

- Selección del lote: La selección del terreno para el cultivo depende primero del tiempo que si actividad agrícola, entre mayor tiempo de inactividad, mayor garantía en la productividad; sin embargo, hay otro factores como la presencia de ganado, para que compacte la tierra y permita el asentamiento correcto del árbol cuando alcance su altura máxima (entre 3 y 5 metros), y en ocasiones se cultiva en terrenos donde anteriormente se haya cultivado frijol o arracacha.
- Selección de semilla: Para el cultivo de tomate de árbol, no se compra semilla sino que se compran las plántulas (plantas de 3 meses por un valor de 1000 COP cada una) en bolsas plásticas que luego se trasplantan al terreno.
- Preparación para la siembra: La preparación del lote es igual al de la arracacha, con diferencia en que al realizar el proceso de ahoyado se aplica cal en cada uno para control de plagas y enfermedades por hongos. Al sembrar las plántulas, se hacen huecos de 30x30 cm con una distancia entre cada planta de 3x3 m (actualmente se tienen sembradas 1500 plantas en 2 ha).
- Desarrollo del cultivo: A los 2 meses se hace un proceso de abonado y de ahí en adelante se repite el proceso cada 3 meses con diferentes abonos. El proceso de abonado es necesario empezar a hacerlo cuando tenga mes y medio o dos meses de sembrado, la siguiente abonada se realiza aproximadamente a los 5-6 meses y se usa abono 10-20-20 NPK disuelto en agua o una mezcla de 10-20-20 NPK con fosfato diamónico DAP (esta aplicación es en seco, granulado). Con respecto a las herramientas necesarias para el cultivo de siembra se usan las mismas que para el cultivo de arracacha pero cambia el azadón por el palín.

- Cosecha: No se obtuvo información concreta y precisa del proceso, pero se sabe que a los 14 meses se obtiene la primer cosecha y cada 15 días se recoge el producto durante 14 meses aproximadamente. Luego de la primer cosecha es necesario poner junto al tallo del árbol, un madero para amarrar las ramas de este y evitar que se rompan en procesos siguientes de cosecha.

### *Análisis y discusión de resultados*

Tanto para el cultivo de arracacha, como para el cultivo de tomate de árbol se realizan prácticas muy empíricas, enmarcadas en las técnicas de agricultura convencional. La selección del lote para el cultivo no tiene un método de selección establecido debido a la gran extensión de la finca, por lo que simplemente se decantan por aquel que tenga un periodo de tiempo de descanso más prolongado, sin embargo, en ocasiones por condiciones como cercanía a la vivienda de los trabajadores, a la pendiente del terreno, a la facilidad del acceso al lote y a la cantidad de semillas estimada a sembrar, terminan eligiendo lotes con periodos de descanso bastante cortos que alcanzan únicamente los 3 meses de descanso.

De acuerdo al manual de tomate de árbol elaborado por la Cámara de Comercio de Bogotá (2015), los criterios para elegir el terreno ideal para sembrar este tipo de cultivo deberían responder, además de características fisicoquímicas del suelo, a características como suelos poco compactos, como buena oxigenación, donde no se presenten encharcamientos por el riego.

Por otra parte, para el cultivo de arracacha, según el boletín del DANE (2015), la selección del terreno debería estar determinada por la pendiente del terreno, por la compactación del suelo, por el periodo de descanso con respecto al cultivo anterior (dependiendo de lo que se haya cultivado anteriormente, el periodo de recuperación del suelo cambia), por el tamaño del área a cultivar, y finalmente, por terrenos donde se garantice 800-1200 mm de precipitación anual, si no se cuenta con sistema de riego.

En la selección de la semilla y preparación del lote en la Finca la Magdalena, para los cultivos de arracacha y tomate de árbol, se destaca que existen algunos parámetros orientadores para estos procesos, complementando su conocimiento convencional por medio de asesoría por parte de agrónomos locales, y esto se ve reflejado en la toma de decisiones en la escogencia de la semilla, pues en algunos casos dependiendo de las condiciones del cultivo terminado se opta por tomar semillas de estos o simplemente recurren a otras fuentes que les garanticen unas mejores condiciones para el siguiente cultivo. En cuanto a la preparación del lote, los dos procesos son muy similares ya que los parámetros de selección del lote son muy similares, e incluso en sus primeras fases de cultivo se realizan procesos bastante similares por su demanda nutricional.

Por lo general, las plántulas para el cultivo de tomate de árbol deben ser extraídas de los chupones basales o aéreos con una altura mínima de 30 cm y presentar varia yemas, que además no hayan presentado gran cantidad de plagas o enfermedades, para controlarlas en el vivero hasta que alcance una altura de 1 m aproximadamente (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015). Para el cultivo de arracacha existen 3 criterios fundamentales para

seleccionar el colino (Rivera, y otros, 2015) (aparte de características básicas como la productividad del cultivo anterior al que se está tomando el colino, el nivel nutricional de la planta madre, enfermedades y plagas anteriores, y la edad del cultivo que por lo general es de 10-12 meses) que son: 1) la posición, cercanía a la semilla madre, 2) la edad, la semilla madre va produciendo los colinos en el contorno y a medida que van saliendo más, estos se va desplazando a la periferia, 3) el tamaño, de acuerdo al tamaño existen 3 clasificaciones que son:

- Tipo 1: Ubicados en el centro, no recomendados para la siembra.
- Tipo 2: Ubicados en la periferia de la cepa, ideales para la siembra.
- Tipo 3: Se encuentran alrededor de la semilla madre y en proceso de formación, por lo que son de menor grosor y vigorosidad, no recomendados para la siembra.
- Tipo 4: A estos colinos se les denomina yemas o retoños, que son aquellos que al arrancarlos tienen forma de medialuna, no ideales para la siembra.

La preparación del terreno en ambos casos requiere la elaboración de surcos y volteo de la tierra a una profundidad máxima de 40 cm, para garantizar el aireado, aumentar la microflora y microfauna agregando material orgánico. Luego de elaborar los surcos, se prosigue con el ahoyado donde se trasplantan las plántulas de tomate de árbol y los colinos en el cultivo de arracacha. A grandes rasgos, la única diferencia evidente es la separación entre los surcos y ahoyado para cada uno de los cultivos. Las medidas de los surcos pueden variar de acuerdo a la pendiente del terreno, pues a mayor pendiente, mayor distancia se debe dejar entre cada uno de estos; sin embargo, para ambos cultivos es recomendable sembrar en pendientes mayores al 10% (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015) (Rivera, y otros, 2015).

Con relación al desarrollo y cosecha de los dos cultivos no se obtuvo mucha información representativa, ya que a las personas que se les hizo la entrevista no tenían muy claro todo el proceso. Por lo general estas personas realizan el proceso del cultivo con el acompañamiento del agrónomo local debido a que no tiene los conocimientos técnicos suficientes que puedan garantizar una productividad óptima. Sumado a esto, no tiene un control y registro de las actividades que desarrollan, por lo que la administración de recursos y personal es prácticamente nula y esto genera un bajo rendimiento en las labores agrícolas, que finalmente, se ven reflejadas en el cultivo, con baja productividad, manejo inadecuado y tardío de plagas y enfermedades, llegando a causar en ocasiones pérdidas totales.

Otro factor que se cree pudo limitar las respuestas de los trabajadores es que uno de los autores del trabajo tiene un vínculo directo con la dueña de la finca, y entre los trabajadores y la dueña han existido problemas por la mala administración de los recursos económicos, lo cual se ha evidenciado en pérdidas de 14 millones de pesos en cultivos tanto de arracacha como de tomate de árbol.

A pesar de las dificultades mencionadas anteriormente, se rescató información que evidencia que los cultivos tienen una alta demanda de agroquímicos que degradan las propiedades del suelo y generan reducción de la actividad microbiana del suelo, el

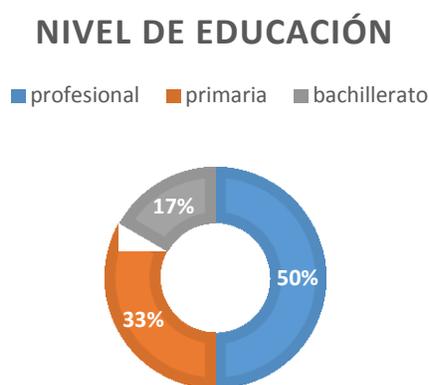
crecimiento irregular, la pérdida de biomasa, o muerte de plantas propias del cultivo por sus niveles de concentración (Silva & Correa, 2009).

## 1.2 Dimensión social

### 1.2.1 Educación:

Algunos de los resultados de las variables establecidas inicialmente tuvieron como fuente información de primera mano y en la siguiente figura se representa el nivel de educación porcentual del total de personas entrevistadas.

Figura 11 Nivel de educación



**Fuente:** Autores, 2018

### *Análisis y discusión de resultados*

El principal factor común relacionado a la educación de los trabajadores y administradores de la finca la Magdalena fue que no contaban con mayores estudios, donde algunos incluso no terminaron su educación primaria debido a que en las veredas donde se criaron no había escuelas cercanas y simplemente tenían más interés por aprender las labores agrícolas para mantener la producción y su sustento económico, que dedicar su tiempo a estudiar. A lo anterior hay que sumarle que no todos los trabajadores de la finca son oriundos de la zona, algunos vienen de zonas del país donde se presenciaban conflictos armados por grupos al margen de la ley y el ejército nacional, impidiendo así el desarrollo normal de sus actividades académicas.

A pesar del bajo nivel educativo de los trabajadores de la finca, resalta un aspecto importante y es el apoyo que tienen ellos para desarrollar sus cultivos con el apoyo de 2 agrónomos locales con más de 30 años de experiencia cada uno. Los 2 agrónomos comparten una característica particular, y es que sus conocimientos están enfocados bajo las técnicas de agricultura convencional, lo cual no es un factor negativo, sino por el contrario, en términos de comunicación y entendimiento con los trabajadores hace mucho más fácil que comprendan las posibles falencias que cometen estos a la hora de desarrollar sus cultivos. El problema del conocimiento que poseen estos agrónomos radica en que únicamente tienen en cuenta el factor económico, buscando obtener los mayores beneficios productivos y de esta manera garantizar la rentabilidad del producto, sin tener en cuenta las dimensiones ecológica y social.

Como bien los describe Altieri y Nicholls (2000), el problema de la agricultura convencional es que no se toman en cuenta las variaciones ecológicas, relaciones económicas y organizaciones sociales y por lo tanto no se ha logrado dimensionar de manera real las necesidades que trae consigo la actividad agrícola. Por tal razón la necesidad de que el apoyo a la población rural esté estructurada bajo la agricultura sostenible, para así implementar las buenas prácticas agroecológicas, independientemente de la técnica empleada, para lograr entender las diferentes variables dentro de los agroecosistemas y partiendo de allí poder diseñar, manejar y evaluar un sistema productivo integral.

### *1.2.2 Asistencia técnica:*

De la información recopilada respecto a la asistencia técnica y las organizaciones comunitarias se encontró que existen diversas asociaciones del sector agropecuario (de ganaderos, arracacheros, aguacateros, frijoleros, cafeteros y de gulupa), y a través de estas asociaciones es que la población recibe la asistencia técnica. De las asociaciones mencionadas anteriormente se logró entrevistar integrantes pertenecientes a:

- **ASPROSSAN:** La asociación ASPROSSAN surgió con el objetivo de dar un manejo adecuado a las semillas andinas y de esta manera conservar sus propiedades naturales (de producción, resistencia a hongos, plagas, componentes nutricionales, etc). El producto insignia de esta asociación es la arracacha, debido a que Cajamarca cuenta con la mejor calidad de este producto en términos de contenido proteína, nutrientes y productividad frente a otros municipios en departamentos como Boyacá, Santander, y otros (algunos de estos estudios desarrollados a nivel nacional los ha realizado el Profesor Juan José Rivera Varón quien tiene más de 30 años de experiencia en temas relacionados a la agricultura y la arracacha) (Cámara de Comercio de Ibagué, 2016).

Actualmente la asociación está conformada por 30 integrantes y desde hace 5 años trabajan con CORPOICA para la conservación de semillas frente a las problemáticas que trae consigo el cambio climático como la proliferación de plagas y enfermedades en la arracacha. Para evitar que este problema continuara afectando a los agricultores, CORPOICA intento poner en marcha diferentes proyectos con

apoyo de la alcaldía y la UMATA pero desafortunadamente no fueron aceptados y como alternativa realizaron un diagnóstico de la situación y como respuesta se les proporcionó 3000 colinos (semillas de arracacha) con características particulares para que empezaran a multiplicarlas.

Dentro de los proyectos piloto que se han desarrollado, resaltan aquellos que se han centrado en el estudio del proceso de cultivo de arracacha, usando la menor cantidad posible de agroquímicos tipo 1 y 2 (Extremadamente tóxicos y altamente tóxicos respectivamente), reemplazándolos por agroquímicos tipo 3 y 4 (Medianamente tóxicos y ligeramente tóxicos respectivamente (INVIMA, 1991). Su preocupación principal es erradicar el glifosato, ya que en esta zona es común su uso debido a que es un herbicida de amplio espectro y erradica de manera más rápida y económica el material vegetal en los lotes a sembrar, ya que requiere menos jornales que el deshierbe manual (NUFARM COLOMBIA S.A, 2012).

A pesar del esfuerzo de los integrantes en generar conciencia en la población, aún no hay mucha credibilidad por parte de los agricultores de la zona y ha sido difícil incentivar a la comunidad a que repliquen estas iniciativas; sin embargo, han logrado crear una alianza comercial con CREPS & WAFFLES S.A, al cual semanalmente se le venden aproximadamente 1200 kg de arracacha (para ciudades como Bogotá, Cali, Medellín, Cartagena), lo cual se ha reflejado en un impacto económico representativo, pues esta empresa compra este tubérculo a mejor precio que los intermediarios (CREPS & WAFFLES S.A compra a 200 pesos colombianos en promedio el kilo de arracacha, frente a 130 COP que ofrece el comerciante, pero hay que aclarar que el precio varía dependiendo de la oferta y demanda por lo que fluctúa constantemente entre los 100 y 300 COP) a los cuales se les vende generalmente (Las ciudades en las cuales los intermediarios venden la arracacha están presentes en diferentes partes del país como Bogotá, Cali, Medellín, Armenia, Neiva, Ibagué, Pereira, Honda, Manizales, entre otros).

