

**Implementación De Un Sistema Agrosilvícola y Tecnología De Aprovechamiento Con  
Las Especies De Cúrcuma longa l y Moringa oleífera Lam En La Hacienda La Cascada,  
Vereda Palermo del Municipio de Quimbaya (Quindío), Colombia**

Juan Carlos Espinosa Correa

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medio Ambiente ECAPMA

Programa de Ingeniería Agroforestal

Armenia

2020

**Implementación De Un Sistema Agrosilvícola y Tecnología De Aprovechamiento Con  
Las Especies De *Cúrcuma longa* l y *Moringa oleífera* Lam En La Hacienda La Cascada,  
Vereda Palermo del Municipio de Quimbaya (Quindío), Colombia**

Juan Carlos Espinosa Correa

Proyecto aplicado presentado

Como requisito parcial para optar el título de ingeniero agroforestal

Asesora:

Luisa Fernanda Casas Herrera

Ingeniera forestal, MSC bosques y conservación ambiental

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medio Ambiente ECAPMA

Programa de Ingeniería Agroforestal

Armenia

2020

## **Agradecimientos**

Después de recorrer un vasto camino de la vida y del aprendizaje en el ámbito escolar, escribo estos agradecimientos a todas las personas que me han ayudado al culminar este proceso como es el caso de la asesora de grado Luisa Fernanda Casas Herrera y el profesor Manuel Francisco Polanco.

Por otro lado, doy gracias a mi familia que me ayudaron e insistieron brindándome gran apoyo cada día para culminar este proceso en mi vida.

Así mismo, doy gracias a la señora Constanza mora por ayudarme y prestarme su hacienda e instalaciones para ejecutar la parcela demostrativa del presente proyecto.

## Tabla de Contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>13</b>
<b>Identificación del problema.....</b>	<b>15</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>18</b>
<b>Justificación teorica.....</b>	<b>18</b>
<b>Justificación economica .....</b>	<b>19</b>
<b>Justificación social.....</b>	<b>22</b>
<b>Justificación ambiental .....</b>	<b>23</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>25</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>25</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>25</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>26</b>
<b>Agroforestería: .....</b>	<b>26</b>
<b>Tipos de tecnologías agroforestales .....</b>	<b>27</b>
<b>Generalidades de la <i>cúrcuma longa</i> l.....</b>	<b>29</b>
<b>Clasificación taxonómica .....</b>	<b>29</b>
<b>Descripción botánica .....</b>	<b>29</b>
<b>Requerimientos edafológicos y climáticos.....</b>	<b>33</b>
<b>Propagación en cultivo.....</b>	<b>33</b>
<b>Plagas y enfermedades .....</b>	<b>34</b>
<b>Manejo del cultivo .....</b>	<b>34</b>
<b>Post cosecha .....</b>	<b>36</b>
<b>Valor nutricional de la <i>cúrcuma longa</i> l.....</b>	<b>38</b>

<b>Especie forestal moringa oleífera lam .....</b>	<b>38</b>
<b>Taxonómica.....</b>	<b>39</b>
<b>Descripción botánica de la especie .....</b>	<b>39</b>
<b>Condiciones agronómicas .....</b>	<b>40</b>
<b>Métodos de propagación.....</b>	<b>41</b>
<b>Plagas y enfermedades .....</b>	<b>41</b>
<b>Labores silviculturales .....</b>	<b>43</b>
<b>Características nutricionales de la moringa oleífera lam .....</b>	<b>44</b>
<b>Usos de la moringa .....</b>	<b>46</b>
<b>Toxicidad y contenido químico .....</b>	<b>50</b>
<b>Descripcion de la propuesta .....</b>	<b>51</b>
<b>Localización .....</b>	<b>51</b>
<b>Estado legal.....</b>	<b>52</b>
<b>Superficie y límites .....</b>	<b>52</b>
<b>Jurisdicción administrativa.....</b>	<b>53</b>
<b>Vias de acceso .....</b>	<b>53</b>
<b>Uso actual del suelo .....</b>	<b>53</b>
<b>Climatología.....</b>	<b>55</b>
<b>Hidrología .....</b>	<b>57</b>
<b>Análisis de caudales.....</b>	<b>58</b>
<b>Geología.....</b>	<b>60</b>
<b>Geomorfología .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Suelos.....</b>	<b>60</b>
<b>Topografía.....</b>	<b>61</b>

<b>Fauna.....</b>	<b>61</b>
<b>Desarrollo tecnico .....</b>	<b>64</b>
<b>Tipo de sistema agroforestal: .....</b>	<b>65</b>
<b>Propósito de la implementación:.....</b>	<b>65</b>
<b>Descripción del sistema agroforestal: .....</b>	<b>65</b>
<b>Dirección de la siembra: .....</b>	<b>66</b>
<b>Distancias agronómicas seleccionadas: .....</b>	<b>66</b>
<b>Caminos o vías de extracción: .....</b>	<b>69</b>
<b>Funcion de las especie arbórea.....</b>	<b>70</b>
<b>Establecimiento.....</b>	<b>71</b>
<b>Labores previas al establecimiento. ....</b>	<b>73</b>
<b>Manejo del cultivo .....</b>	<b>76</b>
<b>Calculo del contenido de agua.....</b>	<b>82</b>
<b>Punto de marchitez permanete (pmp) .....</b>	<b>82</b>
<b>Capacidad de campo y punto .....</b>	<b>83</b>
<b>Agua disponible (ad) .....</b>	<b>83</b>
<b>Lamina neta (ln) o agua disponible (afd) .....</b>	<b>84</b>
<b>Componentes del sistema de riego .....</b>	<b>85</b>
<b>Cosecha.....</b>	<b>87</b>
<b>Post cosecha .....</b>	<b>88</b>
<b>Secado.....</b>	<b>90</b>
<b>Manejo de la curcuma en la planta.....</b>	<b>94</b>
<b>Establecimiento de la plantacion .....</b>	<b>96</b>
<b>Manejo o plan de mantenimiento .....</b>	<b>98</b>

<b>cosecha.....</b>	<b>100</b>
<b>Cosecha.....</b>	<b>101</b>
<b>Estudio de factibilidad financiera.....</b>	<b>103</b>
<b>Indicadores financieros.....</b>	<b>107</b>
<b>Tasa interna de retorno tir .....</b>	<b>107</b>
<b>Tasa de rentabilidad.....</b>	<b>108</b>
<b>Recuperacion de la inversion .....</b>	<b>109</b>
<b>Valor presente neto .....</b>	<b>109</b>
<b>Relacion costo / beneficio .....</b>	<b>109</b>
<b>Impactos del proyecto .....</b>	<b>110</b>
<b>Impacto social .....</b>	<b>111</b>
<b>Impacto economico.....</b>	<b>112</b>
<b>Impacto ambiental.....</b>	<b>113</b>
<b>Impacto general del proyecto .....</b>	<b>119</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>121</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>123</b>
<b>Referencias bibliograficas.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>90</b>

## Lista De Tablas

<i>Tabla 1. Composición nutricional de la Cúrcuma. Fuente: Natura Foundation 2013. ....</i>	38
<i>Tabla 2. Composición química de hojas y tallos de la Moringa Oleífera Lam. Fuente: Foild et a 1999.....</i>	45
<i>Tabla 3. Concentraciones de minerales y vitaminas en hojas de Moringa oleífera Lam Fuente: De the Mira de Tree: de Lowell Flugie. ....</i>	48
<i>Tabla 4. Valor nutricional de las hojas y las vainas de la Moringa oleífera Lam Fuente: De the Miracle Tree: De Lowell Funglie.....</i>	49
<i>Tabla 5. Coordenadas planas de la vivienda principal. Fuente: Mapa de suelos del Quindío del IGAC.....</i>	52
<i>Tabla 6. Uso Actual del suelo. Fuente: Administración Hacienda La Cascada .....</i>	54
<i>Tabla 7. Plan de fertilización recomendado para el cultivo de la Cúrcuma longa L. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	78
<i>Tabla 8. Balance hídrico para una parcela década de Cúrcuma longa L. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	81
<i>Tabla 9. Sistema de siembra al cuadrado de la Moringa oleífera Lam. Fuente: elaboración propia. ....</i>	97
<i>Tabla 10. Análisis de costos de producción para el establecimiento de una hectárea entre cúrcuma longa L y Moringa oleífera Lam, fuente: elaboración propia. ....</i>	104
<i>Tabla 11. Reporte de Ingresos resultantes en el establecimiento de una hectárea entre cúrcuma longa L y Moringa oleífera Lam, fuente: elaboración propia. ....</i>	106
<i>Tabla 12. Valoración numérica según el nivel del impacto. Fuente: elaboración propia. ...</i>	110
<i>Tabla 13. Evaluación del impacto del componente social del proyecto. Fuente: elaboración propia. ....</i>	111

<i>Tabla 14. Evaluación del impacto del componente económico del proyecto. Fuente: elaboración propia. ....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 15. Evaluación del impacto del componente ambiental del proyecto. Fuente: elaboración propia. ....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 16. Evaluación del impacto general del proyecto. Fuente: elaboración propia. ....</i>	<i>119</i>

## Lista De Figuras

<i>Ilustración 1. Árbol de problemas de la zona rural del municipio de Quimbaya.....</i>	17
<i>Ilustración 2 .Planta de cúrcuma larga. Fuente: Elaboración propia .....</i>	30
<i>Ilustración 3 .Rizomas y flor de la cúrcuma longa. Fuente: Elaboración propia .....</i>	30
<i>Ilustración 4 .Morfología del árbol Moringa oleífera Lam. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	39
<i>Ilustración 5 .Ubicación de la Hacienda la cascada Fuente: SIG Quindío, CRQ 2018. ....</i>	51
<i>Ilustración 6 .Diseño agroforestal de cúrcuma longa L y Y Moringa oleífera Lam. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	64
<i>Ilustración 7. Vista frontal del diseño del cultivo de la cúrcuma .Fuente: Elaboración propia. .....</i>	67
<i>Ilustración 8 .Vista frontal del diseño de la plantación de la Moringa. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	68
<i>Ilustración 9 .Vista frontal de las vías extracción con tractor. Fuente: Elaboración propia. 70</i>	70
<i>Ilustración 10. Sistema de riego propuesto con sus respectivos componentes. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	85
<i>Ilustración 11. Diseño de deshidratador solar para la cúrcuma. Fuente: Elaboración propia. .....</i>	90
<i>Ilustración 12. Horno Deshidratador para Cúrcuma y Moringa. Fuente: Elaboración propia. .....</i>	92
<i>Ilustración 13. Horno de deshidratación con paneles solares. Fuente: Elaboración propia . 93</i>	93
<i>Ilustración 14. Modelo de planta de transformación de Cúrcuma. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	94
<i>Ilustración 15. Diagrama de flujo del proceso de la Moringa oleífera Lam. Fuente: Elaboración propia. ....</i>	103

## Lista De Anexos

<i>Anexo 1 Análisis Financiero del sistema agroforestal.....</i>	128
<i>Anexo 2 Tabla de costos de producción para establecer una hectárea de Cúrcuma Longa L. .....</i>	128
<i>Anexo 3 Costos de establecimientos de una hectárea de Moringa Oleífera Lam.....</i>	130
<i>Anexo 4 Costos de establecimiento del sistema de riego necesario para el proyecto. ....</i>	132
<i>Anexo 5 Presupuesto requerido para la construcción de los deshidratadores solares .....</i>	134

## Resumen

El presente trabajo escrito representa el informe final del trabajo de grado en modalidad de proyecto aplicado como requisito para obtener el título de ingeniero agroforestal, en el cual se nos permite observar el diseño, establecimiento y tecnología de aprovechamiento en la implementación de un sistema agroforestal compuesto por las especies *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam en la hacienda la Cascada en la vereda Palermo en el municipio de Quimbaya Quindío en el año 2019.

El objetivo del proyecto es formular un plan manejo agroforestal para el establecimiento de un modelo productivo rotacional durante un año compuesta por 12 hectáreas sembradas con las especies *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam, cuyo proyecto tiene una duración de 18 años en el que se pretende establecer una empresa comercial que se dedique al establecimiento, manejo, transformación y comercialización de los productos provenientes del sistema Agrosilvícola tanto a nivel nacional como internacional.

La etapa inicial del documento refleja la recolección de información de la zona donde se pretende establecer el proyecto, haciendo evaluaciones agroclimáticas y edafológicas del área de estudio para lograr tener criterios técnicos en el diseño y establecimiento del sistema agroforestal asociado entre *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam, luego se documenta el manejo que se le debe dar a cada una de las especies dentro del sistema y por último se hace un cálculo de los costos e ingresos que arrojaría el proyecto con sus respectivos indicadores económicos en un modelo de análisis financiero que permite ver el flujo de caja del proyecto durante un periodo de un año de plantación y unas proyecciones a 18 años que corresponden a la duración del sistema agroforestal-

**Palabras claves:** *Cúrcuma*, *moringa*, agroforestería, sistema, agrosilvícola, TIR, rentabilidad, valor presente neto, costo, beneficio, harina, semillas, hojas, secador, deshidratación, pulverizado, fertilidad, balance, riego.

## Introducción

Colombia es un país de producción agrícola, pero actualmente se encuentra atravesando grandes cambios en su economía nacional lo que afecta notoriamente al campo, situación que se vive diariamente en el municipio de Quimbaya Quindío, en donde las áreas rurales actualmente basan su ingresos en actividades como el turismo, la ganadería extensiva y algunos cultivos como el café, logrando identificar un desapego por parte de los campesinos hacia el sector rural creando falta de oportunidades de empleo y pobreza extrema en el campo, lo que se da por la falta de crear nuevos modelos de desarrollo basados en sistemas integrados de producción que ayuden y logren reunir todos los elementos y recursos disponibles con que cuenta las áreas rurales del municipio que en la actualidad son utilizados en menor medida, generando ineficiencia e ineficacia en sus procesos a nivel de finca, que a su vez disminuyen los beneficios en temas sociales, productivos y de conservación del mismo ambiente (Plan de Ordenamiento territorial del municipio de Quimbaya Quindío, CRQ 1999).

De esta manera, lograr esfuerzos con la implementación de nuevos modelos de desarrollo económico en las zonas rurales del municipio de Quimbaya (Quindío) es de vital importancia para reactivar las economías campesinas de la zona, por tal razón la inclusión de nuevas especies como la *Cúrcuma longa* L, la cual es una planta que ha sido muy trabajada en países como la India en donde se ha logrado aprovechar todos sus beneficios económicos y productivos en el sector de la industria, la producción de aceites esenciales, en el área de la medicina, como entre otros usos; por lo que se pretende asociar la *Cúrcuma longa* L en un sistema agroforestal en unión con la *Moringa oleífera* Lam siendo esta última una especie arbórea con grandes beneficios económico como es la producción de forraje para el suplemento nutricional para seres humanos y animales, grandes usos forestales como leña,

recuperación de suelos degradados, producción de papel celofán y de sus semillas se pueden extraer aceites esenciales y además pueden ser utilizadas en la industria para la producción de biodiesel (Díaz & Ávila, 2002).

Por lo que, la implementación de un sistema agrosilvícola con estas dos especies puede lograr grandes impactos en la economía de la región, ya que son especies promisorias por los grandes beneficios tanto domésticos como industriales y de protección del ambiente a nivel local, nacional y mundial, siendo estas especies vistas como una nueva alternativa de producción más limpia que puede ser integrada en las pequeñas economías rurales de Colombia.

La presente propuesta de proyecto aplicado, se muestra como una forma de emprendimiento productivo en el área de la agricultura colombiana, aplicando técnicas agroforestales en donde busca darle un valor agregado a la especie de *Cúrcuma longa* L asociada con la especie forestal *Moringa oleífera* Lam, las cuales presentan un gran potencial económico debido a sus bondades en el campo de la medicina, el industrial, la buena cocina, suplemento nutricional, conservación y recuperación de suelos y regulación del microclima regional.

Este proyecto inicialmente hará la recolección de información existente a nivel local, nacional e internacional sobre las formas de establecimiento como monocultivo o como cultivo asociado, estado fenológico, requerimientos nutricionales y agroclimáticos entre otras características de las especies, para lograr un adecuado proceso productivo del tubérculo, las hojas y las semillas, formulando un plan de manejo agroforestal que incluya parámetros técnicos de diseño, establecimiento, manejo, cosecha y post-cosecha y transformación del sistema asociado del cultivo de *Cúrcuma longa* L con la *Moringa oleífera* Lam en el municipio de Quimbaya (Quindío).

## Identificación Del Problema

Colombia es un país netamente agrícola basando su economía en la producción del campo, pero en la actualidad la mayoría sus habitantes son campesinos pequeños y medianos productores con reducidas extensiones de tierra que se encuentran atravesando momentos difíciles por un impacto económico de tipo negativo que se viene presentando en las comunidades rurales debido a muchas situaciones, como lo son la infertilidad de las tierras por la sobre explotación productiva, que cada vez consume mayores nutrimentos del suelo y son devueltos en menores cantidades al mismo, creando un cansancio de las tierras y haciéndolas poco productivas al momento de su manejo (Paredes y Forero, 2018).

Otra causa según Ortiz (2012), es el cambio climático que está afectando notoriamente las variables agro climatológicas de las zonas de producción en Colombia gracias el incremento de gases efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> entre otros , debido a que los cultivos ya no cumplen los mismo patrones de producción como en la antigüedad en donde se podía pronosticar el tiempo, por lo que ahora es más propensa la perdida de cultivos por sequias o escases de agua, el ataque masivo de plagas y enfermedades por el desequilibrio biológico que estamos viviendo actualmente, haciendo necesario el uso de agroquímicos y pesticidas para la producción.

Así mismo, la inflación del país también ha tenido influencia en sector agrícola, ya que se ve el aumento notorio del costo de los agro-químicos y los productos del diario vivir, el alto costo de mano de obra con respecto a otros países productores, la poca transferencia de tecnologías para la producción y los libres tratados de comercio que subsidian a los productores de estos

países, haciendo elevar los costos de producción de los campesinos colombianos y lo que permite ingresar al país productos a menores precios y de mejor calidad al mercado, que a su

vez genera un baja competitividad para que los campesinos de Colombia puedan vender sus cosechas a un mejor precio en el mercado nacional e internacional.

Otro factor importante, es la migración de los jóvenes a las grandes ciudades dejando el campo con escasas de mano de obra para trabajar.

Por otro lado, nos encontramos con la tenencia de la tierra en las manos de pocos que por economía y estrategias de manejo han convertido estas grandes áreas en ganadería extensiva dañando los recursos naturales como el suelo con problemas de compactación y erosión, el agua con la contaminación puntual y difusa, y la misma deforestación que termina con grandes impactos en la biodiversidad de la flora y fauna local, pérdida de hábitat y desaparición de bosques nativos que son las grandes fábricas de producción de oxígeno.

También, otra causa de gran importancia es la poca escolaridad de los habitantes del campo que hace que tengan pocos conocimientos de nuevas alternativas económicas e innovadoras de producción, llevándolos a que siempre produzcan café y plátano como cultivos tradicionales enmarcada dentro un esquema de ámbito cultural de la región; y, si a todo esto; le sumamos el poco interés del estado en la formulación de políticas y planes bien encaminados al desarrollo del campo, y que con la poca inversión económica del estado y el sector privado que han enfocado sus esfuerzos en cambiar la vocación agropecuaria por otros sectores como el turismo en la zona que han generado con ello un alto índice de desempleo; puesto a que se ha reducido la inversión en la producción de cultivos y a su vez la reducción del uso de mano de obra de los campesinos de la zona, que por el contrario estos esfuerzos han incrementado problemáticas sociales en la región como la drogadicción, prostitución el hurto entre otros, provocando todo esto un ambiente de desventajas para los productores del campo en todo los aspectos, por lo que cada vez el mediano y pequeño productor trata de buscar alternativas que mejoren su economía interna y aumenten la calidad de vida.

Por lo que la producción del cultivo de la *Cúrcuma longa* L asociado como sistema

agroforestal con la Moringa oleífera Lam puede ser una estrategia de mejoramiento en cuanto al nivel de ingresos de los campesinos, aun mas cuando este tipo de cultivos se puede hacer de forma orgánica bajo parámetros medioambientales y de producción limpia que contribuyan con la recuperación del ambiente, ya que no se requiere el uso obligatorio de agro-químicos para su producción generando beneficios económicos sociales y ambientales para los pobladores de las zonas rurales, si se compara con otros cultivos tradicionales de la zona que si requieren mayores esfuerzos económicos y tecnológicos, de esta manera, son algunas características que hacen atractivo este proyecto como una salida innovadora en la cadenas de producción que se pueden llevar a cabo en la actualidad como estrategias de desarrollo para combatir los índices de pobreza y desempleo en las comunidades campesinas del municipio de Quimbaya en el departamento del Quindío, todas estas problemáticas se resumen en la figura uno (1) que representa el árbol del problemas de la de la zona

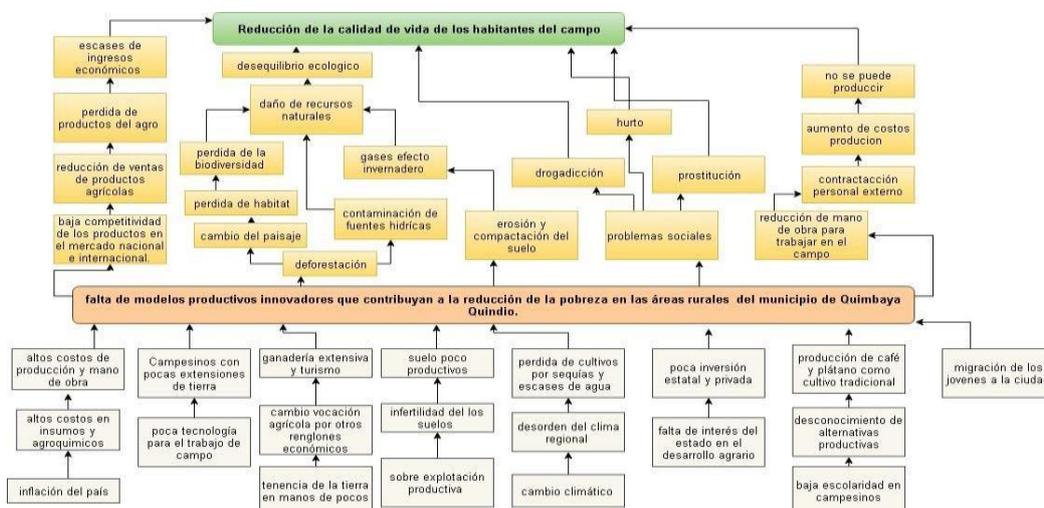


Ilustración 1 Árbol de problemas de la zona rural del municipio de Quimbaya.

Fuente: Elaboración propia.

## **Justificación**

### **Justificación Teórica**

En las últimas décadas la agricultura ha evolucionado en todo el mundo, implementando modelos con gran eficiencia y que sean sostenibles, en el ámbito ambiental y económico, adquiriendo una gran importancia los temas de inocuidad y calidad en términos de producción. De esta idea nace el término de buenas prácticas agrícolas (BPA), que busca implementar prácticas que logren obtener un producto agrícola totalmente inocuo, basando sus esfuerzos en el cuidado del ambiente, la salud de los empleados y la sanidad agropecuaria, con el propósito de renovar los métodos tradicionales de producción y disminuir el uso de agroquímicos que puedan contaminar el entorno y la salud humana (Gómez, Palacios y Villareal, 2008).

Partiendo de este concepto, se tiene de gran importancia establecer sistemas agroforestales que permitirán no solo el mejor aprovechamiento productivo del suelo sino además el adecuado cuidado del ambiente, por lo que con la aplicación de este componente tecnológico en la producción agroforestal de *Cúrcuma longa* L asociada con *Moringa oleífera* Lam en la hacienda La Cascada del municipio de Quimbaya (Quindío), la cual cultivará sus productos mediante el uso de las buenas prácticas agrícolas (BPA), logrando ofrecer productos de excelente calidad en el mercado, y a su vez se logra aprovechar las condiciones biofísicas y edafológicas del municipio de Quimbaya para la instalación de un nuevo sistema agroforestal novedoso, el cual tendría un aumento en su PIB si la mayoría de los productores transformaran la materia prima en la obtención de productos con un valor agregado.

Según García, Quim, Sierra y Padilla (2017) el Quindío, es uno de los principales

departamentos de Colombia que cuenta con las condiciones edafológicas y climatológicas apropiadas para la producción de *Cúrcuma longa* L en comparación con el resto de departamentos del país, teniendo en cuenta que la calidad de dicha especie depende de las zonas tropicales donde se cultiva siendo un departamento con gran aptitud para la producción.

En cuanto al mercado de la cúrcuma, los objetivos del presente estudio pretenden dar respuesta a la viabilidad técnica de asociar estas dos especies como una alternativa empresarial que permita evaluar el comportamiento de esta nueva tecnología agroforestal para la región, contribuyendo a generar altos beneficios económicos que ayuden a mejorar los ingresos y la calidad de vida de las personas que habitan la zona.

### **Justificación Económica**

La cúrcuma tiene propiedades innovadoras para la industria de los alimentos y la industria farmacéutica, sus variadas aplicaciones permiten dar sabor a los alimentos, sin mencionar el principal ingrediente del curry y la mostaza, además está comprobado que posee propiedades medicinales de efectos terapéuticos, siendo un poderoso antioxidante y antiinflamatoria. Sus diversas aplicaciones incluso para la industria manufacturera han llegado a cobrar importancia en la elaboración de productos de panadería, cereales, snack, galletería, heladería, yogures, mantequillas, quesos, incluso bebidas gaseosas en la sustitución del controvertido colorante sintético “Tartrazina” identificado como uno de los promotores de la enfermedad del cáncer. (Rubino, 2013).

El indudable potencial de mercado que tiene dicha especia en diferentes campos de la económica, en especial cuando se habla sobre la alimentación saludable, y es por esta razón que este proyecto cobra importancia al lograr conocer el comportamiento actual de dicho producto en el departamento del Quindío y a nivel de país Colombia.