Una de las dificultades a las cuales se enfrentan los agricultores es a la deshonestidad de los intermediarios pues en ocasiones establecen un acuerdo de palabra para que el agricultor le dé el producto en determinados días de la semana y el fin de semana cuando se recoja la última carga se da el pago y es allí donde se incumple el acuerdo, el intermediario no vuelve y no realiza el pago, generando pérdidas representativas para el agricultor y afectando múltiples aspectos; **Error! Marcador no definido.** (económico, social y ecológico porque este es el ingreso que sustenta las necesidades básicas del mismo agricultor y de su familia, y por la misma inestabilidad económica obliga al trabajador a reducir sus costos de producción, es decir, acudir a agroquímicos) tanto de manera directa e indirecta pues no solo se ve afectado este, sino que en ocasiones para sus cultivos toman créditos o préstamos y al no tener los recursos para pagar los proveedores también se ven afectados.

- AGUACATEC: AGUACATEC es una asociación de 100 agricultores del municipio de Cajamarca y del cañón de Anaima, que se dedican al cultivo de aguacate Hass para la exportación a países europeos. Cuentan con la gran ventaja de estar ubicados en el departamento del Tolima, el cual se ha logrado catalogar como uno de los principales proveedores de productos agrícolas del país, pero que en Cajamarca han marcado la diferencia por reemplazar los monocultivos tradicionales de la arracacha y el frijol.

Uno de los factores que infuyó en el desarrollo de esta propuesta, fue la llegada de la empresa minera ANGLOGOLD ASAHNTI S.A, empresa que tenía dentro de sus obligaciones y deberes el planteamiento de una política de apoyo a la comunidad y desarrollo social, lo que impulsó y llevó a unir esfuerzos para poner en marcha múltiples proyectos o pruebas piloto en la producción de aguacate hass con el objetivo de estudiar y analizar este proceso de productivo para obtener una uniformidad y calidad en la línea genética, y gracias a esto se puso en marcha la producción a mayor escala en 100 hectáreas. Adicionalmente, a los estudios mencionados anteriormente se implementaron las buenas prácticas agrícolas, como lo exige el Instituto Agropecuario Colombiano (ICA), para obtener el aval de exportación.

Gracias a la certificación en buenas prácticas agrícolas, lograron realizar su primera exportación a Costa Rica y actualmente cuentan con alrededor de 3000 árboles de aguacate sembrados en 100 hectáreas preparándose para su segunda exportación a Alemania.

- APROLECHE: Esta asociación fue creada en 1998 por la presión económica que vivieron debido a la inestabilidad del mercado y la baja oferta. Inicialmente eran 16 integrantes que lograron unir esfuerzos y lograron cerrar un negocio con COLANTA S.A. Esta empresa además de comprarles la leche, continuó apoyándoles económicamente para mejorar su infraestructura de almacenamiento y transporte.

Actualmente son 72 integrantes que trabajan por el desarrollo de la actividad lechera y sus subproductos, que además trabajan en conjunto con los proveedores de productos veterinarios y agroquímicos (para control de enfermedades en los animales y el mantenimiento de las áreas de pastoreo). Los proyectos que desarrollan actualmente para apoyar a los productores de leche están encaminados al control de malezas en los pastizales y parcelas demostrativas de nutrición, para garantizar el aprovisionamiento constante de forraje, ya que uno de los principales problemas que ha trado consigo la actividad ganadera es la tala excesiva por las malas prácticas extensivas de ganadería. En algunas ocasiones se ha intentado

promover y asesorar a los productores de leche en sistemas productivos silvopastoriles, sin embargo, no ha surgido efecto.

- **COOPERATIVA COMERCIALIZADORA DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE CAJAMARCA (CARC):** La CARC es una cooperativa que comercializa productos agrícolas de alta calidad de la región de Cajamarca, Tolima, con más de 30 años en el mercado. Se creó con la intención de gestar una organización gremial que les permitiera mejorar sus condiciones en el mercado y tener mayor rentabilidad.

Actualmente se encuentran desarrollando un proyecto en alianza con el ministerio de agricultura, gobernación, alcaldía y CARC, para el cultivo de gulupa, con el fin de certificarse en Global Gap. Actualmente hay 17 fincas certificadas en Global Gap que producen gulupa y aguacate Hass.

Con relación a la arracacha y tomate de árbol no han desarrollado ningún proyecto por temas de rentabilidad y oportunidad de negocio. Existen mejores condiciones desde el punto de vista económico para productos como la gulupa y el aguacate que para la arracacha o el tomate de árbol.

Una de las razones por las cuales algunas fincas no han logrado la certificación en BPA es debido a que no cuentan con concesión de recurso hídrico destinado a la producción agrícola, y al momento de realizar la certificación se convierte en una no conformidad; sin embargo, CORTOLIMA, que es la autoridad encargada de otorgar estas concesiones, no exige el cambio de esta concesión siempre y cuando se haga un uso responsable del recurso. A pesar de esta medida que ha tomado CORTOLIMA, no hay una medida exacta o un indicador que permita confirmar si realmente se realiza un uso responsable o no del recurso, ya que no cuenta con contadores u otros mecanismos que permitan obtener datos cuantificables de este uso.

También se logró contactar con la directora de la UMATA de Cajamarca, Martha Torres, quien aportó con información acerca de algunos proyectos que se encuentran en proceso en el municipio, relacionados con temas agropecuarios. En la siguiente tabla se resume los temas centrales de los proyectos, producto agrícola al cual van enfocados y las personas que se han visto beneficiadas por estos proyectos.

*Tabla 12 Proyectos de la UMATA*

<b>Proyectos en desarrollo actualmente con la UMATA</b>			
<b># de proyectos</b>	<b>Temas tratados</b>	<b>Cultivos relacionados</b>	<b># de beneficiados</b>

5	Agricultura sostenible, agricultura sustentable, BPA, agricultura convencional	Frijol, gulupa aguacate hass, apicultura, bio-fábricas	289
---	--	--	-----

**Fuente:** Autores, 2018

### *Análisis y discusión de resultados*

El factor común de la mayoría de las respuestas a las entrevistas realizadas a los representantes de cada asociación de los diferentes productos agrícolas del municipio es que el tema de la sostenibilidad y de las buenas prácticas agroecológicas es relativamente reciente (de acuerdo a los resultados obtenidos solo se tiene referencia de proyectos que involucren estos temas hace 5 años en cultivos de arracacha, desarrollado por un agricultor local, pero que desafortunadamente no se logró contactar) debido a la falta de conciencia en la población acerca del cuidado del ambiente y sus recursos naturales.

Desde el año 2017 se tienen evidencias de la implementación de las buenas prácticas agrícolas en las actividades agrícolas para cultivos de aguacate Has y una de las razones por las cuales la empresa ANGLGOLD ASAHNTI S.A es porque este producto ha tenido una demanda alta en los últimos años a nivel nacional e internacional, situación que no ha pasado con la arracacha y que debido a las condiciones para exportación de productos agrícolas, la arracacha se enfrenta a diversas barreras para poder entrar a analizar la posibilidad de ser negociada en el exterior y uno de estos, tal vez el más importante, es las condiciones fitosanitarias.

Es evidente la falta de apoyo por parte de las entidades públicas como la UMATA, autoridades ambientales, la unidad de planeación territorial, etc. pues no se encontró ninguna información que involucrara a estas entidades en proyectos o programas que impulsaran y apoyaran a los productores de arracacha, sabiendo que Cajamarca es catalogado a nivel nacional como el principal productor de arracacha, no solo en términos de cantidad sino de calidad (en términos de composición nutricional).

Sumado a esto, es preocupante la falta de generación de conciencia ambiental en todas las actividades agropecuarias, pues la mayoría de las personas entrevistadas, y como se evidencia en el número de proyectos en desarrollo en temas de sostenibilidad, los agricultores están desarrollando sus actividades basados en técnicas que provienen desde la revolución verde y que como lo dice Cecon (2008), están limitando progresivamente el potencial de sus tierras, lo que puede desembocar en la degradación total de los recursos naturales, trayendo consigo impactos en todas las dimensiones (económica, ecológica y social).

Según Bejarano (1997), para garantizar la transición hacia la agricultura sostenible es necesario la interdisciplinariedad e interdependencia de las entidades del sector público para entender que no se puede querer darle solución a problemas multidimensional, a través de esfuerzos individuales de cada una de estas entidades enfocados en la dimensión social, ecológica, según sea su campo de acción.

Por otra parte, es evidente la necesidad de que la gestión ambiental encaminada para la sostenibilidad sea descentralizada, es decir, que a pesar de los programas y proyectos establecidos desde el gobierno central, se le otorgue la capacidad a las diferentes instancias regionales, municipales y sectoriales, adaptarlos a sus necesidades y principales puntos críticos, para que se refleje en mayor participación ciudadana, transparencia en las decisiones ligadas al desarrollo, garantía de competencia transparente y honesta, mejoramiento de las condiciones ambientales y sobre todo proyección para escenarios futuros, donde no se cometan los mismos errores del pasado (Rodríguez & Espinoza, 2002).

### 1.3 Dimensión económica

#### 1.3.1 Costos:

Los costos para todo el proceso del cultivo, tanto para arracacha como para tomate de árbol, fueron obtenidos del agrónomo que asiste a los trabajadores en la finca. A continuación, se presentarán en 2 tablas los insumos, costos, ingresos económicos, mano de obra (jornales) necesarios para el desarrollo, bajo condiciones normales, de los cultivos de tomate de árbol y arracacha.

Tabla 13 Costos del cultivo de arracacha

FASE	ACTIVIDADES	INSUMOS	JORNALES	COSTOS TOTALES
PREPARACIÓN DEL TERRENO	Control de maleza	4 L de GLIFOSATO (herbicida)/ha	2	\$350,000
SIEMBRA	Compra de semilla	4 bultos de semilla (62kg c/u)/ha	N/A	\$160,000
	Ahoyado y siembra de colino	N/A	52	\$2,320,000
CULTIVO	Control de plagas y enfermedades (20 días luego de la siembra)	1L de MERTEC (fungicida)/ha 1L de DELTA (Insecticida)/ha	3	\$315,000
	Fertilización en <i>drench</i> (1 mes luego de la siembra)	20 kg SOLUCOX (suplemento)/ha 2 L RADIGROW (fertilizante)/ha	3	\$370,000
	Fumigación foliar (1 mes luego de la siembra)	1 L de LORSBAN (insecticida)/ha	1	\$74,000

FASE	ACTIVIDADES	INSUMOS	JORNALES	COSTOS TOTALES
	Control de malezas (2 meses luego de la siembra)	2Kg de KARMEX (herbicida)/ha 1Kg de GESAPRIM (herbicida)/ha	2	\$213,000
	Fumigación foliar para fertilizar y control de plagas (70 días luego de la siembra)	1L de NUTRIZYME (fertilizante)/ha 1L de LANNATE (insecticida)/ha 1L de coadyuvante/ha	2	\$216,000
	Fertilización edáfica (5 meses luego de la sembrada)	10 bultos de fertilizante "10/20/20"NPK (50 Kg c/u)/ha	4	\$1,000,000
	Fumigación foliar para fertilizar, control de plagas y enfermedades (5 meses luego de la siembra)	1L de coadyuvante/ha 1L de CaB (fertilizante)/ha 1L de NUTRIZYME/ha	2	\$216,000
	Control de malezas (1 semana después de la actividad anterior)	4Kg de KARMEX (herbicida)/ha 2Kg de GESAPRIM (herbicida)/ha	4	\$346,000
	Fumigación foliar para fertilizar, control de plagas y enfermedades (7 meses luego de la siembra)	1L de NBX(fertilizante)/ha 1L de DIFECOL (fungicida)/ha 1L de NILO 300 SC (plaguicida)/ha	2	\$415,000
	Fumigación foliar para fertilizar, control de plagas y enfermedades (9 meses luego de la siembra)	1L de NBX(fertilizante)/ha 1L de DIFECOL (fungicida)/ha 1L de NILO 300 SC (plaguicida)/ha	2	\$415,000
		<b>TOTAL</b>	<b>77</b>	<b>\$6,410,000</b>

Fuente: Gustavo Cante, Agrónomo local

Tabla 14 Ingresos económicos por el cultivo de arracacha

Ingresos económicos		
cargas	Valor de venta de la carga	Total
100/ha	\$90.000 COP/carga	\$9'000.000 COP/ha

Fuente: Propietaria de la finca

Tabla 15 Costos del cultivo de tomate de árbol

FASE	ACTIVIDADES	INSUMOS	JORNALES	COSTOS TOTALES
PREPARACIÓN DEL TERRENO	Encalada	9 bultos de cal (50 Kg c/u)/ha	5	\$335,000
	Control de enfermedades	1/2 L de MERTEC (fungicida)/ha	3	\$190,000
	Control de nematodos	3 unidades de ECOMAX de 250cm	2	\$200,000
SIEMBRA	Compra de árboles	1100 árboles/ ha	N/A	\$660,000
	Aplicación de matababosa	2.7 Kg matababosa (molusquicida)/ha	6	\$348,000
CULTIVO	Control de plagas y enfermedades (15 días luego de la siembra)	½ L de MERTEC (fungicida)/ha	2	\$150,000
	Abono 40 días después de la siembra	22 Kg de DAP(Abono)/ha	1	\$80,000
	Abono mes después del abonado	22 Kg de DAP (Abono)/ha+ 10 Kg de elementos menores	1	\$120,000

FASE	ACTIVIDADES	INSUMOS	JORNALES	COSTOS TOTALES
	Poda de formación	N/A	1	\$40,000
	Control de plagas y enfermedades 40 días después del abono	1,875 Kg de RIDOMIL/ha	1	\$165,000
	Después de 7 meses se realiza abonado 40 días hasta llegar a los 20 meses	4,4 bultos de fertilizantes (50 Kg c/u)/ha	2	\$7,560,000
	Después de 7 meses se realiza control de enfermedades cada 15 días	1L de coadyuvante+ 1L de DIFECOL +1,875 Kg de RIDOMIL/ha	8	\$1,400,000
COSECHA	Recolección cada 15 días	N/A	12	\$480,000
	TUTORADO una vez en la primera recolección	1100 Estacas/ha	25	\$4,400,000
<b>TOTAL</b>			<b>59</b>	<b>\$16,128,000</b>

Fuente: Gustavo Cante, Agrónomo local

Tabla 16 Ingresos económicos por el cultivo de tomate árbol

Ingresos económicos		
cargas	Valor de venta de la carga	Total
12/ha	\$160.000 COP/carga	\$1'920.000 COP/ha

Fuente: Propietaria de la finca

#### Análisis y discusión de resultados

El cultivo de arracacha demanda gran cantidad de jornales debido a la fácil proliferación de enfermedades y plagas que pueden atacarlo, y es necesario aplicar agroquímicos

constantemente para evitar cualquier posible complicación que represente un riesgo de pérdida total de la arracacha. Lo anterior quiere decir que aproximadamente el 50% (\$3'160.000 COP) de los costos provienen del pago de los jornales y el resto de la compra de los insumos como los agroquímicos y fertilizantes.

Una de las ventajas del cultivo de arracacha es que no es común que se presenten pérdidas económicas bajo condiciones normales, es decir que no se presenten episodios de plagas incontrolables o enfermedades que comprometan la productividad de las plantas. El precio de venta de la arracacha regularmente está alrededor de los \$90.000 COP por carga y con esto se garantiza una ganancia aproximada del 30% (\$2'590.000 COP) por cada hectárea sembrada. Se han registrado precios históricos de venta que alcanzaron los \$500.000 COP por carga (en el año 2016) debido a la alta demanda y poca oferta de arracacha, tanto así que hubo días donde no se conseguía arracacha para la venta como resultado de la mala planificación del cultivo por parte de los agricultores; sin embargo, también se han registrado valores mínimos de venta con precios de \$40.000 COP por carga, obligando a los agricultores dejar su producto enterrado por no alcanzaba el punto de equilibrio para recuperar la inversión.

Por otra parte, el cultivo de tomate de árbol tiene su mayor demanda de recursos económicos por actividades de abonado y adecuación de los árboles para evitar el desgaje de sus ramas (en el costo de estas actividades también se tiene en cuenta el costo de los jornales), alcanzando un 48% (\$7'760.000.000 COP) y el resto de los costos provienen de actividades de mantenimiento del cultivo y agroquímicos para el control de plagas y enfermedades.

Con relación a las ganancias, en el cultivo de tomate de árbol hay que tener en cuenta dos factores: 1) que la recolección del tomate se realiza cada 15 días durante 18 meses seguidos y 2) que es un cultivo semipermanente que requiere una inversión inicial relativamente alta, pero que luego de los 7 meses solo requiere actividades de abonado y control de plagas y enfermedades. Regularmente el precio de venta de una carga de tomate de árbol se encuentra sobre los \$160.000 COP, lo que en teoría debería estar retornando la inversión en tan solo 4 meses y medio; sin embargo, por el grado de incertidumbre en costos y periodos de tiempo no es posible estimar un porcentaje de ganancia (a pesar de que con los datos se puede estimar una ganancia de \$69'120.000 COP aproximadamente), y sumado a esto es muy común que durante el proceso de cultivo sea necesario realizar tratamientos específicos por plagas u hongos, lo que representa un aumento en los costos reales del cultivo.

### *1.3.3 Insumos de la finca:*

Como recurso propio de la finca solamente aprovechan el recurso hídrico, gracias al nacimiento de agua ubicado allí mismo. En ocasiones aprovechan el recurso maderable de los árboles; sin embargo, en ocasiones acceden a comprarlo en fincas aledañas, el resto de herramientas e insumos lo compran ya sea en puntos de venta de insumos agropecuarios en el centro poblado o lo consiguen en otras fincas.

### *Análisis y discusión de resultados*

Existe una gran diferencia de costos para cada uno de los cultivos, debido principalmente a los insumos que demandan estos. El cultivo de tomate de árbol genera una demanda alta de insumos agroquímicos por las diversas plagas que pueden atacar la planta y porque requiere múltiples aplicaciones de abono, que dependen de la fase de crecimiento en la que se encuentre, esto implica estar rotando el tipo de abono a usar.

A pesar de la evidente diferencia de costos entre el cultivo de tomate de árbol y de arracacha, hay que aclarar que la duración de los 2 cultivos es totalmente diferente (tomate de árbol: 20 meses y arracacha: 14 meses) y por lo tanto no se puede realizar una comparación directa, si se toma como referencia el valor total.

Otro aspecto representativo es la cantidad de jornales, pues para el cultivo de arracacha la mayoría de actividades no son repetitivas periódicamente y se emplea una misma cantidad de jornales en cada proceso, mientras que para el cultivo de tomate de árbol hay que tener en cuenta la periodicidad de las aplicaciones de insecticidas y abono. Adicionalmente, influye nuevamente la duración del cultivo.

Para garantizar una producción constante y equitativa, que mejore la calidad del ecosistema y que asegure el desarrollo de la actividad agrícola a corto, mediano y largo plazo es necesario saber administrar los recursos que se tiene disponibles, y conocer su potencial beneficio a la hora de diseñar y elaborar un sistema productivo basado en las diferentes técnicas de agricultura sostenible (Labrador & Altieri, 1995). Las ventajas que puede traer el aprovechamiento de los recursos propios del lugar donde se desarrolla el cultivo pueden ser (Altieri & Nicholls, 2000):

- **Económicos:** Al utilizar materiales como madera, materia orgánica para abonos, fuentes de agua, cercas vivas, etc, se está reduciendo hasta en un 22% los costos de los cultivos generados por insumos para adaptación y mantenimiento.
- **Ecológicos:** Si se adapta de manera adecuada un sistema productivo, se reduce o incluso se elimina el uso de agroquímicos, evitando la degradación del recurso hídrico y el suelo principalmente. Adicionalmente, genera un impacto de manera positiva en la biodiversidad de la zona tanto de fauna como de flora, rayendo consigo beneficios para el control de plagas y malezas, mejoramiento de condiciones para el desarrollo del cultivo y principalmente la garantía de aporte de material orgánico de manera permanente al suelo.
- **Sociales:** Se reduce el riesgo de posibles afectaciones a la salud por los agroquímicos, se fomenta la capacitación y educación de la comunidad en temas relacionados a la productividad agrícola sostenible; lo que es sinónimo de desarrollo de las capacidades cognitivas y la generación de conciencia hacia el cuidado de los agroecosistemas. También puede reducir la mano de obra requerida para el manejo del cultivo, reduciendo así la carga laboral y esto se refleja en menores complicaciones a la salud ligadas a sus capacidades motrices.

## **2. Objetivo específico 2. Evaluar alternativas de buenas prácticas agroecológicas que se adaptan a las condiciones de la finca.**

De acuerdo a diferentes referentes teóricos de buenas prácticas agrícolas, y la recolección de datos del diagnóstico del objetivo específico uno, a continuación, se presenta la descripción de algunas técnicas que pueden ser factibles como buenas prácticas agrícolas en el caso de estudio Finca Magdalena en Cajamarca, Tolima, considerando las dimensiones sociales, ecológicas y económicas.

### **2.1 Cercas vivas**

*Figura 12 Representación de las cercas vivas*



**Fuente:** <https://es.slideshare.net/danielkaaguilera86/cercas-vivas-y-cortinas-rompevientos>

La cerca viva es una plantación lineal de árboles o arbustos que delimitan un área de tierra, que dependiendo de su distancia de separación y de su altura puede constar de 1 o 2 líneas. El objetivo de sembrar una cerca viva es controlar el paso de animales y personas al lote,

pero también pueden proveer leña, forraje, alimentos, actuar como cortinas rompe vientos y enriquecer el suelo, dependiendo de las especies empleadas (CORPOICA, 2016).

#### Características de las cercas vivas

- Se pueden encontrar cercas vivas en elevaciones desde los 0 m sobre el nivel del mar, hasta los 2500 m sobre el nivel del mar, en ambientes tanto secos como muy húmedos (más de 4000 mm de precipitación).
- Para la instalación de estas cercas se requiere gran cantidad de mano de obra (34 jornales) para establecerla, y de acuerdo a la pendiente del terreno puede aumentar.
- Se puede hacer uso de múltiples especies de acuerdo con las condiciones climáticas y culturales.
- Proporcionan las condiciones ideales para algunas especies de fauna, como las aves que ayudan al control de plagas.
- Para el mantenimiento requiere de aproximadamente 10 jornales anuales.

#### Ventajas y desventajas

- Pueden ser fuente de alimento, forraje, leña, productos medicinales y nuevos postes para cercas.
- Protegen los cultivos y/o animales contra el viento.
- Funcionan como mecanismo para evitar la erosión, y son un complemento ideal a las zanjas de infiltración.
- Duran mucho más que las cercas muertas.
- Tiene un costo muy bajo.
- Es necesario podarlas con regularidad para evitar que crezca de manera descontrolada e invada el área del cultivo, o llegue a dimensiones incontrolables.
- En caso de ser necesario su desmonte, es más complicado que una cerca muerta.
- En ocasiones requieren de algún tratamiento para su conservación, ya que no están exentos de enfermedades o plagas.
- Mejora las condiciones microclimáticas para los cultivos o animales.

(CORPOICA, 2016) (Mendieta & Rocha, 2007)

## 2.2 Barreras vivas

*Figura 13 Barreras vivas*



**Fuente:** (INTA, 2013)

Las barreras vivas son un sistema de siembra de plantas de manera transversal a las curvas de nivel, con el fin de reducir la erosión y proteger los cultivos. Las plantas deben ser de ligero crecimiento y lograr alcanzar una altura de un metro o más (INTA, 2013) . Según Kass y otros (2002) “cuanto mayor sea la pendiente, más juntas deben sembrarse las barreras”. Además de su función primordial (ayudar como barrera), las barreras vivas, dependiendo de la especie de planta que se siembre, pueden proveer también leña, postes para cerca y frutas, abono verde y forraje (Kass, Scholonvoigt, & Jimenez, 2002). Entre los beneficios que ofrece tener una barrera viva se encuentran las siguientes:

- Disminuye la velocidad del agua e incrementa la absorción en el suelo.
- Ayuda a mantener el suelo remolcado por la escorrentía del agua.
- Impide el acceso de las plagas o algunos animales que puedan deteriorar el cultivo.
- Disminuye la acción del viento que entra al terreno.

(INTA, 2013)

### 2.3 *Abonos verdes*

*Figura 14 Abonos verdes*



**Las pequeñas bolitas (nódulos) presentes en las raíces de las leguminosas agregan nitrógeno a la tierra.**

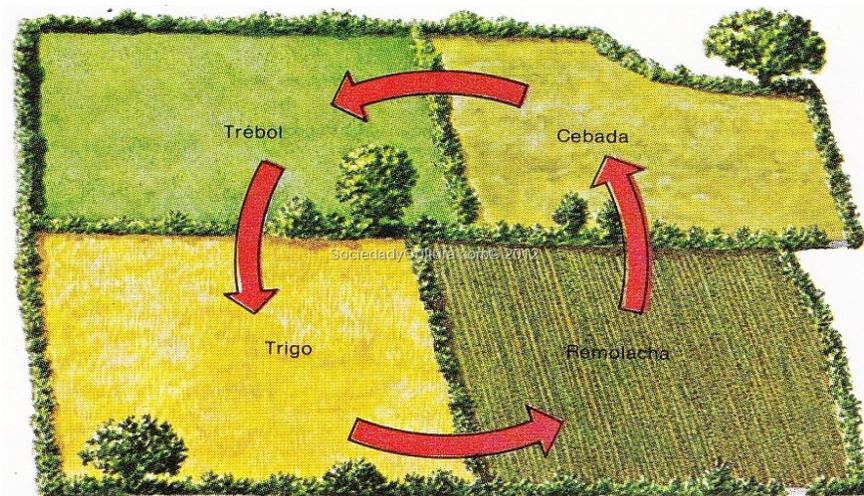
**Fuente:** (Conant & Fadem, 2011)

El abono verde son todas aquellas plantas que se usan para fertilizar el suelo. Estas plantas sirven para protección de cultivos, sofocar las hierbas y mantienen el suelo cubierto protegiéndolo de la erosión. La mayoría de las plantas sirven para ambas tareas y por eso se les conoce como “abonos verdes” y “cultivos de cobertura”. Muchos de los abonos verdes son leguminosas (plantas con semillas en vaina). Estas tienen las características de absorber nitrógeno del aire y lo almacena en los nódulos de las raíces (Conant & Fadem, 2011). Las ventajas que brindan los abonos verdes se presentan a continuación:

- Protegen el suelo de erosión y ayudan a retener el agua.
- Adicionan materia orgánica al suelo, haciéndola más fértil.
- Aplicación de abonos verdes durante mucho tiempo, genera facilidad para trabajar la tierra.
- No requiere de gastos de labranza o de transporte porque los abonos verdes crecen en el campo donde se utilizarán.
- Controla la generación de plagas y hierbas, cuando se siembran con otros cultivos.
- Algunos abonos verdes producen alimento como avena, frijoles, amaranto y centeno.
- Producen forraje para los animales como la alfalfa y el trébol.
- Árboles utilizados como abono verde pueden servir para leña.