Este proyecto iniciara el proceso de venta de *Cúrcuma longa L* y *Moringa oleífera Lam* en el mes once (11) en el año cero (0) después su establecimiento (ver anexo 1, análisis financiero del sistema agroforestal), y luego se lograra estabilizar las ventas continuas pasando por el mes doce (12) e iniciando el ciclo total de producción de un año completo lo que permite establecer una hectárea sembrada cada mes, para de esta manera lograr tener producciones escalonadas durante todo el año evitando tener periodos muertos sin venta de cúrcuma y permitiendo a la empresa agroforestal desarrollar un marco integrado de aprovechamiento e industrialización de la *Cúrcuma longa L* y *Moringa oleífera Lam*.

Dentro de los principales objetivos de la empresa está el obtener la máxima rentabilidad de la producción, procesado y venta de la *Cúrcuma longa L*, bajo un adecuado manejo agronómico con sentido social y ambiental.

En este sentido, según Sánchez (2003) para que exista rentabilidad como modelo empresarial debe cumplir con las siguientes premisas:

**Aumento de la producción y la productividad:** tiene que ver con las decisiones de tipo administrativo de qué, cómo y cuánto producir. Mejorar los parámetros de producción es una condición para incrementar la rentabilidad y por lo tanto la competitividad.

**Aumento de los precios en venta:** aunque los precios se determinan en un mercado competitivo por la oferta y la demanda, éstos se pueden incrementar por:

**Mejora de la calidad,** esto se hace mediante un control que permita el ahorro de costos directos que afectan el precio de los productos a comercializar como lo son la materias prima e insumos, mano de obra entre otros.

**Comercialización;** la utilización de los canales adecuados en el sector en que se encuentra la empresa le permitirá estar en una mejor posición, que le permitan recibir por su producto el pago adecuado.

**Disminución de los costos de producción:** el empresario necesita implementar y conocer

muy bien la contabilidad de costos de tal manera, que el mismo pueda clasificarlos, calcularlos, controlarlos y analizarlos con eficiencia. Dicho conocimiento de la empresa le permite finalmente conocer su margen de contribución, su punto de equilibrio, su costo unitario y la rentabilidad de acuerdo a determinados volúmenes de producción.

Según Montaña y Montes (2004) el departamento del Quindío consta con las variables agro-climatológicas y edafológicas adecuadas para el establecimiento del cultivo de la *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam especialmente el municipio de Quimbaya, ya que por comparaciones en términos de rendimientos de producto final con otros departamentos productores de la misma, se observa que la cúrcuma producida en el Quindío tiene mayores niveles de curcumina y turmerina, lo que se ve reflejado directamente en términos económicos siendo atractivo para las grandes empresas compradoras, ya que este producto se vuelve más rendidor, y para ellas genera una reducción en sus costos de producción.

Así mismo, el sistema que se pretende establecer es una asociación de un sistema arbóreo conformado por la *Moringa oleífera* Lam y el cultivo de la *Cúrcuma longa* L, siendo estas especies de gran importancia económica, ambiental y social, pudiendo lograr una adecuada simbiosis como sistema agroforestal, por cuanto la especie de *Moringa oleífera* Lam se adapta a cualquier tipo de suelo, pudiendo soportar altas temperaturas en niveles altitudinales hasta unos 1500 msnm., es decir soporta épocas largas de verano sin sufrir daños fisiológicos, y siendo una excelente especie recuperadora de suelos; que además de un adecuado arreglo agroforestal en diferentes densidades de siembra contribuyen a la protección y conservación de microclimas en la zona (Castro, 2013).

Por otro lado, la *Cúrcuma longa* L es una especie de fácil crecimiento y manejo, que se adapta a suelo francos o francos arenosos y altitudes de 0 a 1500 msnm, por lo que técnicamente el establecimiento de este sistema en los predios de la Hacienda la Cascada es óptimo, ya que cuenta con las condiciones edafológicas e hidro - climatológicas requerida por

el sistema agroforestal para lograr una buena producción (Alfaro, 2011).

Por lo que se justifica técnicamente ejecutar este proyecto en la Hacienda La Cascada en el municipio de Quimbaya, mediante la aplicación de buenas prácticas de manejo adoptando un modelo de producción limpia de forma orgánica que no afecte el ambiente y la salud de sus habitantes, mejorando los ingresos del pequeño productor y diversificando la producción interna a nivel de finca sin generar daños en el paisaje de las mismas, innovando con nuevos productos que puedan ingresar a mercados extranjeros en donde se pueda llegar a obtener sellos verdes enmarcados en el concepto de desarrollo sostenible, aún más cuando el departamento del Quindío cuenta con un aeropuerto internacional y un puerto seco desde donde se puede realizar las exportaciones con una reducción de costos de fletes para mover las cargas y sin que la materia prima sufra algún daño por recorrer grandes distancias a otros puertos lejanos.

### **Justificación Social**

La agricultura a nivel nacional se encuentra atravesando una crisis económica específicamente aquellos departamentos productores del café, por los altos costos para producir en el campo y la variabilidad en precios al momento de la venta, ponen en desventaja a los pequeños y medianos productores de este cultivo, con otros países o incluso con terratenientes o las grandes empresas que poseen mejor tecnología de producción, mano de obra barata y mejores niveles de transformación y comercialización, oprimiendo al mediano y pequeño productor a nivel de finca.

Es por esta razón, que este proyecto centra su mirada en el departamento del Quindío, especialmente en el municipio de Quimbaya como punto de partida para dar inicio en la primera fase del proyecto, cuya vocación económica está basada en un alto porcentaje en la producción de cultivos de café y plátano, la ganadería y el turismo, en donde hay poca

diversificación de cultivos, y la economía interna para los pequeños productores se encuentra altamente afectada.

De esta forma, este proyecto pretende dar un alto impacto a nivel social presentando una nueva alternativa de producción económica, fácil de producir y con costos de producción bajos, en periodos relativamente cortos en donde se podrá recuperar la inversión realizada con un porcentaje mínimo del 50% de rentabilidad, lo que se vuelve atractivo y sobre todo beneficioso para los pequeños productores que no tienen grandes extensiones de tierra.

Aún más, cuando este proyecto pretende generar una fuente de empleo en la zona, utilizando mano de obra de los habitantes del área rural en donde se ejecutará el proyecto, como es el caso del caserío de Puerto Alejandría en donde la mayoría de las mujeres son cabeza de hogar según fue evidenciado en visitas en campo en donde se observó que las mujeres son las encargadas de producir los ingresos económicos para el sustento de su familia.

Por lo que la implementación de este proyecto en la hacienda la Cascada en la vereda Palermo del municipio de Quimbaya genera un gran impacto social que contribuye a la reducción de la pobreza que se vive en la actualidad por la escases de inversión de empresas en la zona, logrando con ello evitar la migración de las familias campesinas a los centros poblados en donde se hace más difícil encontrar fuentes de empleo que requieran las habilidades que estas personas han desarrollado en el campo.

### **Justificación Ambiental**

Según Ruiz, Valencia y González (2018) el municipio de Quimbaya (Quindío) especialmente la zona baja que limita con el río la vieja gracias a su topografía y uso actual del suelo se encuentra altamente afectado por la ganadería de uso extensivo, como es el caso de la Hacienda La Cascada que cuenta con una gran extensión cultivada en pastos para la

producción de ganado de ceba, lo que ha ido deteriorando los suelos por la compactación y erosión laminar causada por el peso del ganado, sumándole a esto, la contribución a la reducción de las coberturas forestales y con ello la disminución de los índices de biodiversidad de la fauna y la flora debido al deterioro de hábitats y la fragmentación de bosques causada por las grandes extensiones en pastos que posee la hacienda, aún más cuando esta no posee un adecuado manejo silvo-pastoril de la misma, es aquí en donde la implementación de este proyecto agroforestal constituido por las especies *Moringa oleífera* Lam y *Cúrcuma longa* L presenta un alto impacto, por cuanto se pretende establecer sistemas de manejo bajo prácticas de producción limpia y con miras en el futuro a las certificaciones verdes lo que indudablemente hará un cambio de conciencia en los habitantes de la zona y la recuperación de los suelos y las áreas tanto de ejecución como de influencia del proyecto, que día por día a medida que crezcan las áreas de explotación se estarán formando pequeños bosques de especies arbóreas permitiendo la conectividad entre relictos boscosos con grandes masas forestales de la zona contribuyendo esto con la disminución de pérdida de biodiversidad, reducción de tasas de deforestación, climatización de la zona, regulación del ciclo hidrológico, recuperación de suelos y descontaminación de fuentes hídricas por el monitoreo de vertidos de aguas residuales en las áreas de influencia, además se contribuye a la reducción de gases efecto invernadero como el gas metano y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producido por el ganado, contribuyendo con esto a la normalización del clima global.

De esta manera se hace viable realizar este proyecto bajo modelos medioambientales que permitan un uso racional de los recursos naturales actuales permitiendo salvaguardar recursos para las generaciones venideras.

## Objetivos

### Objetivo General

- Implementar un sistema Agrosilvícola y tecnología de aprovechamiento con las especies de *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam en la Hacienda la Cascada, Vereda Palermo del municipio de Quimbaya (Quindío), Colombia.

### Objetivos Específicos

- Diseñar un modelo agroforestal asociado con las especies de *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam que cumpla con especificaciones técnicas, económicas y sostenibles en el tiempo y el espacio, en la Hacienda la Cascada, Vereda Palermo del municipio de Quimbaya (Quindío), Colombia.
- Diseñar un sistema de riego con criterios técnicos de eficiencia, eficacia y efectividad para la producción de un cultivo de *Cúrcuma longa* L asociado con *Moringa oleífera* Lam en la Hacienda la Cascada, Vereda Palermo del municipio de Quimbaya (Quindío), Colombia.
- Diseñar una tecnología de secado para la deshidratación de la *Cúrcuma longa* L y la *Moringa oleífera* Lam en la Hacienda la Cascada, Vereda Palermo del municipio de Quimbaya (Quindío), Colombia.
- Diseñar el modelo de una planta de transformación en donde se realice el proceso industrial de la *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam en la Hacienda la Cascada, Vereda Palermo del municipio de Quimbaya Quindío, Colombia.
- Establecer el proceso de producción, manejo, cosecha, post-cosecha y transformación del cultivo de *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam en la Hacienda la Cascada, Vereda Palermo del municipio de Quimbaya Quindío, Colombia.

## Marco Teórico

El siguiente capítulo se hace una revisión de los diferentes conceptos que se deben tener en cuenta para la formulación del siguiente proyecto productivo:

### **Agroforestería:**

Para tener una mejor comprensión de este proyecto se hace necesario entender a qué se refiere el término agroforestería, ya que es un concepto muy amplio el cual es definido por muchos autores, como lo plantea Nair (1989 b), Somarriba (1990 y 1992) y (Ospina 2000) los cuales proponen nuevos elementos de diferenciación y exclusividad para la construcción de un nuevo concepto agroforestería la cual es definida como “ es la interdisciplinar y modalidad de uso productivo de la tierra donde se presenta interacción espacial y/o temporal de especies vegetales leñosas y no leñosas, o leñosas, no leñosas y animales. Cuando todas son especies leñosas, al menos una se maneja para producción agrícola y/o pecuaria permanente “.

Por lo que según este concepto se logra entender que la agroforestería es una herramienta útil para darle un manejo adecuado a la tierra de forma integral teniendo en cuenta variables técnicas de manejo y aprovechamiento como lo son el tipo de componentes que conforman el sistema, su y distribución espacial y temporal, y el tipo de interacciones ya sean biológicas, ecológicas, económicas y socioculturales que puedan generarse dentro un modelo productivo que sea rentable y sostenible conservando el medio ambiente.

Ospina (2002), plantea que todo sistema agroforestal está conformado por un componente leñoso que posee lignina como arboles (incluidos helechos arborescentes, gramíneas gigantes y cactus gigantes), un componente vegetal no leñoso como cultivos agrícolas transitorios

(anuales) y semipermanentes (semestrales) pastos y hiervas pudiendo ser especies cultivadas, silvestres o protegidas, y por último un componente animal ya sea vertebrado como mamíferos, reptiles, aves y peces o invertebrados como crustáceos, moluscos e insectos.

Ospina (2002), define diferentes tecnologías agroforestales que pueden dar solución a problemáticas a nivel de finca o región en donde se mejoren el abastecimiento de productos sanos y frescos aplicando técnicas de producción que conserven el ambiente y fortalezcan la identidad cultural de las comunidades, estas tecnologías se describen a continuación:

### **Tipos De Tecnologías Agroforestales**

**Cerca viva:** se diseña como una línea o varias líneas de árboles cuya función es delimitar cultivos y propiedades y evitar el tránsito de personas y animales.

**Árbol en linderos:** estas especies leñosas se ubican dentro de puntos específicos dentro de predios para demarcar sus límites externos e internos.

**Barrera rompevientos:** esta tecnología también se le conoce como cortina rompeviento o setos vivos cuya función es proteger cultivos, viviendas o áreas de importancia de la acción desbastadora de la fuerza del viento. Los árboles se ubican en arreglo en líneas perpendiculares a la dirección del viento para reducir su energía.

**Tiras de vegetación en contorno:** esta tecnología asocia especies leñosas con no leñosas en forma de fajas que se siembren en contornos de pendientes, se asocian a pastos y cultivos. A esta tecnología también se le denomina como barreras en tiras, barreras en contorno, barreras en fajas horizontales, tiras de vegetación horizontal y barreras anti erosivas.

**Árbol en cultivos transitorios:** son arboles cuyo arreglo se da forma dispersa dentro de

cultivos agrícolas transitorios y semestrales.

**Árboles en cultivos permanentes:** se representa por arboles de mediano y gran tamaño sembrados de forma asociada con cultivos agrícolas permanentes.

**Cultivo en fajas:** son arboles sembradas en bandas o fajas asociadas con cultivos agrícolas en forma de callejón de poco ancho y su largo es variable. A este tipo de tecnología también se le conoce como faja de árboles en contorno, cultivo en callejones, hileras intercaladas, este sistema se puede encontrar en zonas planas o con pendiente y cuya función principal es aumentar la productividad del cultivo agrícola asociado mediante la incorporación de abono verdes y hojarasca.

**Lote multipropósito:** es la asociación de árboles multipropósito o maderables con especies leñosas de otras uso como forrajera y frutales.

**Huerto de plantación frutal:** en esta tecnología se asocia especies leñosas frutales con árboles no leñosos, orientados especialmente a la producción comercial de frutas.

**Huerto familiar:** en esta tecnología intensiva se siembran árboles frutales, multipropósito y no leñosas, cuya función es abastecer a las familias campesinas de los requerimientos básicos como alimento, leña entre otros.

## **Generalidades De La *Cúrcuma longa* L**

### **Clasificación taxonómica**

Reino: plantae

Subreino: tracheobionta - Plantas vasculares

Superdivision: spermatophyta - Plantas con semillas

División: magnoliophyta - Plantas con flores

Clase: Liliopsida - Monocotiledoneas

Subclase: Commelinidae

Orden: Zingiberales

Familia: Zingiberaceae

Género: *Cúrcuma*

Especie: *Longa*

Nombre: *Cúrcuma longa* L

Sinónimos: *Cúrcuma domestica* valeton.; *Amomum cúrcuma* Jacq.; *Stissera cúrcuma*.

Fuente: (Saiz y Pérez, 2014).

### **Descripción botánica**

La planta de *Cúrcuma longa* L puede crecer hasta un metro de altura en su estado de madurez, es una especie que posee hojas perennes con alto contenido de aceite esenciales, su raíz se presenta en forma de rizoma subterráneo con un color rojo anaranjado intenso dependiendo del grado de curcumina que contenga, lo que le da un sabor picante (Saiz y Pérez, 2014).



*Ilustración 2 Planta de cúrcuma larga. Fuente: Elaboración propia*

Del rizoma principal nace el tallo floral en donde se ubican sus flores de 20 cm de largo, cóncavas de color blanco a amarillo claro, se presentan en forma dispuestas en forma de espigas cilíndricas, se encuentra compuesta alrededor de 5 a 10 hojas grandes de color verde claro, con peciolo largo, ovalado a lanceolado con una nervadura central muy parecida a la del plátano. Tanto las hojas como los “rizomas o dedos” son cosechados para ser usados en la medicina y la industria alimentaria en donde se usa como condimento (Cos, 2013).



*Ilustración 3 Rizomas y flor de la cúrcuma longa. Fuente: Elaboración propia*

Los rizomas se agrupan en forma de dedos en forma de galería bajo tierra, alcanzando dimensiones de 8 a 10 cm de largo y con un ancho entre 5 a 10 cm, su rizoma principal o rizoma madre presentando forma aovada, carnosos, piriforme de donde se desprenden los rizomas secundarios con menor tamaño y forma cilíndrica alargada, con apariencia arrugada y en el interior de la corteza se logra ver anillos de color naranja intenso ver foto 2, siendo ricos en aceite esenciales, ácidos orgánicos, un principio amargo, pigmentos, resinas y almidones (Díaz & Ávila, 2002).

Soto et al. (2004) afirma que el ciclo fenológico de la cúrcuma está seguido por las siguientes etapas

**Fase I. Germinación:** Después de la siembra en campo brota un pullado que se da alrededor de las primeras 4 semanas.

**Fase II. Desarrollo vegetativo:** Esta etapa está representada por la formación de los dedos e incremento de crecimiento de brotes (hasta 3 tallos por planta), esta fase se da en periodo de los primeros 4 meses de la siembra.

**Etapa III. Floración:** El tiempo de floración de la planta se estima en unos 150 días, en donde la planta desacelera su crecimiento de follaje y se incrementa el tamaño de los rizomas acumulando gran cantidad de curcumina.

**Etapa IV. Maduración y cosecha:** Se tiene como aviso que la cúrcuma está lista para su cosecha cuando sus hojas se han tornado a un color amarillo intenso, en un tiempo aproximado de 6 a 7 meses después de que se ha realizado la siembra.

## Origen

La cúrcuma es originaria del sur de Asia, específicamente en la india y el área meridional de Vietnam. Es una planta tropical, la cual está conformada por varias especies que se desarrollan libremente en la naturaleza. Su primera aparición data en los años 6000 a.c, en el libro sagrado del hinduismo denominada Atharvaveda, en donde se utilizaba para tratar la ictericia, siendo un rizoma que se encuentra bien documentado en el área de la medicina y en la aplicación de prácticas sociales y religiosas (Barquero, 2007).

La Cúrcuma longa L es cultivada de manera extensiva en la india, china, Bangladesh, Camboya, Tailandia, Indonesia, Malasia y Filipinas. En menor cantidad, es cultivada en las áreas tropicales del continente Africano, zonas del Océano Pacífico y el continente Americano. El apelativo de la harina de cúrcuma proviene del latín medieval "terramerita", palabra convertida en francés como merite terre, cuyo significado es tierra merecida tierra meritoria, como se conocía en el comercio de la época. (Mesa et al., 2000).

Según Barquero (2007) en la antigüedad, la cúrcuma era utilizada para colorar prendas (lana, sedas y algodón) teniendo conocimiento que la luz solar degrada rápidamente el color. Actualmente, la curcumina se utiliza como colorante para alimentos en lácteos como el queso, cereales, especias, mostaza, encurtidos, sopas, helados, yogures, entre otros. Se conoce en todo el mundo como una especia aromática, de gran utilidad en la gastronomía ya que es el principal ingrediente del curry, el cual da toque de picante y color a los platos.

La cúrcuma en el área de la medicina se usa de diferentes maneras; desde cosméticos, cremas faciales hasta para la prevención del Alzheimer. Modernos estudios sobre cúrcuma describen altas potencialidades de la curcumina como alto poder antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena, hepatoprotectora y con grandes aptitudes antimicrobianas, siendo usada en trastornos gastrointestinales y cardiovasculares (Soto et al., 2004).

Así mismo, la cúrcuma se ha utilizado en la medicina Indu, China y ayurvedica de donde se ha comprobado que la cúrcuma presenta grandes propiedades medicinales y terapéuticas ya que sirve para tratar el cáncer debido a su capacidad para retardar la activación de factores de transcripción y la angiogénesis, reduce tumores, y posee grandes propiedades de antioxidante y antiinflamatorias, además controla problemas digestivos, fiebres, disenterías, problemas de artritis y de hígado, reduce el colesterol y previene problemas cardiacos. Se puede usar en casos de hemorragias, problemas menstruales y congestión, es un gran cicatrizante para la piel y sus extractos se han usado como antiparasitarios (Rubino, 2013).

### **Requerimientos edafológicos y climáticos**

Esta planta se adapta a alturas que van desde 0 a 1.200 m.s.n.m, con climas cálidos a húmedo, con temperaturas optimas que oscilan entre 22°C y 30°C, teniendo como valor mínimo 18°C y máxima de 30°C; requiere un nivel de humedad relativa alta que se encuentre entre 70% a 90%; con precipitaciones media anual de 640 a 4200 mm; prefiere suelos sueltos franco arenosos, con buen drenaje ya que suelos con alto contenido de arcillas inhiben el crecimiento del rizoma y en suelos arenosos se presentan fugas de agua reduciendo crecimiento de los mismos, por lo que se debe seleccionar adecuadamente el suelo revisando que no presenten problemas de encharcamiento que provoquen asfixia radicular en las plantas, el pH optimo debe estar entre 4,3 y 7,5, no soporta suelos con alto grado de salinidad, requiere un riego eficiente y planificado de forma técnica para ayudar a incrementar la productividad de la planta (CCI, 2006; Ravindran et al., 2007).

### **Propagación en cultivo**

La propagación de la cúrcuma se hace asexualmente con rizomas madres, en su mayoría de tamaños de 2,5 cm a 5 cm, por medio de yemas que brotan en la etapa de cosecha al finalizar

su ciclo en donde inicia un nuevo ciclo vegetativo dando como resultado una nueva planta, se debe seleccionar de una forma rigurosa los rizomas a emplear para la siembra teniendo en cuenta características como sanidad vegetal y criterios de calidad, siendo desinfectados para evitar el contagio de patógenos dentro del cultivo. La siembra del material semilla se hace a 10 cm de profundidad quedando bien cubiertos de tierra para acelerar su brote o “pullado”, es adecuado planificar el establecimiento del cultivo en época de invierno, de esta manera la floración se dará en el época de verano. (CCI, 2006; Díaz y Ávila, 2002; Montaña y Montes, 2004).

La literatura registra diferentes distancias y densidades de siembra para el establecimiento del cultivo de la *Cúrcuma longa* L. Montaña y montes (2004) recomiendan distancias de siembra de 0,5 mts en surco y 0.3 mts entre planta, obteniendo una densidad por hectárea de 66.667 sitios/ha. Soto et al (2004) reporta sistemas de siembra con distancias entre plantas de 0,3 mts y 0,7 mts entre surcos logrando obtener una densidad por hectárea de 47619 plantas. De acuerdo al plan nacional hortícola para Colombia (CCI, 2006) se evidencia un distanciamiento de 0,4 mts entre plantas y 1 mts entre hileras disminuyendo la densidad por hectárea en 25.000 plantas.

### **Plagas y enfermedades**

Según Castro et al. (2013) las enfermedades y plagas más comunes que atacan este cultivo son nematodos, hormiga arriera, barrenadores del tallo, mancha foliar (*Colletotrichum zingiberis*) y podredumbre roja (*Fusarium zingiberi*).

### **Manejo del cultivo**

En general, la *Cúrcuma longa* L por ser una planta que se adapta fácilmente en la naturaleza requiere mínimas labores culturales en cuanto al manejo del cultivo, la principal

labor que se debe hacer es la desyerba en diferentes etapas de desarrollo del cultivo para evitar la competencia por nutrientes por otras especies invasoras y enfermedades del cultivo. Se debe hacer un análisis de suelo, que permita ver la oferta de nutrientes formulando un plan de fertilización especialmente con materia orgánica para mejorar las propiedades físicas del suelo que ayuden a un mejor desarrollo del sistema radicular de la planta. El riego es un factor determinante en la etapa inicial del establecimiento del cultivo debido a que la planta es exigente en la absorción de agua en esta etapa de desarrollo. Con respecto al manejo fitosanitario se recomienda hacer monitoreo continuo de las principales enfermedades, plagas, arvenses y fisiopatías que puedan dañar las plantas, esto con el fin de tener un adecuado control sobre el cuidado y manejo del cultivo y reducir la aplicación de productos a base químicos en él (CCI, 2006; Díaz y Ávila, 2002).

En síntesis, la propagación de la cúrcuma se hace por rizomas, que se conocen como las semillas del cultivo, éstas pueden llegar a pesar entre 20 y 50 gramos cada una. El sistema de siembra puede ser al triángulo, al cuadrado o doble surco, con distancias entre surcos de 0.5 mts y entre plantas de 0,3 mts, para lograr una densidad de 66.667 plantas por hectárea. El ciclo productivo de la cúrcuma presenta una duración entre 7 a 10 meses después del sembrado, tiempo que se encuentra sujeto a condiciones de clima y suelos. Los rendimientos de producción por planta se encuentran entre 0,5 kg a 1 kg, lo que equivale de 20 a 30 toneladas por hectárea de rizoma de cúrcuma en fresco.

### **Riego**

El mayor nivel de producción del cultivo de la cúrcuma es obtenido en suelos francos que se encuentren bien drenados bajo sistemas de riego. La cantidad de riego a aplicar en un cultivo de cúrcuma para lograr obtener una alta cosecha depende de las condiciones edafológicas y climatológicas presentes en el desarrollo del cultivo Castro et al. (2013).

Prabhakaran (2013) sostiene, que en zonas de la india se aplica riego a los cultivos de cúrcuma al momento de la siembra, a los 2 o 3 días más tarde y se hacen riegos continuos cada 8 o a 10 días hasta el último mes de desarrollo del cultivo en donde es suspendido, teniendo en cuenta criterios como época de lluvias, temperatura y humedad del suelo para su planificación. Para las zonas de la india se requieren entre 17 a 20 riegos en una sola temporada, dependiendo de las precipitaciones presentadas en la zona. Se requiere entre 1500 a 1650 mm de agua representados entre precipitaciones y láminas de riego para lograr una buena cosecha, sobre todo en la primer fase se desarrolló del cultivo en donde los rizomas ha iniciado el proceso de crecimiento (Ravindran et al., 2007 y Prabhakaran 2013).