## 2.4 Rotación de cultivos

*Figura 15 Esquema de rotación de cultivos*



**Fuente:** <https://sociedadycultura.com/el-suelo-y-la-historia-de-la-agricultura-ii.html>

La rotación de cultivos consiste básicamente en la siembra de cultivos diferentes de manera secuencial recurrente, es decir, sembrar en el mismo terreno de manera consecutiva a través del tiempo. Entre mayor sea la variación del impacto ecológico en el suelo los cultivos en rotación, mayores beneficios traerá esta técnica (Gliessman, 1998).

Los beneficios de la rotación de cultivos se pueden resumir en 4 aspectos:

1. Control de plagas y enfermedades: Al adicionar los residuos vegetales del cultivo anterior en el suelo, ayudando a conservar la diversidad biológica, lo que genera un estímulo y/o inhibición de diferentes organismos. En algunos casos, estos residuos proporcionan las condiciones ideales para proliferar la actividad de organismos antagónicos de algunas plagas o enfermedades para el cultivo subsiguiente (Gliessman, 1998). La mayoría de los patógenos de la plantas son saprófitos que no poseen las defensas suficientes, y por tal motivo no compiten con otros microorganismos del suelo si la planta que actúa como hospedera no está presente (Ministerio de agricultura de Chile; Instituto de Investigaciones Agropecuarias; Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2015).
2. Control de maleza: Se puede mantener un control de malezas, mediante el uso de especies de cultivo asfixiantes, cultivos de cobertura, que se utilizan como abono verde o cultivos de invierno, cuando la humedad del suelo o riego lo permiten (Espinoza, Lozano, & Velásquez, 2007). Por otra parte, se sabe que la maleza se adapta a determinado cultivo, por lo que si se desarrolla el mismo cultivo de manera consecutiva, esta maleza puede empezar a desarrollar mecanismos de defensa y adaptación a las condiciones nutricionales y físicas del suelo. Al realizar la rotación del cultivo se garantiza la interferencia del ciclo reproductivo de la maleza, cambiando la presión de selección a otras especies (Ministerio de agricultura de Chile; Instituto de Investigaciones Agropecuarias; Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2015).

3. Aumento de nutrientes residuales en el suelo: Una de las razones está ligada a la distribución de nutrientes en el perfil del suelo, ya que los cultivos de raíces más profundas extraen nutrientes a mayor profundidad, caso contrario con los de raíces más cortas. En un segundo lugar está la demanda nutricional propia de cada una de las especies vegetales cultivadas, no todas las plantas necesitan las misma cantidad de nutrientes y su dinámica de absorción también varía; incluso algunas especies son capaces de aportar nutrientes al suelo, como por ejemplo las leguminosas, las cuales aportan nitrógeno (Gliessman, 1998).
4. Aumento de la sustentabilidad agrícola: Según Ryan y otros (2008) en el libro titulado Rastrojos de cultivos y residuos forestales (2015), la rotación de cultivos genera beneficios adicionales en la materia orgánica del suelo, la cual es una variable fundamental para la formación de agregados, mantención de la humedad y promoción de la actividad biológica. Además, genera impactos positivos en la infiltración y la conductividad hidráulica de los suelos.

## 2.5 Zanjas de infiltración

*Figura 16 Zanjas de infiltración*



**Fuente:** <http://www.agromundo.co/blog/zanjas-infiltracion-recuperacion-suelos/>

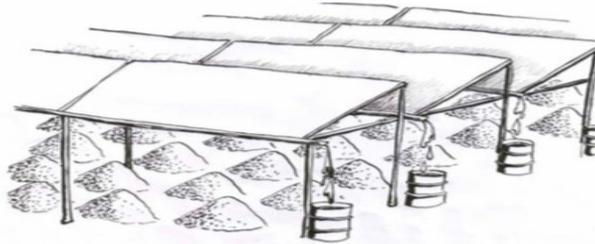
Las zanjas de infiltración o de ladera básicamente son canales con desnivel del 1% en dirección transversal a la pendiente, que tiene como principal función la captación del recurso hídrico que corre por escorrentía superficial principalmente, previniendo de esta manera la aceleración del proceso erosivo del suelo gracias a la infiltración de manera regular en el suelo. Una aclaración relevante para este tipo de técnicas es que la implementación de las zanjas por sí solas no garantiza el control total del proceso erosivo del suelo, por lo que es aconsejable que esté acompañado de un proceso de revegetación con pastos, cultivos o forestar los espacios intermedios entre zanjas (Pizarro, Flórez, Sangüesa, & Martínez, 2004).

Este tipo de zanjas son recomendadas en zonas con alta precipitación y que además pueda presentar periodos de verano fuerte. Su objetivo en terrenos con condiciones climáticas como las mencionadas anteriormente es drenar el exceso de agua proveniente de la precipitación y regular el abastecimiento en periodos secos. Para garantizar el almacenamiento de volúmenes altos de agua y reducir el riesgo de desagües, se recomienda realizar zanjas profundas, con un talud en la parte inferior, y para suelos arenosos se debe estabilizar el este talud con barreras vivas (Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola SICTA, 2012).

Una de las ventajas de las zanjas, a comparación de otros métodos de regulación del recurso hídrico (diques de polines impregnados, canales de evacuación de aguas lluvias, empalizadas y/u ordenamiento de desechos en fajas) es que no demanda una cantidad elevada de personal, incluso para su mantenimiento, pues solo requieren una limpieza de sedimentos o residuos no orgánicos una vez al año (los residuos orgánicos no representan mayores riesgos debido a que pueden llegar a ser un factor positivo, aportando materia orgánica al suelo; sin embargo, hay que controlar que no colmaten la zanja causando desbordamientos) (Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola SICTA, 2012).

## 2.6 Compostaje

*Figura 17 Representación de la técnica del Compostaje*



**Fuente:** (Roben, 2002)

El compostaje es un proceso biológico en el cual se aprovecha la materia orgánica para la transformación de esta en abono orgánico bajo condiciones aeróbicas y presencia de microorganismos. De tal forma que se cumpla con la adecuada temperatura, C/N tasa, aireación y humedad. Con el compostaje se puede obtener las siguientes ventajas:

- Menos generación de gases contaminados y aguas lixiviadas.
- Disminución en el uso del terreno, menor contaminación al suelo, al paisaje y las aguas subterráneas porque se reduce la cantidad de desechos que llegan al relleno
- Obtención de humus que puede tener la capacidad de ayudar como estabilizador contra la erosión
- El compost es un abono natural que no genera impactos de sobrecarga química al suelo.

(Roben, 2002)

*Tabla 17 Comparación de técnicas BPA*

BPA	Social		Económico	Ecológico			Total	Categorización
	Asistencia Técnica	Nivel educativo	Insumos	Suelo	Clima	Recurso hídrico		
<b>Cercas vivas</b>	xx	xx	xxx	xxx	x	xx	<b>13</b>	Prioritaria
<b>Barreras vivas</b>	xx	xxx	xx	xx	x	x	11	Medianamente prioritaria
<b>Abonos verdes</b>	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	<b>13</b>	Prioritaria
<b>Rotación de cultivos</b>	x	xx	xxx	xxx	xx	x	<b>12</b>	Medianamente prioritaria
<b>Zanja de infiltración</b>	xx	xx	xxx	xx	xx	xxx	<b>14</b>	Prioritaria
<b>Compostaje</b>	xx	x	xx	xx	xxx	x	11	Medianamente prioritaria

**Fuentes:** Autores, 2018

### *Análisis y discusión de resultados*

A continuación, se presentan los análisis de cada una de las variables de selección para las 4 técnicas escogidas para implementar en el modelo del sistema productivo, teniendo en cuenta los valores totales obtenidos. Cabe resaltar que la no escogencia de las demás técnicas no implica que no tengan un aporte significativo para mejorar las condiciones sociales, económicas y ecológicas del sistema productivo, sino que por su relación con las características de la finca no fueron escogidas, y una de las evidencias de esto es que ninguna de las técnicas obtuvo un valor inferior a 6, es decir que no fuese óptimo.

#### 1. Cercas vivas

Las cercas vivas obtuvieron una valoración medianamente óptima ya que en cuanto a la asistencia técnica y educación esta práctica es de fácil asimilación por el agricultor, debido a la sencillez de su instalación. Asimismo, gracias al apoyo de la cooperación internacional y a proyectos estatales, muchas microcuencas han hecho acciones masivas de barreras vivas con zanjas de infiltración en zonas de pendiente. En muchas de estas experiencias se han formado promotores que vienen extendiendo esta práctica a otras zonas (Morán & Villanueva, 2008).

En cuanto a la dimensión económica, los insumos y costos son bajos puesto que dependen primordialmente de la mano de obra y de su disponibilidad, así como del tipo de plantas o semillas a sembrar para la instalación de las cercas, y de la utilidad de las herramientas de labranza. Respecto a la dimensión ecológica, en cuanto al recurso hídrico las barreras vivas son ideales para reducir la velocidad de escurrimiento del agua de lluvia y controlar la erosión, pero sobre todo, son útiles para permitir la infiltración de agua en el subsuelo y acuíferos ubicados en zonas de mucha pendiente y con precipitaciones que pueden generar altos niveles de erosión por la escasa cobertura vegetal, o en zonas donde el suelo ya ha perdido capa arable (Morán & Villanueva, 2008).

Respecto al clima la incorporación de cercas vivas se pueden establecer en cualquier tipo de clima, solo varía la selección de la especie de planta a sembrar, además esta práctica genera microclimas excelentes para la siembra de otras especies, cuando estas barreras son arbustivas y forestales, además, Protegen los cultivos del viento reduciendo la velocidad de este en parcelas con fines agropecuarios lo cual serviría para la incorporación en los cultivos de tomate de árbol ya que reduciría la presencia de plagas como la antracnosis (Morán & Villanueva, 2008).

Otro aspecto positivo de las cercas vivas es su función como cortinas de viento, que permiten mitigar los impactos evidenciados principalmente en épocas de sequía, pues la disponibilidad del recurso hídrico se ve reducida por el arrastre de partículas de agua con el paso del viento. Otra ventaja es el control de la temperatura a nivel del suelo, pues se crean microclimas con temperaturas más estables (Mendieta & Rocha, 2007).

Con relación al suelo la utilización de cercas vivas se usa para el control de la erosión de suelos ya que retiene las partículas del suelo, desperdicios de materia orgánica, semillas, etc., además esta práctica permite mejorar el suelo y subsuelo a partir de la integración de mayor humedad, evitando la pérdida de fertilidad y ocupa un mínimo espacio, por lo que no se pierde mucha tierra cultivable (Mendieta & Rocha, 2007).

## 2. Rotación de cultivos

La rotación de cultivos implica tener conocimiento técnico del desarrollo y comportamiento del cultivo para entender su relación con el suelo y poder determinar cuáles son los cultivos consecutivos a la culminación del anterior, pues no cualquier planta aporta y demanda los mismos nutrientes al suelo. Para lograr manejar de manera adecuada estos conocimientos y llevarlos a la práctica se requiere que el personal esté capacitado y estudiado desde la academia; esto quiere decir que para poder realizar la rotación de cultivos sea una obligación que todas las personas involucradas en el desarrollo de los cultivos tengan algún título o certificado académico, pero sí es necesario que tengan como mínimo una capacitación por parte de un experto en el tema (Ministerio de agricultura de Chile; Instituto de Investigaciones Agropecuarias; Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2015).

Básicamente en la rotación de cultivos no se necesita nada diferente a lo que normalmente demanda un cultivo bajo condiciones normales, e incluso a largo o

mediano plazo, según sea la adaptación del suelo a esta técnica, puede ser que los insumos agrícolas para el aporte de nutrientes y regulación de plagas sean menores (Gliessman, 1998).

Refiriéndose a las diferentes variables comprendidas en la dimensión ecológica, la rotación del suelo impacta de manera positiva al suelo por su aporte de nutrientes provenientes de los diferentes cultivos y de la materia orgánica descompuesta en el periodo de barbecho<sup>4</sup>; el principal aporte de nutrientes lo hacen los cultivos de leguminosas, que propician la fijación de nitrógeno gracias a su relación simbiótica con hongos y bacterias propios del suelo (también se aporta nitrógeno, fósforo y carbono) (Ministerio de agricultura de Chile; Instituto de Investigaciones Agropecuarias; Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2015).

La efectividad de la rotación de cultivos tiene una relación directa con las condiciones climatológicas de la zona, la altura sobre el nivel del mar y el tipo de suelo, pues esto determina la viabilidad o no de poder desarrollar determinados cultivos y que se ajusten a los periodos de tiempo necesarios para realizar la rotación y a las épocas de lluvia y sequía.

Finalmente, el impacto sobre el recurso hídrico no tiene ninguna alteración drástica en términos de la cantidad demandada por las plantas, pero si tiene un impacto positivo por la mitigación de los impactos negativos ocasionados por la aplicación de agroquímicos. Una de las principales razones por las cuales se realiza la rotación de cultivos es para disminuir y/o eliminar el uso de agroquímicos (Gliessman, 1998).

### 3. Zanja de infiltración

Las zanjas de infiltración no requieren mayor grado de asistencia técnica ya que únicamente requiere identificar las características climatológicas y del suelo, para así determinar si la zanja de infiltración es para zonas con precipitaciones altas o bajas y si el suelo es arcilloso o arenoso. Partiendo de este diagnóstico solo resta hacer los ciertos cálculos básicos para establecer las dimensiones de la zanja (Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola SICTA, 2012), lo cual quiere decir que es necesario un nivel no muy avanzado de educación, pero que como mínimo se presenten conocimientos básicos de matemáticas.

Según el documento de la SICTA (2012), para la elaboración de las zanjas de infiltración hay que demarcar inicialmente las curvas de nivel ya sea con ayuda del denominado aparato A<sup>5</sup> o con el método del brazo<sup>6</sup> y seguido a esto se prosigue a hacer la zanja con herramientas básicas como lo son la pala y el palín.