### **Post cosecha**

La cosecha de la cúrcuma, se realiza en el mes de abril a mayo. El cultivo es cosechado cuando las hojas se tornan amarillentas y se marchitan en un periodo de 8 a 9 meses después de que fue realizada la siembra, su recolección en campo se hace de forma manual o con cosechadoras de tubérculos Castro et al. (2013).

La postcosecha consta de los siguientes pasos:

**Limpieza.** Esta actividad se lleva en campo el cual consiste en retirar los restos de tierra y quitar las raíces.

**Lavado.** Los rizomas deben ser lavados con agua limpia potable, para terminar de eliminar la tierra, se hace de forma manual en estopas o canastos o si se prefiere en de forma mecánica a través del movimiento.

**Cortado.** En esta labor se trocean los rizomas utilizando maquinaria especial para esta

actividad.

**Secado.** En último proceso, se reduce la humedad del rizoma, la cual debe estar en un porcentaje del 10 a 12 el contenido de humedad en la fruta. Este proceso puede realizarse de varias maneras:

**Secado al sol:** Se extienden las rodajas en camas superficiales que logren atrapar la luz solar, y se logre un secado homogéneo del producto. Este método presente la desventaja que la cúrcuma reduce su color y baja el porcentaje de curcumina.

**Secado en hornos:** Para este caso, se puede secar en hornos deshidratadores de frutas y semillas, logrando de esta manera sostener su color y el nivel adecuados de curcumina.

Para obtención de la harina de cúrcuma es necesario lavar, desinfectar y trocear los rizomas para de esta manera agilizar el proceso de escaldado, evitando el pardeamiento de los rizomas por la acción enzimática y reduciendo la contaminación por actividad microbiana. Luego se realiza el secado en un deshidratador conformado por bandejas, que funciona con el movimiento de aire seco caliente a una temperatura promedio de 70°C.

Al estar el rizoma seco se realiza la molienda en un molino industrial en donde esta harina es pasada por un tamiz donde se busca los diferentes porcentajes de granulometría requeridos en el mercado. De esta manera se logra obtener la harina deseada siendo empacadas en bolsas plásticas y a almacenadas en un sitio fresco. Para hacer los cálculos de rendimiento de producto se toma como línea base la producción una hectárea de cultivo, de donde se obtiene un promedio 35 toneladas de rizoma. El rendimiento obtenido al finalizar el proceso de molienda fue de 8750 kilos de harina de cúrcuma (Rubino, 2013).

## Valor nutricional de la Cúrcuma longa L

La Cúrcuma longa Les una alta de fuente de vitaminas C Y E, contiene bajas porcentajes en calorías y grasas, sus mayores componentes son los carbohidratos y contiene altos minerales como el fosforo, potasio y magnesio. En la siguiente tabla se observan los componentes nutricionales que contiene 100 gramos de cúrcuma y la dosis de 3 gramos por persona.

NUTRIENTES	UNIDAD	VALOR POR 100g	VALOR POR 3g
Agua	g	12.85	0.39
Energía	kcal	312	9
Proteínas	g	9.68	0.29
Lípidos totales (grasas)	g	3.25	0.10
Carbohidratos	g	67.14	2.01
Fibra dietética total	g	22.7	0.7
Azúcares totales	g	3.21	0.10
<b>MINERALES</b>			
Calcio, Ca	mg	168	5
Hierro, Fe	mg	55.00	1.65
Magnesio, Mg	mg	208	6
Fósforo, P	mg	299	9
Potasio, K	mg	2080	62
Sodio, Na	mg	27	1
Zinc, Zn	mg	4.50	0.14
<b>VITAMINAS</b>			
Vitamina C total (ácido ascórbico)	mg	0.7	0.0
Tiamina	mg	0.058	0.002
Riboflavina	mg	0.150	0.004
Niacina	mg	1.350	0.041
Vitamina B-6	mg	0.107	0.003
Folato, DFE	µg	20	1
Vitamina B-12	µg	0.00	0.00
Vitamina A, RAE	µg	0	0
Vitamina A, IU	IU	0	0
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	4.43	0.13
Vitamina D (D2 + D3)	µg	0.0	0.0
Vitamina D	IU	0	0
Vitamina K (filoquinona)	µg	13.4	0.4
<b>LÍPIDOS</b>			
Ácidos grasos saturados, total	g	1.838	0.055
Ácidos grasos monoinsaturados, total	g	0.449	0.013
Ácidos grasos poliinsaturados, total	g	0.756	0.023
Ácidos grasos trans, total	g	0.056	0.002

Tabla 1 Composición nutricional de la Cúrcuma. Fuente: Natura Foundation 2013.

## Especie Forestal Moringa oleífera Lam

### Generalidades

#### Origen

La Moringa oleífera Lam es un cultivo proveniente de la zona norte de la india, Blanglades y Pakistán, se encuentra disperso actualmente por todo el trópico. En la india y áfrica se conoce con diferentes nombres como palo tambor, rábano picante, el mejor amigo de mama (Fuglie 2001). En centro y sur américa este árbol se introdujo en los años de 1920 para ser usada como ornamental y cercar vivas, se le conoce con el nombre de Marango y Taberinto

(foidl et al, 2006).

### **Taxonómica**

Reino: Plantae

Orden: Brassicales

Familia: Moringaceae

Género: Moringa

Especie: oleífera

Nombre binomial: *Moringa oleífera* Lam.

Sinónimos: (*M. pterygosperma* Gaert., *M. moringa* (L.) y *Guilandina moringa* Lam.)

(Liñan, 2010)



*Ilustración 4 Morfología del árbol Moringa oleífera Lam. Fuente: Elaboración propia.*

### **Descripción botánica de la especie**

El árbol de la *Moringa oleífera* Lam puede alcanzar una altura de 7 a 12 metros, su fuste o tallo es recto y puede alcanzar un diámetro de 20 a 40 cm de ancho, su copa es abierta haciendo la forma de un paraguas. Presenta un tipo de hoja compuesta, se dispone en grupos de folíolos de cinco (5) pares los cuales se organizan sobre el peciolo principal y un folíolo

en su parte terminal. Las láminas foliares de los foliolos son de forma ovalada y llegan a tener una longitud de 200 mm su área foliar, estas se organizan de forma frontal entre ellas formando grupos de cinco a seis. Sus hojas compuestas son alternas tripinnadas con un largo que va desde 30 a 70 cm. Presenta flores bisexuadas, pétalos blancos, estambres de color amarillo, perfumadas. Sus frutos pueden albergar de 20 a 25 semillas, estos presentar forma de capsula con tres lóbulos, dehiscentes que pueden medir entre 20 a unos 40 cm de longitud. Las semillas son de color café oscuro, presenta una forma redondeada y poseen tres alas blancas que le ayudan a su protección y diseminación, aunque el árbol es un gran semillero que puede dar de 15000 a 25000 semillas por año (Liñán 2010).

### **Condiciones agronómicas**

Este árbol crece en altitudes de 0 hasta los 1800 m.s.n.m, en un rango de temperatura entre 12.6° a 40°C, requiere como mínimo de 500 mm de precipitación hasta a 1500 mm anual para su buen desarrollo, es una especie que se puede adaptar a diferentes tipos de suelos desde arcilloso a arcilloso-limoso, pero en realidad se desarrolló mejor en suelos bien drenados con Ph neutro y ligeramente ácidos (Hernández 1997).

Según Hernández (1997) afirma que en ambientes de precipitaciones mínimas de 500 mm/año, este árbol puede tolerar hasta 6 meses de sequía, por lo que se convierte en una especie arbórea de excelente uso para las zonas semi-áridas; aunque en periodos demasiados largos de sequía el árbol puede estresarse viéndose reflejado en la caída de sus hojas.

Para la reproducción las semillas no presentan un periodo de inactividad, por lo que se pueden plantar justo cuando estas se encuentran maduras conservando la característica de poder germinar hasta por un año. El tiempo de floración y fructificación del árbol es de forma anual aunque en algunas regiones por condiciones edafoclimáticas se da hasta dos veces al año, en su primer año de producción (Foild et al, 2006)

### **Métodos de propagación**

La especie de *Moringa oleífera* Lam se puede reproducir de forma asexual y sexualmente ya sea por estacas o semillas. Las semillas se pueden sembrar de forma directa en campo de 5 a 10 cm de profundidad o en áreas de vivero para tener un mejor control para su reproducción, no requiere ningún tratamiento de pre germinación y su brote se da en los primeros diez días después de la siembra. Cada 30 a 45 días se debe hacer un cortado de los rebrotes para permitir mayor crecimiento de la planta (Reyes, 2004).

### **Plagas y enfermedades**

Las plagas que se han reportado con mayor frecuencia en los cultivos de *Moringa oleífera* Lam han sido el gusano cabelludo (*Noordia moringae*) que se alimenta de las hojas tiernas provocando su defoliación, además se presentan insectos como *draspidotus* sp y *ceroplastodes cajani* que pueden dañar considerablemente la planta. También existe evidencia de que es atacada por el *aphis aponecraccibora*, *Diaxenopsis* (perfora el tallo) y *gitonia* sp (muy conocida como la mosca de la fruta). En su primera etapa de germinación se ve afectada por las plagas de hormiga arriera y el gusano minador de la hoja (Reyes y Sánchez, 2004)

### **Cultivo**

Según Martín, García, Fernández, Hernández & Puls (2013) el cultivo de la *Moringa oleífera* Lam se puede realizar con dos fines ya sea para producir hojas o semillas, a continuación se dan las especificaciones para ambos tipos de plantación:

### **Plantaciones Para La Producir hoja**

Para producir hoja de moringa es necesario tener presente los siguientes puntos:

**Distanciamiento:** Las distancias requeridas por surco deben ser de 40 cm (dos hileras por surco), y entre planta o hilera 30 cm.

**Requerimiento de la semilla:** Para sembrar una cuadra se requiere 10.5 kilos.

**Cosecha:** la primera cosecha se realiza en los primeros 3 meses después de que se ha hecho la siembra o si es por altura cuando esta alcance 1 metro.

**Primer cosecha:** En esta primera etapa se revisa que las ramas amarillentas sean eliminadas, se retiran las ramas laterales, y se dejan las verdes, en la parte apical del árbol se deben dejar mínimo tres ramas superiores para que la planta pueda seguir haciendo sus procesos fisiológicos.

**Segunda cosecha:** Para esta segunda fase, se debe realizar una poda dejando 15 cm del suelo hasta el punto de corte, volviéndose a repetir cada 35 a 45 días después de que se ha cosechado la segunda vez.

#### **Establecimiento De Plantación Para la Producir semilla**

Para la producir semillas se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

**Distanciamiento:** 4 metros entre surcos y 6 metros entre filas.

**Requerimiento de semilla:** Se requiere 500 gramos para sembrar una cuadra.

**Cosecha:** las cosechas se hacen de forma anual.

## **Labores silviculturales**

Las principales labores que se deben desarrollar a la plantación son las siguientes:

**Limpieza de arvenses:** esta actividad se hace en los primeros meses de germinado la plántula para evitar la competencia por luz y nutrientes (Hernández, 1995).

**Poda:** es una práctica que se realiza retirando los órganos vegetales no deseados en la plantación, ejerciendo un efecto directo sobre el crecimiento y desarrollo de la planta ya que limita la altura de los árboles y ayuda con la eliminación de plagas y enfermedades dándole vigor, fortalecimiento y grosor a las ramas ayudando a un mejor rebrote de yemas aumentando la producción del árbol (Mayorga, 2014).

### **Altura al efectuar las podas:**

Según estudios realizados por Blari, et al. (1990) a una mayor altura favorece la emisión de rebrotes de yemas nueva a mayor velocidad, pero es difícil hacer una sola recomendación de la altura óptima de las podas, por lo que se debe tener en cuenta otros criterios de evaluación como:

Cuando la defoliación es muy alta en la planta los rebrotes dependen directamente de las reservas orgánicas, encontrándose almacenadas en las áreas basales del tallo Pezo et, al. (1993)

Para que exista un rebrote abundante, debe haber un gran número de yemas en el material remanente luego de la poda (Mayorga, 2014)

Si se alargan los intervalos entre defoliaciones puede hacerse una defoliación más intensa, ya que al dejar menor cantidad de biomasa de remanente luego de la poda harán que las

reservas para el rebrote se recuperen fácilmente (Mochiutt, 1995).

### **Tipos de yemas**

Existen dos tipos de yemas según su posición las cuales deben ser tenidas en cuenta en poda.

#### **Yemas apicales**

Se sitúan en el extremo de los tallos o ramas, permitiendo el crecimiento continuo de las mismas mientras están activas por diferenciación celular formando todos los órganos del tallo, así mismo el ápice vegetativo se encuentra conformado por un conjunto de hojas denominadas primordios foliares Amaya et al. (2005).

#### **Yemas axilares**

Estas se ubican en la toda la cavidad que se forma entre el peciolo y el tallo, produciendo una nueva rama y hojas nuevas sobre ella. Estas yemas son únicas en cada axila, y dan el carácter perenne al árbol Amaya et a. (2005).