---

<sup>4</sup> Terreno de labor que no se siembra durante uno o dos años para que la tierra descanse o se regenere. Seminario de Actualización Técnica “Manejo de Malezas”, 2006

<sup>5</sup> Aparato A: Son 3 estacas de madera en forma de “A”, las dos diagonales tienen una longitud de 2 m y la estaca de la mitad tiene una distancia de 1.50 m

<sup>6</sup> Método del brazo: Se emplea con el fin de optimizar tiempo y se toma como referencia para el distanciamiento entre zanja y zanja el punto que señale el brazo a la altura del hombro en línea recta.

Como se definió en el análisis de suelos en el primer objetivo, el suelo de la finca La Magdalena es franco arenoso y según los resultados de las variables climatológicas presenta una precipitación promedio de 1036 mm. Conociendo estas condiciones de clima y suelo, las zanjas de infiltración son una técnica que encaja perfectamente para evitar la erosión hídrica, pues al ser un suelo inestable y con alta capacidad de infiltración, las probabilidades de remoción en masa y arrastre de materia orgánica en la superficie son muy altas, principalmente en épocas de lluvia. Las zanjas de infiltración también aportan al suelo materia orgánica que se almacena como sedimentos de las mismas y que pueden retirarse una vez al año e incorporarse nuevamente al suelo (Pizarro, Flórez, Sangüesa, & Martínez, 2004).

#### 4. Abonos verdes

Para la aplicación de abonos verdes en general no tiene mayor grado de complicación y no requiere de mucho tiempo ya que no se necesita de altos conocimientos o herramientas sofisticadas. Sin embargo, Cajamarca tuvo la presencia de asistencia técnica y capacitación por parte de CORTOLIMA, para elevar la producción y la productividad del suelo. Los agricultores empezaron a usar abonos verdes en las calles de cultivos, para disminuir la proliferación de otras especies vegetales clasificadas como malezas, incrementar la capacidad del suelo para retener agua, contribuir con la regulación de cambios bruscos de temperaturas en el suelo, etc (CORTOLIMA, 2012). En cuanto a los insumos con los abonos verdes se minimiza la dependencia de fertilizantes y herbicidas, incidiendo en la disminución de costos de producción (JICA; CENTA; MAG; Agricultura Familiar; Produccion Oriental).

En consideración con la dimensión ecológica, los abonos verdes contribuyen con la fertilidad del suelo aportando materia orgánica y aumentando la disponibilidad de micro y macronutrientes indispensable para recuperar la baja proporción de esta encontrada en la finca para así mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mediante la fijación de nitrógeno atmosférico y el aporte del material vegetativo. Además, el abono verde tiene la capacidad de adaptarse a diversos climas (JICA; CENTA; MAG; Agricultura Familiar; Produccion Oriental).

En relación con el recurso hídrico los abonos verdes ayudan a mejorar la infiltración de agua para así reducir riesgos de inundación y sedimentación, además reducen la evaporación de agua del suelo (JICA; CENTA; MAG; Agricultura Familiar; Produccion Oriental).

### ***3. Objetivo específico 3. Elaborar un modelo de sistema integrado de buenas prácticas agroecológicas para garantizar la transición a la agricultura sostenible.***

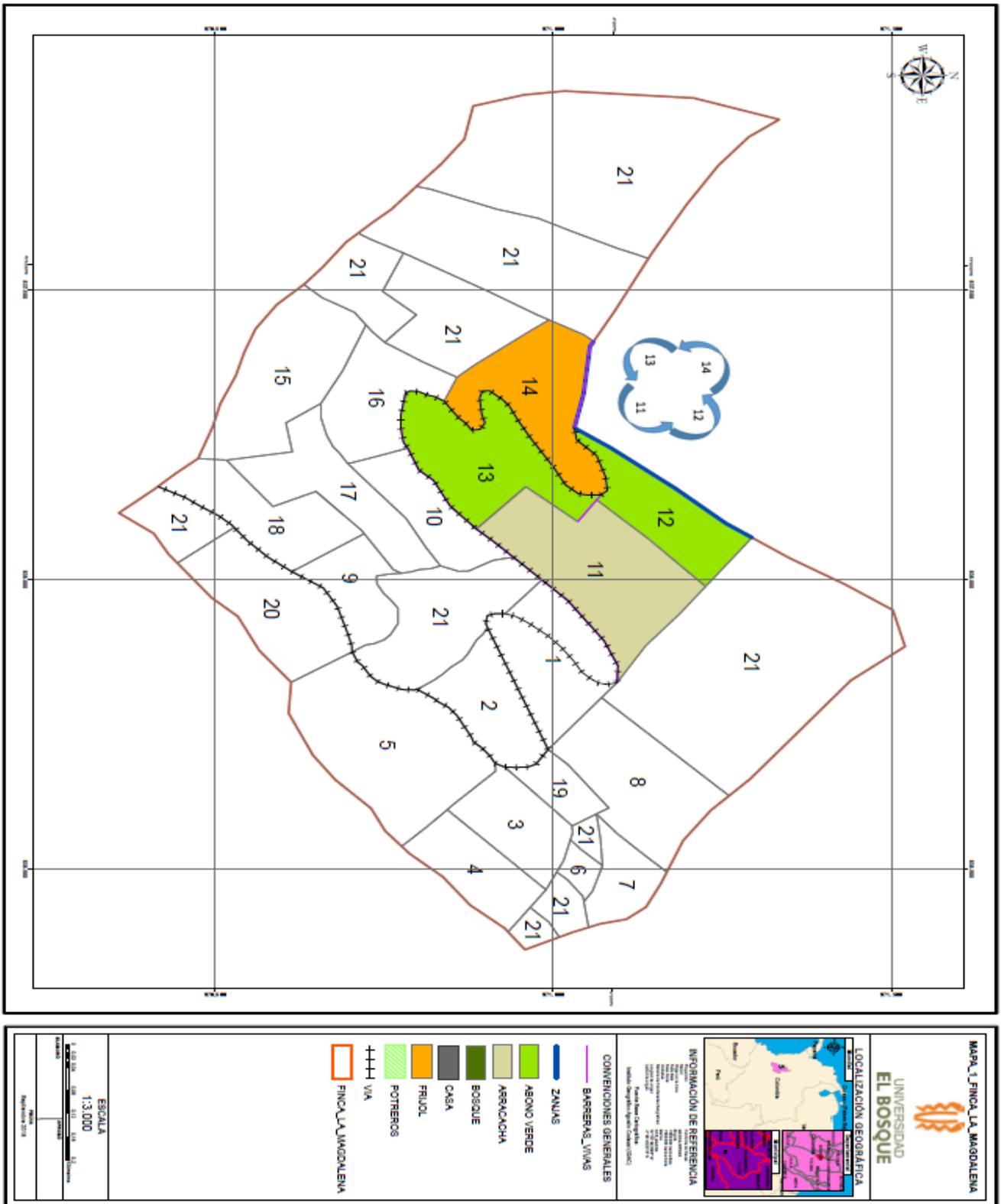
Para dar respuesta al tercer objetivo se diseñaron 3 mapas, donde cada uno responde a la representación gráfica a corto, mediano y largo plazo de las técnicas seleccionadas en el objetivo 2 para la finca La Magdalena. Para cada una de las técnicas seleccionadas se analizaron los costos aproximados de su implementación, la asistencia técnica requerida para su implementación, descripción de los insumos requeridos (por ejemplo, la selección de la especie vegetal recomendada para los abonos verdes y cercas vivas).

A continuación se presentan los 3 mapas<sup>7</sup> mencionados anteriormente para representar de manera gráfica la implementación del modelo en la finca. Adicionalmente, se muestra la tabla 18 de referencia de cada uno de los lotes en la finca La Magdalena.

---

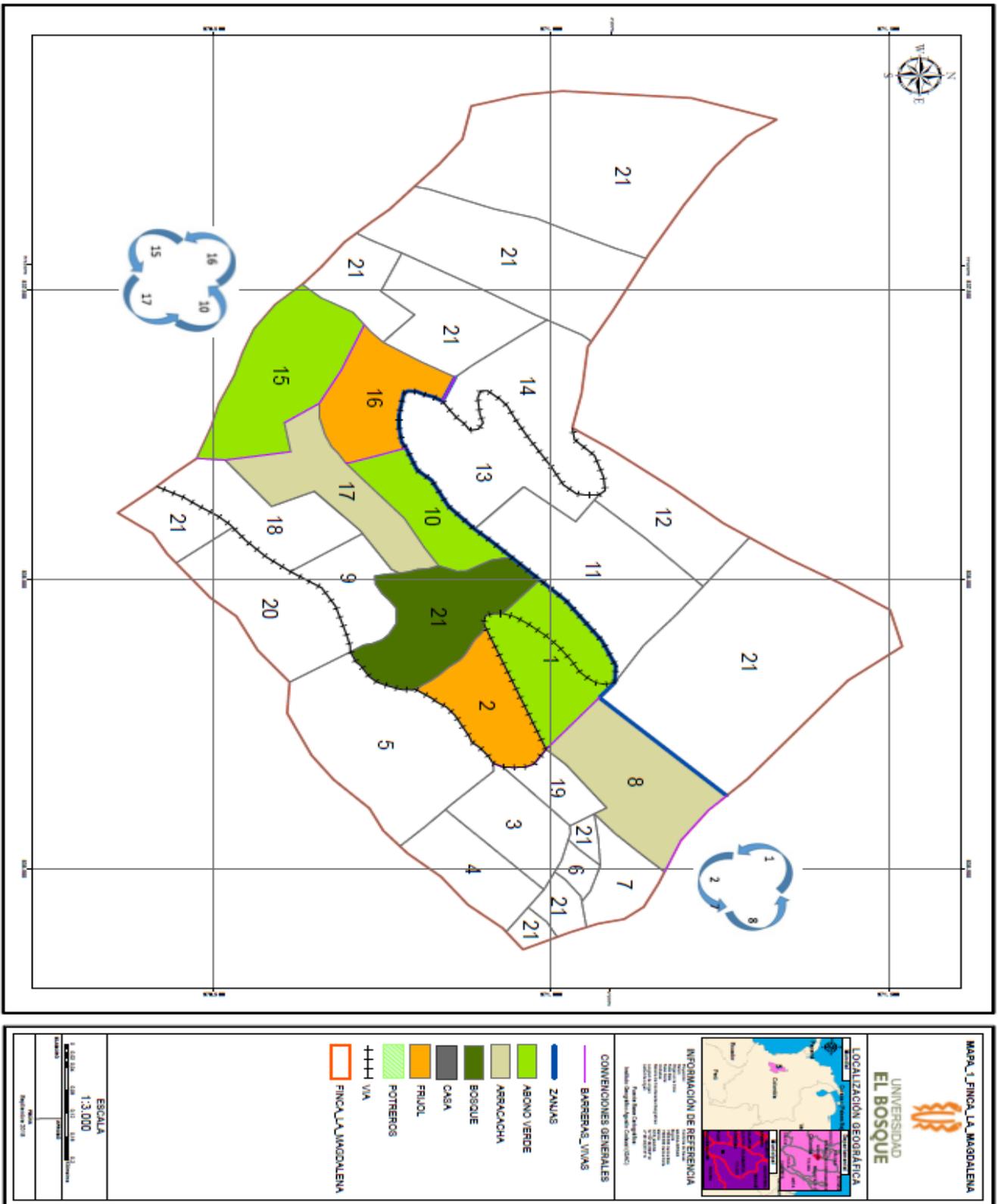
<sup>7</sup> Es necesario aclarar que la escala del mapa presentado en el documento cambia con respecto a la versión digital de estos y que debido al tamaño de los mapas, la imagen no es muy clara, por lo que se recomienda revisar los mapas en formato PDF.

Figura 18 Mapa a corto plazo



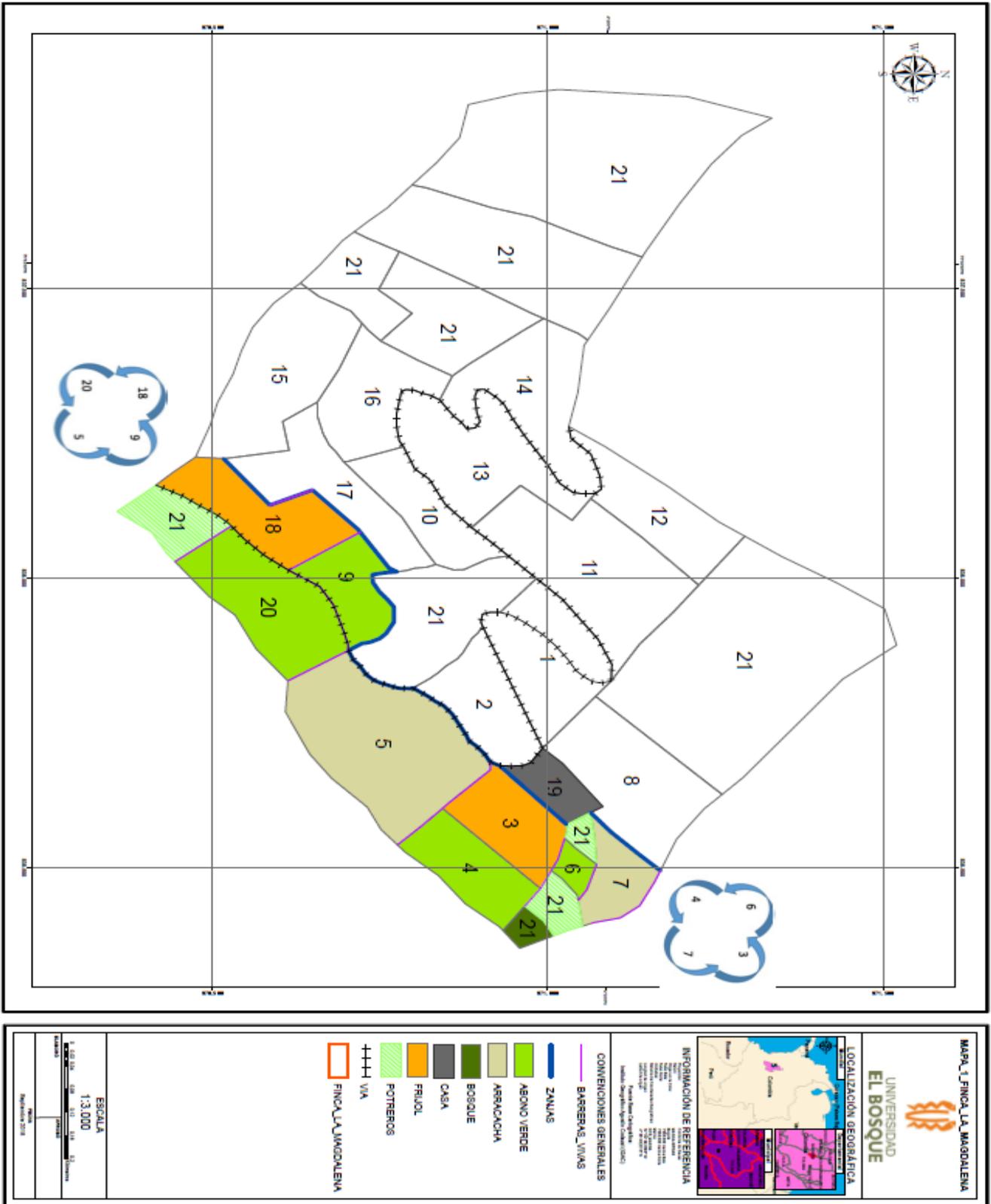
Fuente: Autores, 2018

Figura 19 Mapa a mediano plazo



Fuente: Autores, 2018

Figura 20 Mapa a largo plazo



Fuentes: Autores, 2018

Tabla 18 Área de los lotes de la finca La Magdalena

ID	LOTE	ÁREA
1	El Triángulo y el Laguito	2,75 ha
2	El Llanito	2 ha
3	La Calera, Planada	2.5 ha
4	Jordán	2 ha
5	El Tesoro	4 ha
6	Prado	2 ha
7	La Loma	2 ha
8	La Magdalena	2 ha
9	El Oasis	6 ha
10	Danubio	2 ha
11	Curubal, el Sueño	6 ha
12	El recreo	3 ha
13	El Descanso y Marvella	5 ha
14	Capotal y el Paso	5 ha
15	El Rincón, la Esperanza y el Puente	4 ha
16	La Plata	3 ha
17	Campamento y sombrío	4 ha
18	El Porvenir	3 ha
19	Casa, cabaña, bodega y establo	2 ha
20	El Guivel	3 ha
21	Parches de bosque, potreros, caminos	39.75 ha
	<b>Total</b>	<b>105</b>

Fuente: Autores, 2018

### 3.1 Cercas vivas:

Para las cercas vivas se propuso hacer uso de dos estratos y así garantizar el efecto que tienen sobre los vientos. Las especies seleccionadas para las cercas vivas fueron:

- *Acacia malanoxylon* (acacia negra): La acacia negra es ideal para el primer estrato de la cerca viva gracias a su amplio follaje y a su altura, permitiendo así que las corrientes de viento se eleven con mayor facilidad.
  - Descripción general: Es un árbol caducifoleo con una altura entre los 10-20 metros de altura, con un DAP (diámetro a la altura del pecho) de 50

centímetros aproximadamente. Sus hojas alcanzan los 10 centímetros de ancho.

- Hábitat: Se adapta fácilmente a suelos húmedos, con buen drenaje, de textura franca o arenosa, con pH neutro. Normalmente se encuentra en zonas entre los 1500- 3000 msnm, con precipitaciones entre los 500-1200 y temperaturas de -3-22 C°.
- Crecimiento: Crece con facilidad alcanzando hasta 3 metros por año.

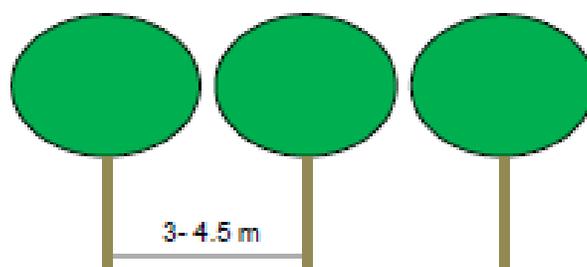
(Repertorium Botanices Systematicae, 1998)

- *Gliricida sepium* (mata ratón): Esta especie de árbol fue elegida para el segundo estrato por sus características de densidad de ramas y por su altura. Además es muy común su uso para cercas vivas por su gran aporte de forraje para el ganado.
  - Descripción general: Es un árbol caducifolio con una altura entre los 2 y los 15 metros (en promedio alcanza alturas de 10 metros hasta la copa), con un DAP entre los 25 y 60 centímetros, cuenta con hojas anchas entre los 12-30 centímetros que no siguen un patrón exacto de crecimiento, con raíces superficiales.
  - Hábitat: Gracias a su capacidad de adaptarse a múltiples condiciones, tiene muy pocas limitaciones para su crecimiento; sin embargo, las condiciones ideales son temperaturas entre los 15 y los 30 C°, alturas desde 0-2400 msnm, precipitación anual entre los 500-2300 mm y al menos 4 meses de período seco. Se desarrolla en suelos tanto húmedos como secos que van desde suelos netamente arenosos, hasta suelos totalmente arcillosos y tolera un pH entre 5,5 y 7.
  - Crecimiento: Se caracteriza por su crecimiento rápido, puede crecer anualmente en promedio 0,7 a 3,3 metros.

(Carranza, 2007)

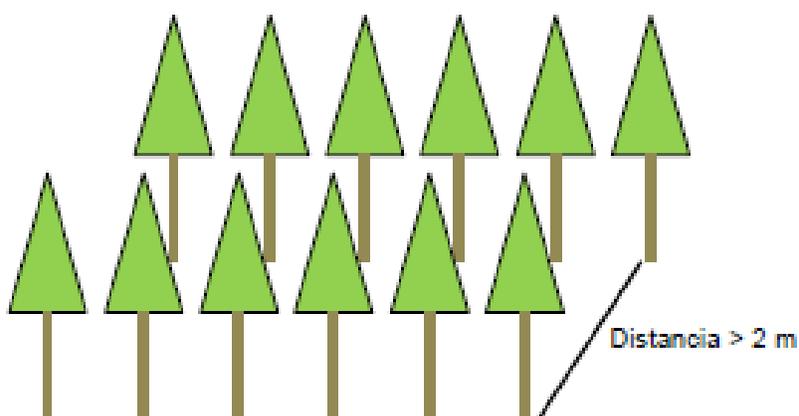
Las condiciones generales para el desarrollo de las cercas vivas y que cumplan con su papel de cortinas de viento son que entre cada una de los estratos debe ser de entre 2-3 metros, para que se garantice el efecto sobre la corriente de viento. Adicionalmente, la altura de cada una de las hileras hace que el viento se eleve y reduzca su velocidad hasta 20 veces la altura de la cortina (20 H). El espacio entre cada uno de los árboles de cada estrato debe ser de 4 metros para que la cortina sea lo suficientemente densa para cortar el viento, pero a su vez con suficiente espacio para el desarrollo de cada uno de los árboles (CORPOICA, 2016).

Figura 21 Separación entre árboles en el mismo estrato



**Fuente:** [http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO\\_III\\_RECOMENDACIONES\\_PARA\\_LA\\_IMPLEMENTACION\\_DE\\_CERCAS\\_VIVAS\\_Y\\_BARRERAS\\_ROMPEVIENTOS.pdf](http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO_III_RECOMENDACIONES_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_CERCAS_VIVAS_Y_BARRERAS_ROMPEVIENTOS.pdf)

Figura 22 Separación entre estratos



**Fuente:** [http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO\\_III\\_RECOMENDACIONES\\_PARA\\_LA\\_IMPLEMENTACION\\_DE\\_CERCAS\\_VIVAS\\_Y\\_BARRERAS\\_ROMPEVIENTOS.pdf](http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO_III_RECOMENDACIONES_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_CERCAS_VIVAS_Y_BARRERAS_ROMPEVIENTOS.pdf)

## Costos

### A corto plazo

Para lo proyectado a corto plazo se planteó implementar la cerca viva en un total de 874 m (distribuido como se muestra en la figura 18). De acuerdo a la separación entre árboles mencionada anteriormente y teniendo en cuenta los 874 m de cerca viva, nos da un total de 218 árboles necesarios por estrato.

*Tabla 19 Costos a corto plazo de la cerca viva*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Postes muertos	52	\$ 208,000
Alambre de púas (# de rollos)	2.2	\$ 235,180
Grapas (kg)	6	\$ 72,000
Estrato 1 (G. sepium)	218	\$ 76,300
Estrato 2 (A. malanoxylon)	218	\$ 93,740
Mano de obra	30	\$ 750,000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1,435,220</b>

**Fuente:** Autores, 2018

\*Cada rollo de alambre de púas tiene 400m

A mediano plazo

Para lo proyectado a mediano plazo se planteó implementar la cerca viva en un total de 814 m (distribuido como se muestra en la figura 18). De acuerdo a la separación entre árboles mencionada anteriormente y teniendo en cuenta los 814 m de cerca viva, nos da un total de 203 árboles necesarios por estrato.

*Tabla 20 Costo a mediano plazo de la cerca viva*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Postes muertos	48	\$ 192,000
Alambre de púas (# de rollos)	2	\$ 213,800
Grapas (kg)	6	\$ 72,000
Estrato 1 (G. sepium)	203	\$ 61,915
Estrato 2 (A. malanoxylon)	203	\$ 87,290
Mano de obra	28	\$ 700,000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1,327,005</b>

**Fuente:** Autores, 2018

\*Cada rollo de alambre de púas tiene 400m

A largo plazo

Para lo proyectado a largo plazo se planteó implementar la cerca viva en un total de 1138 m (distribuido como se muestra en la figura 18). De acuerdo a la separación entre árboles mencionada anteriormente (4m) y teniendo en cuenta los 1138 m de cerca viva, nos da un total de 284 árboles necesarios por estrato.

*Tabla 21 Costo a largo plazo de la cerca viva*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Postes muertos	68	\$ 272,000
Alambre de púas (# de rollos)	3	\$ 320,700
Grapas (kg)	8	\$ 96,000
Estrato 1 (G. sepium)	284	\$ 99,400
Estrato 2 (A. malanoxylon)	284	\$ 122,120
Mano de obra	39	\$ 975,000
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1,885,220</b>

**Fuente:** Autores, 2018

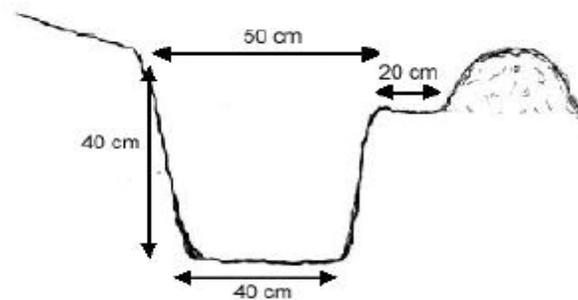
\*Cada rollo de alambre de púas tiene 400m

### *3.2 Zanjas de infiltración*

Los factores que se deben tener en cuenta para el diseño de las zanjas de infiltración son la pendiente del terreno, el tipo de suelo, precipitación, velocidad de infiltración y disponibilidad de mano de obra.

La distribución de las zanjas de infiltración como se planteó en el modelo se determinó de acuerdo a la pendiente del terreno, iniciando por la zona con mayor pendiente. Se usaron medidas estándar (Figura 23) de las zanjas de infiltración, con la única modificación de que el camellón estará en la parte alta; sin embargo, existen modelos matemáticos, que tienen en cuenta variables como el coeficiente de escorrentía, la precipitación máxima en una hora, superficie de capitación entre otras, para obtener unas medidas apropiadas a las condiciones del terreno.

Figura 23 Medidas estándar de las zanjas de infiltración



Fuente: <http://eias.atalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/Zanjas.pdf>

### Costos

#### A corto

De acuerdo a lo planteado en el modelo a corto plazo, se planteó construir la zanja de infiltración en diferentes secciones como lo muestra el mapa, con un total de 417m. En la siguiente tabla se presentan los costos de la elaboración de la zanja, donde el único factor a tener en cuenta son los jornales (ya que las herramientas necesarias (palas y azadones) pueden encontrarse en la misma finca).

Tabla 22 Costo de la zanja a corto plazo

Jornales	Costo
39	\$ 1,053,000

Fuente: Autores, 2018

#### A mediano

De acuerdo a lo planteado en el modelo a corto plazo, se planteó construir la zanja de infiltración en diferentes secciones como lo muestra el mapa, con un total de 800 m. En la siguiente tabla se presentan los costos de la elaboración de la zanja, donde el único factor a tener en cuenta son los jornales (ya que las herramientas necesarias (palas y azadones) pueden encontrarse en la misma finca).

Tabla 23 Costo de la zanja de infiltración a mediano plazo

Jornales	Costo
74	\$ 1,998,000

Fuente: Autores, 2018

#### A largo

De acuerdo a lo planteado en el modelo a corto plazo, se planteó construir la zanja de infiltración en diferentes secciones como lo muestra el mapa, con un total de 877 m. En la siguiente tabla se presentan los costos de la elaboración de la zanja, donde el único factor a

tener en cuenta son los jornales (ya que las herramientas necesarias (palas y azadones) pueden encontrarse en la misma finca).

*Tabla 24 Costo de la zanja de infiltración a largo plazo*

Jornales	Costo
81	\$ 2,187,000

**Fuente:** Autores, 2018

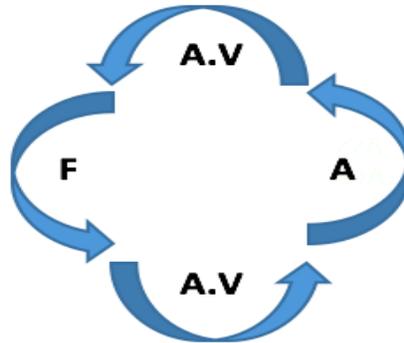
### 3. Rotación de cultivos

Esta práctica agrícola ayuda a disminuir el sistema de monocultivo establecido en La Magdalena, como se dijo anteriormente la rotación de cultivos trae grandes beneficios como el control de plagas y enfermedades, control de malezas, aumento de nutrientes en el suelo, aumento de la sustentabilidad agrícola, etc. Para la rotación de cultivos en la finca se estableció el patrón de Abono verde (A.V) – Frijol (F) - Arracacha (A)- Abono verde (A.V), estas especies fueron escogidas ya que son las de mayor producción en la zona porque se adaptan fácilmente a las condiciones climáticas, los suelos son apropiados para su desarrollo, cuentan con tiempos de crecimientos similares como lo son semestrales y anuales. Además, la asociación entre estos cultivos permite la obtención de beneficios mutuos.