### **Características nutricionales de la Moringa oleífera Lam**

La Moringa oleífera Lam tiene grandes propiedades nutricionales y alimenticias por lo que se considera como uno de los vegetales duraderos de gran importancia debido al poder nutricional que contiene si se compara con otros alimentos. Su semilla presente un 40 % de aceite en donde su contenido de ácido graso refleja un 73% de ácido oleico, lo que muestra que su nivel de calidad es el mismo que el aceite de oliva. En el leicester se han realizado pruebas en laboratorio arrojando resultados que la pasta que queda después de que se obtiene el aceite presenta propiedades activas con efecto coagulante. Sus hojas contiene un 27% de proteína, con grandes cantidades de fosforo, calcio y hierro y también posee hasta siete (7) partes más por encima de vitamina C que la naranja y 4 partes más de vitamina A que la

misma zanahoria (sungu 1995).

La siguiente tabla permite observar la composición nutricional de las hojas y los tallos del árbol de Moringa oleífera Lam:

Composición general	Hojas frescas	Tallos
Materia seca (%)	21.0	-----
Proteína bruta (%)	21.5	9.0
Fibra bruta (%)	17.9	-----
Cenizas (%)	11.4	6.9
Grasa bruta (%)	5.4	-----
Extracto libre de nitrógeno (%)	48.7	-----
Fibra detergente neutro (%)	28.8	68.4
Fibra detergente ácido (%)	11.4	60.9
Digestibilidad in vitro materia seca (%)	79.0	57.0
Energía metabolizable M cal/Kg MS	2.27	-----

*Tabla 2 Composición química de hojas y tallos de la Moringa Oleífera Lam. Fuente: Foild et a 1999*

El valor nutricional de la moringa es de gran importancia en áreas donde la seguridad alimentaria se ve afectada por las grandes sequías, ya que sus hojas se pueden cosechar en épocas de estiaje cuando la presencia de otros vegetales es nula, aun mas cuando este follaje es rico en vitaminas B y C y posee altos contenidos de tiamina y piridoxina; y además contiene un perfil alto y balanceado de todos los aminoácidos esenciales (Reyes y Sánchez, 2004).

## **Usos De La Moringa**

La moringa es una especie forestal que tiene diversidad de usos entre los que se destaca el uso agroforestal siendo empleada para el sombrío de cultivos, setos, cultivos en callejón, barrera corta vientos, recuperación y enriquecimiento de suelos, sirve como combustible ya que es una buena fuente de leña, se puede utilizar como depuración de aguas residuales, es ampliamente utilizado en el área de la medicina, en la industria de alimentos para humanos y la producción de aceite, sirve como forraje para el alimento de animales, es una fuente de hormonas, puede ser utilizado como biofertilizante, biodisel, biomasa, para la elaboración de cosméticos, en la producción de etanol, como fuente de celulosa, y además se puede hacer tintes, gomas y carbón activado a partir de sus tallos, hojas y semillas (Castro, 2013).

### **Descripción de los principales usos de las partes de la planta**

#### **Semilla**

El contenido de aceite en las semillas de moringa se encuentra alrededor entre 19 y 47 %. Este aceite posee una alta calidad, su apariencia es poco viscosa y dulce, con grandes porcentajes de ácido esteárico, palmítico, bohémico y oleico. Este aceite es conocido como “el aceite de ben”, el cual se utiliza en el uso humano, la elaboración de jabones y cosméticos y en iluminaciones. Además se puede utilizar como lubricante en mecanismos, sirve como un gran depurador de aguas lluvias y residuales, además se utilizan en el aclarado de miel y caña de azúcar, de esta misma se puede obtener el biodisel y del procesado de la semilla queda una torta que puede ser utilizada como fertilizante con alto contenido de nitrógeno para la recuperación de suelos. (Madrigal y Avalos, s.f).

#### **Tallo**

Del tallo de la Moringa oleífera Lam se puede sacar pulpa para la producción de papel

celofán, prensa y textiles, como es el caso y felpudos, esteras, cuerdas. De la corteza del árbol se puede extraer goma y taninos que pueden ser utilizados para curtir pieles (Madrigal y Avalos, s.f).

### **Fruto**

El fruto de la moringa puede contener entre 12 a 25 semillas, su longitud logra tener una vaina de 20 a 40 cm, se organiza en forma de capsulas trilobuladas, dehiscentes, de forma redonda y con color castaño a oscuro, con tres alas blancas, estas vainas pueden ser cocidas o cutidas como alimento vegetal del alto contenido nutricional (Garavito, 2008)

### **Hojas**

Las hojas de la Moringa oleífera Lam contiene un alto contenido de antioxidantes, vitamina C y B, proteína, carbohidratos, grasas, fibra, fosforo, calcio y hierro, alpha caroteno, luteína, zeaxanthin, beta caroteno y clorofila, por lo que sirven para la elaboración de productos alimenticios para humanos y animales. Además sus hojas se pueden emplear en la elaboración de biogás y biomasa a partir de un adecuado sistema de poda que estimule el brotado de yemas para lograr el incremento de producción, incluso pudiéndose eliminar toda su copa por completo (Garavito, 2008).

En la siguiente tabla se puede apreciar las concentraciones de minerales y vitaminas en las hojas de la Moringa oleífera Lam:

Constituyente químico	Hojas
Calcio (%)	2.40
Fósforo (%)	0.60
Magnesio (%)	0.30
Sodio (mg/100g)	0.05
Potasio (mg/100g)	0.30
Cobre (ppm)	11.70
Hierro (ppm)	225.0
Zinc (ppm)	17.50
Manganeso (ppm)	50.20
Vitamina A ( $\mu\text{g}$ )	29.0
Vitamina B1 ( $\mu\text{g/g}$ )	247.0
Vitamina B2 ( $\mu\text{g/g}$ )	94.0
Vitamina B6 ( $\mu\text{g/g}$ )	300
Niacina ( $\mu\text{g/g}$ )	162.0
$\beta$ - Caroteno ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	6780
Vitamina C (mg)	362

*Tabla 3 Concentraciones de minerales y vitaminas en hojas de Moringa oleífera Lam*

*Fuente: De the Mira de Tree: de Lowell Flugie.*

Así mismo, en la siguiente tabla se puede observar valor nutricional de las hojas y las vainas de la Moringa oleífera Lam:

	VAINAS	HOJAS	POLVO DE MORINGA
Humedad (%)	86,9	75,0	7,5
Calorías	26,0	92,0	205,0
Proteínas (g)	2,5	16,7	27,1
Grasa (g)	0,1	1,7	2,3
Carbohidratos (g)	3,7	13,4	8,2
Fibra (g)	4,8	0,9	19,2
Minerales (g)	2,0	2,3	---
Ca (mg)	30,0	440,0	2.003,0
Mg (mg)	24,0	24,0	368,0
P (mg)	110,0	70,0	204,0
K (mg)	259,0	259,0	1.324,0
Cu (mg)	3,1	1,1	0,6
Fe (mg)	5,3	7,2	8,2
S (mg)	137,0	137,0	870,0
Ácido Oxálico (mg)	10,0	101,0	1,6%
VITAMINAS			
Vitamina A – B caroteno (mg)	0,1	6,8	16,3
Vitamina B cholina (mg)	423,0	423,0	---
Vitamina B1 – tiamina (mg)	0,05	0,21	2,6
Vitamina B2 – riboflavina (mg)	0,07	0,05	20,5
Vitamina B3 – ácido nicotínico (mg)	0,2	0,8	8,2
Vitamina C – ácido ascórbico (mg)	120	220,0	17,3
Vitamina E – acetato tocopherol (mg)	---	---	113,0
AMINOÁCIDOS			
Arginina (g/16g N)	3,6	6,0	1,33 %
Histidina	1,1	2,1	0,61 %
Listina (g/16g N)	1,5	4,3	1,32 %
Triptófano (g/16g N)	0,8	1,9	0,43 %
Fenilalanina (g/16g N)	4,3	6,4	1,19 %
Metionina (g/16g N)	1,4	2,0	0,35 %
Treonina (g/16g N)	3,9	4,9	1,19 %
Leucina (g/16g N)	6,5	9,3	1,95 %
Isoleucina (g/16g N)	4,4	6,3	0,83 %
Valina (g/16g N)	5,4	7,1	1,06 %

*Tabla 4 Valor nutricional de las hojas y las vainas de la Moringa oleífera Lam Fuente: De the Miracle Tree: De Lowell Funglie.*

La proteína que contiene la Moringa oleífera Lam es una gran fuente aminoácidos que si se compara con los patrones de referencia de la FAO que se ilustran en las anteriores tablas, permite observar que las hojas los aminoácidos tienen concentraciones mucho más altas que las mismas recomendados por FAO/WHO/UNO para la alimentación de niños de 2 a 5 años.

Por lo que si se compara la moringa con la soja se analiza que sus patrones son semejantes para cada uno de los aminoácidos (makkar y Becker, 1997).

### **Factores Antinutricionales**

Con respecto a los factores antinutricionales no se evidencia grandes alteraciones, debido las hojas de la moringa presentan un 1.4% de taninos y no posee taninos condensados por lo que este tipo de fenoles en este porcentaje no generan efectos adversos, además sus hojas presentan niveles mínimos de saponina (5%) que se comportan de forma inocua por lo que son consumidas por los humanos sin presenta efectos dañinos a la salud. En la actualidad no se han encontrado presencia de glucósidos cianogénicos ni inhibidores de tripsina, amilasa y lecitinas (makkar y Becker, 1996).

Su contenido de fitatos es de un 2,5%, pudiendo provocar disminución de biodisponibilidad de minerales, especialmente en monogástricos (Makkar y Becker, 1996).

### **Toxicidad Y Contenido Químico**

En general los compuestos presentes en el árbol de la Moringa oleífera Lam tienen una toxicidad baja, ya que sus principios tóxicos son el benzil, el ácido cianhídrico y ácido moringico. Si corteza en estado fresco contiene algunas trazas de alcaloides y beta sistosterol (Alfaro, 2008).

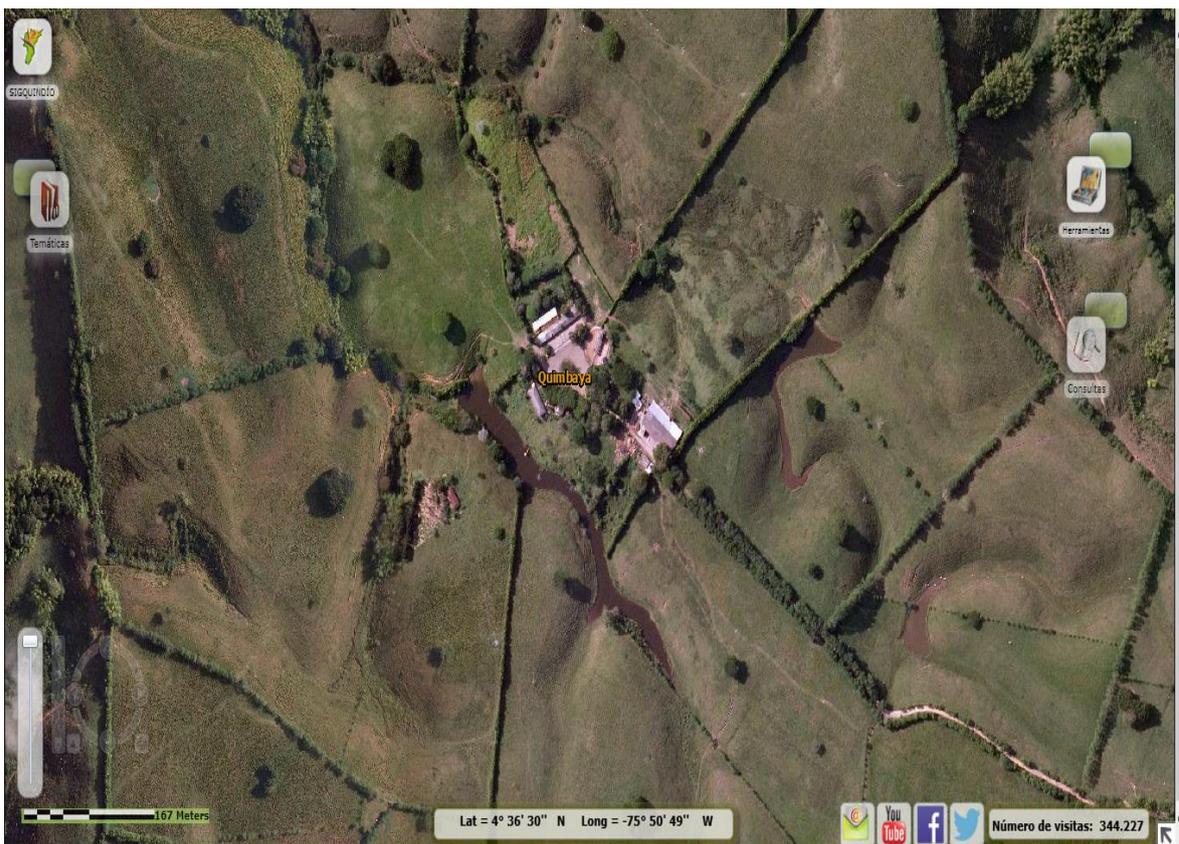
Según Alfaro (2008) las raíces contienen un principio activo de espiroquina, la cual puede tener efectos sobre el miocardio, además sus hojas en húmedas y maceradas aplicadas en la dermis pueden generar ampollas y quemaduras.