Según (Rivero, Remigio, Reyes, Mozena, & Ferreira, 2016) los abonos verdes como fertilizantes le brindan al frijol elevados contenidos de nitrógeno y fósforo, alcanzando así mayor capacidad de absorción de agua y reciclaje de nutrientes desde las áreas más profundas del suelo. Respecto a los contenidos de micronutrientes Cu y Zn se encuentran en menor proporción. Sin embargo, estudios demuestran la posibilidad de aumentos de la biomasa y cobertura del suelo, con el empleo del frijol. En cuanto al cultivo de arracacha en la mayorías de las zonas son plantadas como monocultivos pero cabe resaltar que la asociación con otras especies semestrales o anuales, se optimiza el uso del suelo, retiene macronutrientes mejorando la alimentación y a economía familiar, puesto que su ciclo vegetativo es largo (Alvarado & Ochoa, 2010).

Dentro del modelo establecido a corto, mediano y largo plazo se representó la rotación de cultivos mediante el siguiente patrón:

Figura 24 Patrón de rotación



Fuente: Autores, 2018

Con respecto a los costos, el cultivo de arracacha como se mostró anteriormente en la tabla 13 el costo total de producción por hectárea es de \$6.410.000, en relación con el modelo planteado a corto plazo el lote 11 será sembrado en arracacha y tiene un área total de 6 ha es decir un valor total de \$38.460.000, a mediano plazo el lote 17 y el lote 8 serán sembrados obteniendo un área para ambos de 5 ha y un valor de \$32.050.000, y por último a largo plazo las áreas sembradas son de 6 ha con un valor de \$38.460.000.

Con respecto al cultivo de frijol según Vanegas (2017), el costo de producción por hectárea es de \$5.492.900, es decir para la implementación del modelo a corto plazo para el lote 14 que cuenta con un área total de 5 ha el valor total es de \$27.464.500 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25 Costos del frijol a corto plazo

COSTOS	TOTAL
Mano de obra	\$15,300,000
Insumos	\$6,280,000
Materiales y herramientas	\$4,534,500
Flete y transporte	\$1,350,000
Total de costos	\$27,464,500

Fuente: Autores, 2018

Respecto al modelo a mediano plazo el lote 16 y el lote 2 serán sembrados obteniendo un valor para ambos de 5 ha y un valor de \$27.464.500 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 26 Costos del frijol a mediano plazo

COSTOS	TOTAL
Mano de obra	\$15,300,000
Insumos	\$6,280,000
Materiales y herramientas	\$4,534,500

COSTOS	TOTAL
Flete y transporte	\$1,350,000
Total de costos	\$27,464,500

Fuente: Autores, 2018

Por último, a largo plazo el lote 18 y el lote 3 serán sembrados obteniendo un valor para ambos de 5.5 ha y un valor de \$30.210.950 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 27 Costos del frijol a largo plazo

COSTOS	TOTAL
Mano de obra	\$16,830,000
Insumos	\$6,908,000
Materiales y herramientas	\$498,7950
Flete y transporte	\$1,485,000
Total de costos	\$30,210,950

Fuente: Autores, 2018

#### 4. Abono Verde y/o Cultivo de cobertura

Esta propuesta se considera viable aplicar en La Magdalena ya que en el diagnóstico se determinó que el suelo contiene muy bajos contenidos de Materia orgánica y deficiencia de bases intercambiables como el magnesio, afectando la producción agrícola. Por esta razón se propone un abono verde con la especie *Mucuna Pruriens* la cual crece muy bien en zonas con precipitaciones entre los 1000 a 2500mm, suelos arenosos y temperaturas entre los 19 a 27°C apto para las condiciones climatológicas de La Magdalena. Además, se escogió ya que se usa como un cultivo de cobertura, que le brinda altos contenidos de materia orgánica y nitrógeno al suelo. Presenta rendimientos de biomasa fresca de 5.5 a 21 ton/ha, biomasa seca de 0.5 a 3 ton/ha y de nitrógeno de hasta 331 kg/ha. La *Mucuna Pruriens* genera compuestos nematicidas y tiene la capacidad de disminuir las poblaciones de nematodos en rotaciones con otros cultivos. También tiene un control sobre el crecimiento de malezas (Brunner, Beaver, & Flores, 2011).

Figura 25 *Mucuna Pruriens*



**Fuente:** <http://proorganico.info/mucuna.pdf>

Las semillas de este abono verde y/o cultivo de cobertura, se debe sembrar a una profundidad de 2.5 cm en suelo bien preparado, con una distancia de siembra de 30 a 90 cm entre plantas y 90 cm entre surcos. Se necesita aproximadamente unos 22 kg/ha de semilla. La germinación dura entre 14 y 21 días. Al principio el crecimiento es un poco lento, pero después se vuelve más rápido y los bejucos cubren el suelo rápidamente. La *Mucuna* es muy resistente tiene pocos problemas de plagas, posiblemente debido al contenido de toxinas en su follaje (Brunner, Beaver, & Flores, 2011).

En cuanto a costos según Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (s.f) la producción de *Mucuna Pruriens* por hectárea es de \$277.616.28 COP, respecto al modelo planteado a corto plazo los lotes 12 y 13 son sembrados con este abono verde equivalentes a un área de 8 hectáreas y un valor total de \$2.220.930.24, a mediano plazo los lotes establecidos con abono verde son el 1, 10 y 15 con un área para los tres de 8.75 hectáreas obteniendo un valor de \$2.429.142.45 COP y por último para el modelo a largo plazo el costo total de producción es de \$2.776.162.8 COP para los lotes 9,20 y 6 con un área total de 10 hectáreas.

### **Conclusiones**

La metodología seleccionada permitió lograr los objetivos y facilitó el manejo de la información recopilada; sin embargo, hay que resaltar que para algunas variables no se consiguió la información esperada, principalmente para el primer objetivo. Un ejemplo de esto fue la desactualizada información brindada por parte del IGAC, donde se esperaba conseguir planchas y fotografías aéreas que nos ayudaran al análisis del terreno de la finca a escalas que con mayor nivel de detalle (1:5000) y únicamente se encontraron fotografías aéreas del año 1990 y planchas a escala 1:25000. Por su parte, en la estación meteorológica 21215130 Cucuana HDA no cuenta con todos los registros de las variables medidas y en este caso se esperaba obtener información relacionada al viento (dirección, velocidad y variación de la intensidad a lo largo del año), lo que llevó a desarrollar técnicas más empíricas.

El modelo planteado para la finca La Magdalena está basado, en su mayoría, en referencias bibliográficas, por lo tanto, la implementación de este modelo está sujeto a cambios. A pesar de los cambios que puedan surgir, no implica que la mitigación de los impactos en el suelo no sea significativa y no responda a lo planteado en este documento.

Las iniciativas por desarrollar proyectos para beneficio del sector agropecuario en Cajamarca están liderados por la comunidad, donde juegan un papel fundamental los líderes de las diferentes asociaciones (asociaciones de frijol, arracacha, aguacate y lecheros), pues son ellos el canal directo de comunicación con la UMATA, alcaldía, CORTOLIMA y otras entidades, tanto públicas como privadas, para expresar sus necesidades o intereses relacionadas a su sector productivo y de esta manera conseguir apoyo, ya sea por medio de asistencia técnica, apoyo financiero u oportunidades de negocio.

La evaluación de las propiedades fisicoquímicas del suelo ayudaron a determinar el estado actual de este, el cual se encuentra en óptimas condiciones físicas para el desarrollo de la actividad agrícola pero con un bajo porcentaje en materia orgánica y magnesio debido a la degradación del suelo por el uso de agroquímicos demandados por los monocultivos. Adicionalmente, debido a la textura franco arenosa del suelo, a los niveles de precipitación y a la pendiente del terreno los procesos de escorrentía subterráneos y superficiales provocan un lavado de los nutrientes, evitando la disponibilidad constante de estos para la nutrición de las plantas.

A pesar de la selección de las 4 técnicas de BPA, en el análisis de cada una se encontró que todas podrían llegar a ser una buena opción para ser implementadas en la finca, sin embargo, se decantó por estas 4 técnicas, ya que atacaban de manera particular los principales problemas identificados en la finca como el bajo porcentaje de materia orgánica en el suelo, el inadecuado manejo del recurso hídrico y la erosión del suelo (principalmente hídrica).

Las Zanjas de infiltración fueron obtuvieron la mayor puntuación, ya que producen estabilización del suelo y propician la humedad necesaria para el desarrollo de las plantas por el almacenamiento del recurso hídrico, puesto que es necesario para la finca La Magdalena debido a que presenta suelos arenosos inestables y con alta precipitación, evitando así la alteración de la estructura del suelo.

Los abonos verdes o cultivos de cobertura aportan una gran cantidad de biomasa al suelo, lo que redundará en aumento en el tenor de materia orgánica, la cual promueve la formación de agregados que van a estabilizar y mejorar la estructura, principalmente en estos suelos arenosos, lo que reduce los procesos erosivos. Adicionalmente, como resultado de los incrementos de materia orgánica, los suelos adquieren mayor retención de humedad, mayor actividad microbiana lo que se traduce en un aumento en la fertilidad de los mismos.

### **Recomendaciones**

Para implementar un sistema productivo con base en BPA es necesario el apoyo por parte la UMATA, CORTOLIMA o CORPOICA para dar a conocer los beneficios que trae consigo la agricultura sostenible y de esta manera generar conciencia a toda la población de la importancia del manejo adecuado de los recursos naturales presentes en la zona.

Se aconseja llevar a cabo la técnica de Compostaje, aprovechando el material vegetal del cultivo de arracacha y los residuos como la maleza, de manera que puedan ser empleados como fertilizante natural de los sistemas productivos, ya que no genera un costo adicional significativo. Cabe aclarar que esta técnica no fue escogida dentro de las alternativas para el sistema agroecológico debido a que demanda más mano de obra frente a las técnicas elegidas, pero se considera pertinente para complementar las ventajas del abono verde y/o cultivo de cobertura.

Teniendo en cuenta que se van a implementar cercas vivas dentro del sistema agroecológico, se aconseja aprovechar las zonas de bosques de La Magdalena, donde se pueden desarrollar las estacas necesarias.

Se recomienda que los potreros de la finca sean sembrados para cultivo de tomate de árbol, ya que este cultivo no entra en la práctica de rotación de cultivos, debido a que es permanente y los establecidos dentro del modelo son semestrales y anuales.

## Referencias

- Acevedo, Á. (Julio de 2009). *¿Cómo evaluar el nivel de sostenibilidad de un programa agroecológico? Un procedimiento metodológico para diseñar, monitorear y evaluar programas rurales con enfoque de desarrollo sostenible*. Recuperado el 25 de Agosto de 2018, de <http://www.udla.edu.co/documentos/docs/Programas%20Academicos/Ingenieria%20Agroecologica/Memorias/I%20Simposio%20Internacional%20de%20Agroecologia/Construccion%20Indicadores%20Sostenibilidad.%20A.Acevedo.pdf>
- Alcaldía de Bogotá; Universidad Nacional. (2016). *GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA*. Recuperado el 26 de 09 de 2018, de [http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP\\_SR.pdf](http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf)
- Alcaldía Municipal. (2011). *Diagnóstico Esquema de Ordenamiento Territorial Cajamarca Tolima*. Recuperado el 26 de 08 de 2018, de CDIM: [http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/C/cajamarca\\_-\\_tolima\\_diagnostico\\_eot/cajamarca\\_-\\_tolima\\_diagnostico\\_eot.asp](http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/C/cajamarca_-_tolima_diagnostico_eot/cajamarca_-_tolima_diagnostico_eot.asp)
- Altieri, M. (1994). *BASES AGROECOÓMICAS PARA UNA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE*. Recuperado el 31 de Julio de 2018, de [http://www.chileanjar.cl/files/V54I4A04\\_es.pdf](http://www.chileanjar.cl/files/V54I4A04_es.pdf)
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable* (1 ed.). México D.F: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. Recuperado el 26 de Agosto de 2018, de <http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>
- Altieri, M., & Yurjevic, A. (1992). La agroecología y el desarrollo rural sostenible en América Latina. *Agroecología y desarrollo*, 1, 1-13. Recuperado el 20 de Agosto de 2018, de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/33761>
- Alvarado, A., & Ochoa, L. (2010). *TECNOLOGÍAS LOCALES DE PRODUCCIÓN DE ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) EN EL MUNICIPIO DE BOYACÁ, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ*. Recuperado el 8 de 10 de 2018, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v13n1/v13n1a14.pdf>
- Bejarano, J. (1997). Un marco institucional para la gestión del medio ambiente y para la sostenibilidad agrícola. *Ensayos de economía*, 142-195. Recuperado el 26 de Agosto de 2018, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ede/article/view/23830>
- Bernal, J. (02 de Septiembre de 2018). Asistencia técnica. (D. H. Sebastián Hernández, Entrevistador)
- Brunner, B., Beaver, J., & Flores, L. (2011). *MUCUNA*. Recuperado el 10 de 10 de 2018, de <http://proorganico.info/mucuna.pdf>

- Burgos, H., Chavez, C., Hashimoto, J., & Amaya, J. (2006). *ARRACACHA (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*. Recuperado el 23 de 09 de 2018, de <http://www.regionlalibertad.gob.pe/web/opciones/pdfs/Manual%20de%20Arracacha.pdf>
- Bustamante, G. (2017). Evaluación de sostenibilidad ambiental del sistema productivo de la papa mediante indicadores sociales, económicos y ecológicos, estudio de caso municipio de Lenguazaque Cundinamarca. (U. E. Bosque, Ed.) *Trabajo de grado*. Recuperado el 25 de 08 de 2018
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual del tomate de arbol*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14308>
- Cámara de Comercio de Ibagué. (2016). *ACTIVIDAD ECONÓMICA Y TEJIDO EMPRESARIAL POR MUNICIPIOS*. Ibagué: Dirección de investigaciones y publicaciones.
- Cante, G. (01 de Septiembre de 2018). Costos de cultivos. (S. Hernández, & D. Horta, Entrevistadores)
- Carranza, S. (2007). Revisión bibliográfica sobre *Acacia melanoxylon*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 145-154.
- Castaño, G. (Febrero de 2017). Diseño del sistema de gestión ambiental como instrumento para la conversión de un sistema agrícola convencional en un modelo agroecológico para la finca La Alsacia - Corporación Mandala Quimbaya en Quimbaya Quindío. *Tesis de especialización*, 196. Recuperado el 03 de 09 de 2018
- Ceccon, E. (Julio de 2008). LA REVOLUCIÓN VERDE TRAGEDIA EN DOS ACTOS. *Ciencias*, 1, 21-29. Recuperado el 7 de Agosto de 2018, de <http://ambiental.uaslp.mx/Agricultura/2008%20Ceccon%20revolucion%20verde.pdf>
- Clavijo, N. (2013). *Entre la agricultura convencional y la agroecología. El caso de las prácticas de manejo en los sistemas de producción campesina en el municipio de silvania*. Recuperado el Agosto de 31 de 2018, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12482/CaldasMejiaRobertoFelipe2013.pdf?sequence=1>
- Conant, J., & Fadem, P. (2011). *Guia comunitaria para la salud ambiental* (1 ed.). Berkeley: Hesperian. Recuperado el 03 de 09 de 2018
- Congreso de la República. (1979). *Copaso*. Recuperado el 26 de 08 de 2018, de Ley 9 de 1979: [http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/ley\\_9\\_1979.Codigo%20Sanitario%20Nacional.pdf](http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/ley_9_1979.Codigo%20Sanitario%20Nacional.pdf)
- Congreso de la República. (1993). *humboldt*. Recuperado el 26 de 08 de 2018, de Ley 99 de 1993: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>
- Conu, L., & Jimenez, A. (2014). *DETERMINACIÓN DE TEXTURA POR EL METODO DE BOUYOUCOS*. Recuperado el 17 de septiembre de 2018
- CORPOICA. (ENERO de 2016). *RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CERCAS VIVAS Y BARRERAS ROMPEVIENTOS*. Obtenido de [http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO\\_III\\_RECOMENDACIONES\\_PARA\\_LA\\_IMPLEMENTACION\\_DE\\_CERCAS\\_VIVAS\\_Y\\_BARRERAS\\_ROMPEVIENTOS.pdf](http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO_III_RECOMENDACIONES_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_CERCAS_VIVAS_Y_BARRERAS_ROMPEVIENTOS.pdf)

- CORTOLIMA. (7 de Diciembre de 2012). *PROCAS en Cajamarca*. Recuperado el 7 de Agosto de 2018, de <http://cortolima.gov.co/contenido/procas-cajamarca>
- DANE. (2015). *El cultivo de la arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft), hortaliza de grandes bondades nutricionales y de alta potencialidad agroindustrial*. Recuperado el 21 de 09 de 2018, de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol\\_Insumos\\_sep\\_2015.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_sep_2015.pdf)
- DANE; MinAgricultura. (2014). *Antracnosis, importancia y manejo integrado en el cultivo de tomate de árbol (Cyphomandra betaceae). Prevención: la mejor alternativa*. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_ene\\_2014.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_ene_2014.pdf)
- Dávila, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12, 180-205. Recuperado el 02 de 09 de 2018
- Díaz, A., Gebler, L., Mala, L., Medina, L., & Trelles, S. (2017). *Buenas prácticas agrícolas para una agricultura más resiliente*. (IICA, Ed.) Recuperado el 29 de Agosto de 2018, de <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3110/1/BVE17069072e.pdf>
- Espinoza, Y., Lozano, Z., & Velásquez, L. (2007). Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Interciencia*, 554-559.
- FAO. (2017). *MAPA DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO*. Recuperado el 21 de 09 de 2018, de <http://www.fao.org/3/i8195es/I8195ES.pdf>
- FONCODES. (2014). *Cajamarca: Buena producción de papas con abonos orgánicos*. Recuperado el 26 de 09 de 2018, de <http://www.foncodes.gob.pe/portal/index.php/comunicacion-e-imagen/noticias-y-comunicaciones/item/625-cajamarca-buena-produccion-de-papas-con-abonos-organicos>
- Gliessman, S. (1998). *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba: CATIE.
- Gliessman, S., Guadarrama, C., Mendez, E., Trujillo, L., Bacon, C., & Cohen, R. (s.f.). *AGROECOLOGÍA: UN ENFOQUE SUSTENTABLE DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA*. Obtenido de [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/5.%20Agroecolog%C3%ADa.%20Un%20enfoque%20sustentable%20de%20la%20agricultura%20ecol%C3%B3gica%20\(%20Stephen%20Gliessman%20et%20al.\)pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/5.%20Agroecolog%C3%ADa.%20Un%20enfoque%20sustentable%20de%20la%20agricultura%20ecol%C3%B3gica%20(%20Stephen%20Gliessman%20et%20al.)pdf)
- Gruposacsa. (2016). *¿Qué es la saturación de bases en los suelos?* Recuperado el 23 de 09 de 2018, de <http://www.gruposacsa.com.mx/que-es-la-saturacion-de-bases-en-los-suelos/>
- Hernández, F. (s.f). *La Humedad del Aire, El Punto de Rocío y su Importancia en la Agricultura*. Recuperado el 30 de 09 de 2018, de [http://www.agro-tecnologia-tropical.com/la\\_humedad.html](http://www.agro-tecnologia-tropical.com/la_humedad.html)
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: Mc Graw Hill.
- ICA. (1992). *FERTILIZACION E DIVERSOS CULTIVOS*. PRODUMEDIOS.
- ICA. (2009). Recuperado el 26 de 08 de 2018, de Resolución 4174 del 06 de Nov del 2009: <https://www.ica.gov.co/Normatividad/Normas-Ica/Resoluciones-Oficinas-Nacionales/RESOLUCIONES-DEROGADAS/RES-4174-de-2009.aspx>

- ICONTEC. (2004). Recuperado el 26 de 08 de 2018, de NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 3656: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC3656.pdf>
- INIFAP. (s.f.). *Forrajes y Pastizales Mucuna*. Recuperado el 14 de 10 de 2018, de <http://utep.inifap.gob.mx/tecnologias/9.%20Forrajes%20y%20pastizales/INCORPORACIÓN%20DE%20LA%20LEGUMINOSA%20MUCUNA%20VARIEDAD%20utilis%20AL.pdf>
- INTA. (2013). *Barreras vivas programa de manejo integrado de cultivos (MIC)*. Recuperado el 15 de 09 de 2018, de <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/plegables/Brochure%20barreras%20vivas.pdf>
- INTAGRI. (2017). *El Magnesio en el Suelo y su Efecto en las Raíces*. Recuperado el 23 de 09 de 2018, de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/el-magnesio-en-el-suelo-y-su-efecto-en-las-raices>
- INTAGRI. (s.f.). *La Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo> - Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C., Intagri se reserva el derecho de su publicación y reproducción total o parcial*. Recuperado el 22 de 09 de 2018, de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>
- INVIMA, I. N. (22 de Julio de 1991). Uso y manejo de plaguicidas. Recuperado el 18 de Septiembre de 2018
- Jamioy, D., Menjivar, J., & Rubiano, Y. (2014). Indicadores químicos de calidad de suelos en sistemas productivos del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Acta agronómica*, 64, 6. Recuperado el 27 de 08 de 2018
- JICA; CENTA; MAG; Agricultura Familiar; Produccion Oriental. (s.f.). *ABONOS VERDES*. Recuperado el 6 de 10 de 2018, de [https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable\\_11.pdf](https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_11.pdf)
- Kass, D., Scholonvoigt, A., & Jimenez, F. (2002). *TÉCNICAS AGROFORESTALES PARA PRODUCIR TOMATE EN LADERAS*. Recuperado el 15 de 09 de 2018, de [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4180/Tecnicas\\_agroforestales\\_para\\_producir\\_tomate.pdf;jsessionid=6E52E0B51CCF199F943125477EE554D1?sequence=1](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4180/Tecnicas_agroforestales_para_producir_tomate.pdf;jsessionid=6E52E0B51CCF199F943125477EE554D1?sequence=1)
- Labrador, J., & Altieri, M. (1995). Manejo y diseño de sistemas agrícolas sustentables. *Hojas divulgadoras*, 53.
- Mendieta, M., & Rocha, L. (Abril de 2007). *Sistemas agroforestales*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2018, de <http://repositorio.una.edu.ni/2443/>
- Ministerio de agricultura de Chile; Instituto de Investigaciones Agropecuarias; Centro Regional de Investigación Quilamapu. (2015). *Rastrojos de cultivos y residuos forestales*. (C. Ruiz, Ed.) Chilián.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Recuperado el 26 de 08 de 2018, de <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-Ley-2811-de-1974.pdf>
- Molina, E. (2007). *ANÁLISIS DE SUELOS Y SU INTERPRETACIÓN*. Recuperado el 23 de 09 de 2008, de

- <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Molina, E. (s.f.). *FERTILIZACIÓN DE TOMATE*. Recuperado el 23 de 09 de 2018, de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/FERTILIZACION%20TOMATE%202016.pdf>
- Morán, L., & Villanueva, P. H. (2008). *Barreras vivas para reducir escorrentía. Norte, Centro y Sudamérica*. Recuperado el 25 de 09 de 2018, de <http://giaaf.pe.iica.int/getattachment/e4331f86-3a52-4219-9ed1-c98ebe622552/1-10-Barreras-vivas-para-reducir-escorrentia-Norte.aspx>
- NUFARM COLOMBIA S.A. (Julio de 2012). *Ficha técnica del Glifosato*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2018, de <http://www.nufarm.com/assets/17873/1/FTGLIFOSATOAGROGEN747SG.pdf>
- Piedrahita, O. (2012). *CONVERSION DE UNIDADES*. Recuperado el 23 de 09 de 2018, de [http://www.nuprec.com/Nuprec\\_Sp\\_archivos/Literatura/Conversi%C3%B3n%20de%20unidades.pdf](http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Conversi%C3%B3n%20de%20unidades.pdf)
- Pino, A. d. (s.f.). *CATIONES Calcio – Magnesio - Potasio Sodio*. Recuperado el 23 de 09 de 2018, de <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/curso/docs/cationes.pdf>
- Pizarro, R., Flórez, J., Sangüesa, C., & Martínez, E. (Diciembre de 2004). *Zanja de infiltración*. Obtenido de <http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/Zanjas.pdf>
- Presidencia de la República. (2011). Recuperado el 26 de 08 de 2018, de Constitución política de Colombia: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Documents/Constitucion-Politica-Colombia.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016). *Objetivos de Desarrollo Sostenible, Colombia*. Recuperado el 23 de 08 de 2018, de <http://www.co.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODM/undp-co-ODSColombiaVSWWS-2016.pdf>
- Repertorium Botanices Systematicae. (1998). *Gliricidia sepium*. Recuperado el 29 de 09 de 2018, de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/29-legum19m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/29-legum19m.pdf)
- Rivera, J., Garnica, J., Rubio, S., Lozano, M., Rosero, J., Trujillo, L., & Herrera, Y. (2015). *Recomendaciones tecnológicas para la producción de semilla de calidad de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft): Manejo fitosanitario de la semilla vegetativa de arracacha*. Obtenido de <http://editorial.corpoica.org.co/index.php/publicaciones/catalog/book/4>
- Rivero, M., Remigio, R., Reyes, J., Mozena, W., & Ferreira, E. (2016). *Abonos verdes y su influencia en el frijol (Phaseolus vulgaris L.) en sistema agroecológico*. Recuperado el 8 de 10 de 2018, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852016000200006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852016000200006)
- Roben, E. (2002). *Manual de Compostaje Para Municipios*. Obtenido de <http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>
- Rodríguez, M., & Espinoza, G. (Diciembre de 2002). *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas*. (D. Wilk, Ed.) New York. Recuperado el 25 de Agosto de 2018, de

- <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019857/GestionambientalenA.L.yelC/GestionAmb..pdf>
- Sánchez, L. (2011). *Informe económico del departamento de cajamarca para la zonificación ecológica y económica*. Recuperado el 19 de Abril de 2018, de <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/MemSocioeconomica.pdf>
- Sans, F. (Enero de 2007). La diversidad de los agroecosistemas. *ecosistemas*, 16(1), 44-49. Recuperado el 26 de Agosto de 2018, de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/137/134>
- Silva, S., & Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: Revisión normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre económico*, 12, 13-34. Recuperado el 22 de Septiembre de 2018
- Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola SICTA. (2012). *Obras de conservación del suelo y aguas en laderas*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2018, de <http://repiica.iica.int/docs/b3470e/b3470e.pdf>
- SMART. (s.f.). *El Magnesio en el suelo y plantas*. Recuperado el 23 de 09 de 2018, de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/magnesium>
- SMART. (s.f.). *La Capacidad de Intercambio Catiónico*. Recuperado el 22 de 09 de 2018, de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/Cation-Exchange-Capacity>
- Vilcarromero, R. (2013). *La gestión en la producción* (2 ed.). Perú: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. Recuperado el 25 de Agosto de 2018, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1321/index.htm>
- Villalva, S., & Fuentes, J. (1994). *Agricultura Sostenible*. Recuperado el 03 de 09 de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=176776>