Los cotiledones que forman la semilla tienen efectos tóxicos debido a la presencia de la enzima acetilcolinesterasa, la cual presenta constituyentes antimicrobianos; pero no representa un riesgo para la salud humana por las bajas concentraciones utilizadas en nutrición, en la medicina o el tema de purificación del agua (Alfaro, 2008)

## Descripción De La Propuesta

### Generalidades

### Localización



*Ilustración 5 Ubicación de la Hacienda la cascada Fuente: SIG Quindío, CRQ 2018.*

**Ubicación Político – Administrativa.** La Hacienda “la Cascada” se ubica en la vereda Palermo del municipio de Quimbaya del Departamento del Quindío.

**Situación Geográfica.** Se determinó con la ayuda de la cartografía del IGAC y con los levantamientos realizados por la compañía Asesorías Cartográficas.

Según el mapa de suelos del Quindío del IGAC del año 1995, los alrededores de la casa

principal de la hacienda “la Cascada”, se localiza en las siguientes coordenadas:

Coordenadas Geográficas	Coordenadas Planas
Latitud 4° 36'30" N	X= 1.001.500 m N
Longitud 75° 50'49,2" W	Y = 1. 136.800 m E

*Tabla 5 Coordenadas planas de la vivienda principal. Fuente: Mapa de suelos del Quindío del IGAC.*

### **Estado Legal**

El desarrollo del proyecto agroforestal objeto de estudio, será establecido en la Hacienda la CASCADA, propiedad de la señora María Constanza Mora, de acuerdo con la matrícula inmobiliaria número 29030331, registrada en la oficina de registros de instrumentos públicos de Armenia (Quindío), con el número de escritura de 3297 de la notaria quinta del círculo de Pereira.

### **Superficie Y Límites**

#### **Superficie**

De acuerdo a la información del levantamiento de la compañía Asesorías Cartográficas, la Hacienda La Cascada, posee una extensión de 673 hectáreas con 2.590 metros cuadrados.

#### **Límites**

El predio de la Hacienda La Cascada se encuentra alindado de la siguiente manera:

**Norte:** Por las haciendas la compañía, el retiro, las Galias y la quebrada Buenavista

**Sur:** Hacienda La Tigrera y Quebrada la Tigrera

**Este:** Parque nacional de la cultura agropecuaria PANACA

**Oeste:** Rio la Vieja

### **Jurisdicción Administrativa**

La Hacienda la Cascada se encuentra localizada dentro de la jurisdicción de la CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO (CRQ).

### **Vías De Acceso**

Para llegar a la Hacienda la cascada, se toma la vía que conduce de Armenia al municipio de Quimbaya, departamento del Quindío y en el punto en donde se ubica la entrada para la Graja de Mama Lulú, se entra a mano izquierda, en donde se recorren 600 metros por una carretera pavimentada, posteriormente se hace un recorrido por una vía destapada, todo el recorrido se hace a mano derecha hasta llegar a la portada de la hacienda en un recorrido aproximado de 5,7 kilómetros y de allí hasta la casa principal la distancia es: 2,7 kilómetros.

### **Uso Actual Del Suelo**

Según el reconocimiento por los administradores, apoyados en el levantamiento que realizo la empresa Asesorías Cartográficas, el uso actual del suelo de la Hacienda “la cascada” es:

AREAS POR USO DE LA TIERRA	HECTAREAS (Has)
Potreros	559.2564

Guadual	64.0172
Bosques	42.8014
Vía principal	3.6840
Instalaciones	3.5000
TOTAL	673,2590Ha

*Tabla 6 Uso Actual del suelo. Fuente: Administración Hacienda La Cascada*

El área en pastos para ganadería representa un 83.06% del área total de la hacienda, que determina el uso principal del suelo en el predio y en el cual se sustenta la base económica de la misma. Para lograr la sostenibilidad de la ganadería y reducir el impacto sobre el recurso suelo-agua y flora, la hacienda se dividió en potreros con cerco muerto y se reforzó con cercas vivas de matarratón (*Gliricidia sepium* Jacq); planta forrajera que presta varios beneficios para el ganado y aporte de nitrógeno al suelo. El control de arvenses competitivas con los pastos se hace en un 90% con guadaña y muy ocasionalmente con herbicida.

El área en Guadua angustifolia Kunth, representa el 9,5% del área total de la hacienda y en general son bosques naturales riparios, que se ubican en las zonas de protección de afloramientos naturales del predio, entre ellas la quebrada Buenavista y Tigrera, así como el Rio la Vieja. Estos guaduales se han aprovechado desde hace 15 años, debido a que la población de guadua representativa es el biotipo Macana (*Guadua angustifolia* Kunth), muy demandada en los mercados de la región y en la actualidad en los mercados internacionales, siendo además una alternativa productiva en la finca. El 90% del área en guadua alindera al predio por el norte y por el sur, la restante área, son parches de guadua localizados en los predios internos de la hacienda.

Bosques naturales secundarios, están ubicados en las zonas de protección del Rio la Vieja y las Quebradas Tigrera y Buenavista, y en fragmentos de bosques dentro de los potreros, que se han conservado a través del tiempo para resguardar la biodiversidad de especies de flora y

fauna. Representan el 6,36% del área total de la finca y se unen con los guaduales para conformar los conectores biológicos, no solo de la hacienda sino con los vecinos, ya que al costado sur sirven de conector con la Reserva Natural del Ocaso, administrada por la universidad del Quindío, muy conocida por la presencia de monos aulladores. En los bosques de la hacienda, se han efectuado pequeñas investigaciones para conocimiento de la flora y fauna y son visitados en forma esporádica por estudiantes del SENA, Universidad del Quindío y Universidad del Tolima. Los propietarios los han conservado en el tiempo, precisamente para convertirlos en centros de investigación, recreación y para que presten los servicios y funciones ambientales inherentes a estos.

La vía principal interna del predio, se inicia en la portada, es destapada y cuenta con las obras de arte de evacuación de agua. Aproximadamente cada seis (6) meses se les hace mantenimiento; con mayor énfasis en la actualidad por el tránsito seguido de camiones de carga. La vía llega hasta la casa principal de la finca. Corresponde al 0.55% del total del área de la finca.

Así mismo, la hacienda la Cascada en la actualidad cuenta con las siguientes Instalaciones: tres (3) casas; dos (2) de caseros, una (1) del mayordomo y una bodega de almacenaje y procesamiento de yuca que era un renglón económico del pasado histórico de la finca.

## **Descripción Biofísica Del Predio**

### **Climatología**

Para determinar las características climáticas de la zona se realizaron las evaluaciones promedias mensuales interanuales de precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa de la estación Maracay, ubicada en el municipio de Quimbaya a 1.450 m.s.n.m localizada en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Norte 4° 36` y Longitud Oeste

75° 44'. Con las evaluaciones se pretenden evaluar si las características climáticas y edáficas del lugar son las requeridas por el sistema agroforestal para sustentar su mayor productividad y sostenibilidad ambiental y económica dentro del área de estudio.

Así mismo, se toma la información para el análisis de un ciclo de treinta y un (31) años para la precipitación de la zona, ya que es más representativo porque permite situar los fenómenos climáticos, así como la regularidad de ellos en el transcurso de un periodo de tiempo extenso para el comportamiento climático para la zona. La estación climatológica se ubica aproximadamente a 12,66 kilómetros de distancia con respecto a la hacienda la Cascada, de acuerdo a la posición geográfica; ahora que considerando que las estaciones completas tienen aproximadamente 80 Km, de cobertura alrededor, esta información es muy válida para analizar las condiciones climatológicas de la hacienda la Cascada en donde se pretende establecer la ejecución del proyecto agroforestal.

En el siguiente capítulo se realiza un análisis detallado de las condiciones climatológicas del área donde se encuentra establecido el sistema agroforestal objeto de estudio.

De esta manera, en el anexo 2 se muestran la información recolectada anualmente de las variables de precipitación, humedad relativa, brillo solar y temperatura con sus respectivas gráficas y análisis.

De donde se obtuvo que las condiciones climáticas de la zona en donde se encuentra ubicada la hacienda La Cascada son:

**Rango altitudinal:** 900 m.s.n.m. – 1.400 m.s.n.m. (La casa principal de la hacienda se encuentra a una altura de 1,058 m.s.n.m)

**Temperatura:** 21 °C

<b>Precipitación:</b>	2548 mm/año
<b>Humedad Relativa:</b>	75.48 %
<b>Brillo Solar:</b>	1569.3 horas /luz/año

Se puede decir con certeza que el desarrollo del sistema agroforestal compuestos por las especies de *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam en estos lugares es bueno, debido a que presenta las condiciones climáticas a las cuales se adaptan las especies, claro, sin considerar aun las condiciones edáficas.

Un factor climático que incide bastante en los sistemas productivos de la zona es el viento; pero no se encontró información para efectuar un buen análisis; sin embargo por un conocimiento preliminar de la zona, entre julio y agosto son brisas fuertes que causan daños mecánicos en los tallos de los árboles, cultivos y construcciones de la zona. En adelante, se deberá contar con esta información para determinar el diseño y el tipo de sistema a implementar para evitar daños y pérdidas económicas de lotes que puedan ser afectados por fenómenos de este tipo.

De conformidad con las características climáticas inherentes a la hacienda, ésta se encuentra dentro de la formación vegetal bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), de acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Leslie Holdridge.

### **Hidrología**

La red hidrológica de la Hacienda la Cascada está conformada por el río la vieja, la quebrada Buenavista, la quebrada la tigrera y afloramientos naturales dentro del predio. De estos últimos es de donde se toma el agua para consumo doméstico para las tres (3) casas de habitación que se encuentran en la finca.

La hacienda hace parte de la subcuenca del río La Vieja, de gran interés ambiental en la

región por ser fuente de agua potable y de brindar múltiples beneficios a las comunidades cercanas. Y en la conservación de estas fuentes hídricas, la finca juega un papel fundamental, pues es alinderada por todas.

En cuanto a la quebrada Buenavista es de donde se capta el agua para el acueducto del municipio de Quimbaya, por lo cual es una microcuenca de alta importancia regional, además de ser un ecosistema hídrico es un importante afluente del río La Vieja de gran significado para las poblaciones del Departamento del Valle del Cauca en su zona Norte. Es por ello que se consideró importante para realizar la evaluación mensual interanual, para conocer el comportamiento de esta fuente hídrica y su relación con el sistema agroforestal objeto de estudio.

Además, varios nacimientos naturales se han represado para conformar lagos artificiales que abastezcan de agua al predio durante los periodos de sequía y sirvan de bebederos al ganado. Son catorce (14) los lagos artificiales que se cuentan en la cartografía de la hacienda la Cascada.

### **Analisis De Caudales**

La información que se toma como línea base para analizar los caudales, se obtuvo de registros de la estación limnimétrica N° 594001703, ubicada en el Corregimiento de Puerto Alejandría, Quimbaya, Quindío, con coordenadas planas: latitud 1003080 m N y longitud 1136050 m E con una altura de 950 m.s.n.m. información que se presenta en el anexo 3 donde se analizó la información del caudales de la quebrada Buenavista dando como resultado una media general para el ciclo analizado (2008 al 2013) de 0.29 m<sup>3</sup>/seg, con un valor mínimo de 0.19 m<sup>3</sup>/seg y un pico máximo de 0.52 m<sup>3</sup>/seg, datos de interés necesario para la planificación de un sistema de riego en la implementación del sistema agro silvícola en la hacienda la Cascada.

Por lo que de acuerdo al análisis de caudales medios interanuales de todo el ciclo (2008 a 2013) el mes de marzo presenta los caudales más altos y agosto los más bajos, demostrando que en general los primeros 6 meses del ciclo, los niveles son estables y en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, por lo general hay un periodo de caudales bajos correspondientes a los meses de sequía, que se estabilizan en el mes de noviembre.

Al estudiar los caudales de la quebrada Buenavista se puede entender la importancia de los rodales de guadua de la hacienda la Cascada que son los bosques protectores de este recurso en la zona, esto considerando que se dice que una de las funciones de la guadua es la regulación de caudales, primero por su capacidad de almacenamiento tanto en su sistema de anclaje, en el suelo como en el culmo. Después por efecto de concentración, el agua regresa al caudal de los ríos o quebradas en épocas secas.

Actúa también como reguladora de la calidad y cantidad de aguas, objetivos esenciales para el manejo de la cuenca de la quebrada Buenavista, ya que el guadua ejerce un control sobre la sedimentación, formando paredes de muros que reducen la pérdida de los caudales de los ríos y la cubierta boscosa de los arboles actúa como barrera protectora de la corriente de agua impidiendo que se evapore.

El análisis climatológico e hidrológico realizado dentro de la hacienda es de gran interés para analizar la disponibilidad de agua presente en el suelo para el normal funcionamiento de las plantas de la *Cúrcuma longa* L y los arboles de *Moringa oleífera* Lam, las cuales son exigentes en el régimen hídrico en sus etapas de desarrollo y de adaptabilidad de la zona, permitiéndonos de esta forma, observar el balance hídrico entre las aguas disponibles (entradas) y las requeridas por el sistema agroforestal (uso consultivo) para mantener su productividad y equilibrio ecológico.

## **Geología**

De acuerdo al mapa de suelos del Quindío del IGAC la hacienda la Cascada se encuentra dentro de la geología regional TQ, que comprende depósitos no consolidados de cenizas y flujos de lodo volcánico del periodo Cuaternario, con problemas de lineamientos y fallas aproximadas internamente (IGAC, 1995).

## **Geomorfología**

La geomorfología de la hacienda está conformada por un paisaje de abanico torrencial de clima medio, húmedo, con relieve ligeramente plano a quebrado y erosión ligera (IGAC, 1995).

## **Suelos**

Según el mapa de suelos del departamento del Quindío, del IGAC, del año 1995, las características de los suelos son representativos de un paisaje piedemonte con un tipo de relieve de abanico torrencial, representativo de un clima medio húmedo y provenientes de cenizas volcánicas caracterizado, por un relieve ligeramente plano a escarpado, laderas largas, cimas redondeadas, disecciones fuertes con fenómenos de escurrimiento difuso y socavación.

Son suelos profundos, bien drenados, texturas medias, fuerte a moderadamente ácidos, fertilidad moderada a alta y erosión ligera, propios del componente taxonómico Typic Hapludands, los cuales son pertenecientes a la unidad cartográfica: Consociación Armenia.

Según las series agrologicas, los suelos de la hacienda La Cascada, se encuentran conformada por dos unidades, la unidad Chinchiná que se caracteriza por la uniformidad de sus capas y por el tamaño medio de las partículas. Esto hace que el suelo de la unidad chichina sea más resistente a la erosión y que permite ciertas prácticas con maquinaria, complementadas con obras de conservación de suelos (IGAC, 1995).

La otra unidad que se encuentra haciendo parte de los suelos es la unidad Montenegro, que presenta una topografía ondulada con partes planas o ligeramente inclinadas. La segunda y tercera capa del perfil del suelo es arenosa, sin estructura y muy permeable. Por lo que la erosión y el poco espesor de la capa orgánica hacen que las plantas no encuentren anclaje. La lixiviación es alta, así como la susceptibilidad a la erosión (IGAC, 1995).

Geomorfológicamente la finca presenta relieve ondulado y plano en la zona del valle de los ríos la vieja y la quebrada Buenavista y muy inclinado cerca de la quebrada la tigrera en donde se forman las dos (2) cascadas que hacen alusión al nombre de la hacienda.

Los suelos del área provienen de cenizas volcánicas, se caracterizan por una topografía ondulada a pendientes fuertes (IGAC, 1995).

### **Topografía**

En un 40% de la superficie del predio es ondulada, 25% ligeramente pendiente y la restante extensión presenta pendientes entre el 60% al 100%. (IGAC, 1995)

### **Fauna**

Siendo los guaduales, relictos de bosque de importancia departamental y por ser tratados como un elemento de la cultura cafetera, se han dejado las zonas protectoras de las fuentes naturales de agua superficial, que cumplen con varias funciones pero entre ellas; la de, conectores biológicos que sirven de hábitat a muchas especies de fauna. Por supuesto, las que se adaptan a compartir espacios con animales domésticos y con el hombre.

El monitoreo de la fauna, se realizó por fuera de los guaduales y por dentro de los mismos, en lagos y en los bosques naturales secundarios conectores biológicos de los guaduales, en este monitoreo se observa la importancia de la fauna que se encuentra alrededor del área de influencia en donde se pretende establecer el proyecto agroforestal, para ser tenidos en cuenta

y considerados como bio-indicadores de ecosistemas importantes.

Parte de la información fue recopilada de conversaciones con los habitantes, observaciones directas, en donde se encontraron algunas especies endémicas para Colombia como el batara o carcajadas (*Thanophilus multistriatus*) el cual se encuentra asociada a zonas de rastrojo en bordes de bosque y sotobosque en guaduales (ver anexo 4).

Los guaduales de la hacienda la cascada se relacionan directamente con la fauna del sector por ser las zonas de refugio y alimentación para las aves por el área de ocupación y ésta es muy grande por lo que los guaduales guardan conectividad con bosques naturales y otros guaduales de la zona, lo que permite el desplazamiento de fauna entre ellos. En las zonas de pastos la conectividad no se pierde, pues se continúa con las cercas vivas multiestrato y multipropósito y las manchas de los árboles para la sombra del ganado que aseguran la permanencia de la fauna.

Para el caso de los mamíferos presentes en la hacienda, Al igual que los registros de aves se hicieron con la ayuda de los trabajadores de la finca, vecinos del lugar por tal motivo para no dejarlos como simples listados se pretende hacer convenios con la universidad del Quindío para que hagan sus estudios en mamíferos en los bosques y áreas de influencia del predio la Cascada.

De acuerdo a los listados de fauna recopilados hasta el momento, las especies reportadas como guatines, nutrias, armadillos, zorro entre otros, no se encuentran dentro de los listados CITES (Convención sobre el comercio internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre).

## **Flora**

En cuanto a la composición florística, encontrada por Ospina (2002), se encontraron 22 familias, representadas en 36 especies. La relación detallada se halla en el documento de tesis

indicado.

Las especies más abundantes que reporta el estudio realizado se presentan a continuación:

**Oreopanax albanense:** Se le encuentra con la frecuencia creciendo en el interior de bosques de galería, bosques secundarios de distintas edades y en bordes de bosques y caminos.

Nombre regional. Mano de oso, tres dedos, cinco dedos, especie que sirve para postes de ceras y leña, los frutos son alimento para las aves. La presencia alta de esta especie se debe a que los guaduales de la hacienda la Cascada hacen conexión con bosques secundarios y además se desarrolla bien dentro de guaduales.

**Trichilia pálida:** Árboles medianos que se encuentran por debajo de los 1700 m, es una especie común en regiones cálidas. Nombre regional: Cedrillo y se usa como madera para leña y postes de cerca.

**Pseudolmedia rigida:** Árboles corpulentos de hasta 35 m de altura es una especie escasa, de madera dura y bastante apetecida como madera, la mayor parte de los individuos que se registran en los bosques son juveniles. Nombre regional: Caucho.

En cuanto al índice de valor de importancia analizado para las especies encontradas en los tres (3) sitios de muestreo realizados en la hacienda la Cascada (ver anexo 5), se halló que las especies *Pseudolmedia rigida*, *Cupania Americana* y *Oreopanax albánense* son las de mayor abundancia relativa, frecuencia relativa y Dominicana relativa. Básicamente lo que se ha determinado es el peso ecológico de estas especies comparadas con el peso ecológico de las demás especies. Y para el caso de los tres (3) sitios de muestreo se podría indicar que en los guaduales hay semejanza en la composición de flora asociada, sitio y dinámica. Ahora, que siempre se analizan como sobresalientes y comunes las veinte (20) primeras especies y de allí en adelante las demás se pueden considerar especies raras. Y para el caso solo se cuenta

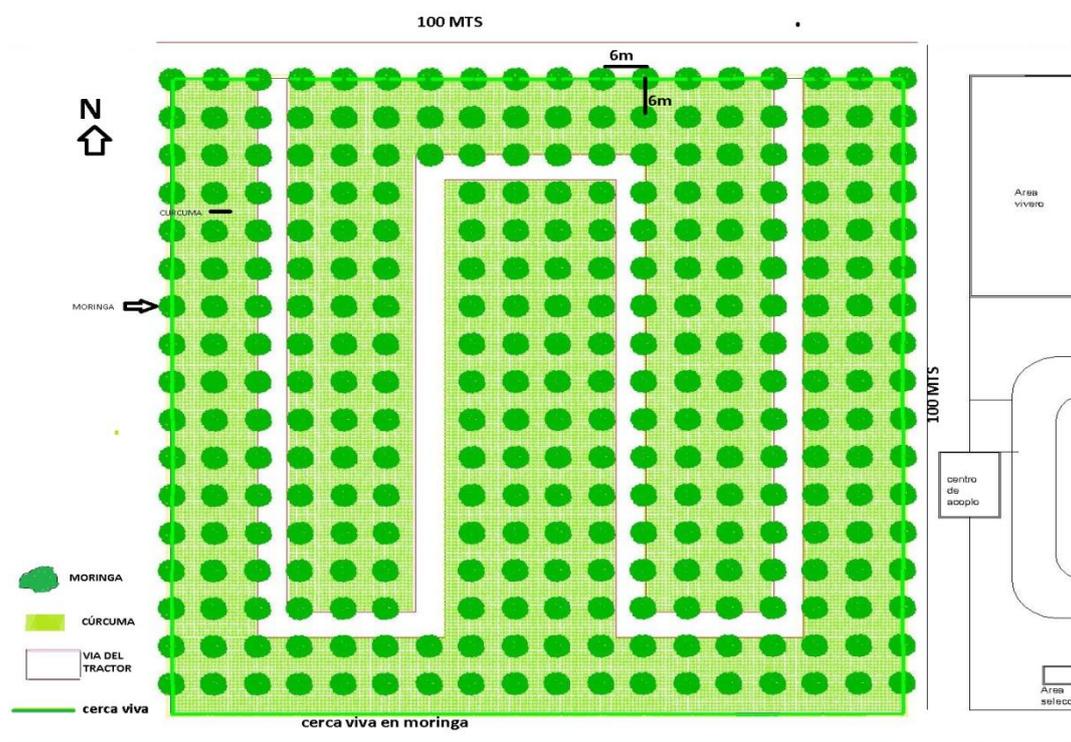
con veinte (20) especies relacionadas. Las especies de bosque asociado al gradual presentan una diversidad baja.

### Desarrollo técnico

Para realizar el diseño del sistema agrosilvícola se hizo un análisis de todas las variables evaluadas en el capítulo anterior, como: clima, suelos, agua disponible, vías de acceso y disponibilidad de personal para trabajar en la zona entre otras. De acuerdo a esta evaluación, se recomienda establecer el siguiente diseño agroforestal:

#### Diseño:

En la figura 6, se observa el diseño a escala (1:100) de cómo se vería el sistema agroforestal entre la Cúrcuma Longa y la Moringa oleífera Lam.



*Ilustración 6 Diseño agroforestal de cúrcuma longa L y Moringa oleífera Lam. Fuente:*

*Elaboración propia.*

**Tipo De Sistema Agroforestal:**

El sistema a implementar se clasifica como simultaneo, tecnología agrosilvícola, practica “árboles asociados a cultivos transitorios o semipermanentes”, que para este caso el cultivo semipermanente obedece a la Cúrcuma longa L que tiene un ciclo productivo de un año, y la especie forestal asociada es la Moringa oleífera cuyo ciclo productivo comercial es de 18 años. Así mismo, el diseño contempla para la separación de límites o perímetros de las áreas sembradas, líneas de Moringa que a su vez servirán como cerca viva a medida que van creciendo los árboles, con el objetivo de impedir el paso de personas y ganado que puedan dañar el cultivo.

**Propósito De La Implementación Del Sistema Agroforestal:**

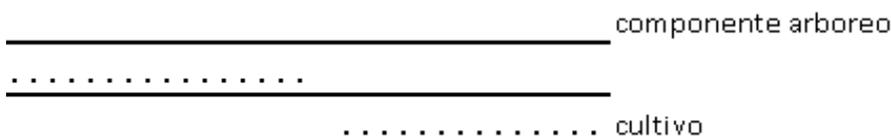
El propósito que se plantea es netamente comercial, en la producción del tubérculo de Cúrcuma longa L y las semillas de la Moringa oleífera Lam; como materia prima para el sector industrial encargado en la fabricación de productos a base de estas especies. No obstante, las líneas vivas de Moringa oleífera Lam sembradas para delimitar los predios serán objeto de prácticas silvícolas como la poda y entresacas para la producción de hojas para la producción comercial.

**Descripción Del Sistema Agroforestal:**

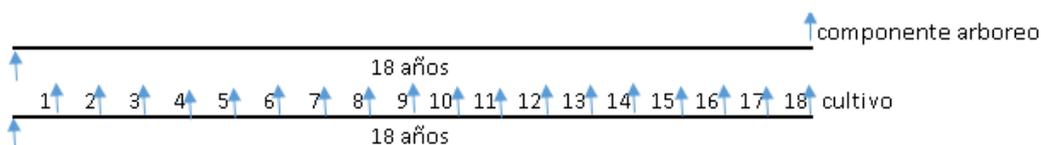
La idea de esta tecnología agroforestal es implementar un sistema con componentes vegetales biestratificado, formando el primer estrato el cultivo de la Cúrcuma longa L y el segundo por la Moringa oleífera Lam, con un arreglo temporal concomitante haciendo coincidir el inicio de la siembra del cultivo con la siembra de la plantación hasta finalizar el turno de producción de la misma, y una disposición horizontal de la Moringa de forma zonal o

en filas y calles, es decir, con un arreglo de sistema al cuadro, con el objetivo de crear buenas condiciones de espacio y luz entre árboles y plantas del cultivo, reduciendo la competencia por nutrientes y luminosidad dentro de los componentes del sistema. A continuación, se hace una representación esquemática del arreglo temporal y las entradas y salidas del sistema a implementar:

Arreglo concomitante:



Entradas y salidas del sistema



**Dirección De La Siembra:**

Tanto el cultivo de la Cúrcuma como la plantación de Moringa deben ser sembradas en la dirección este – oeste para asegurar la mayor cantidad de brillo solar (horas de luz) y el movimiento del aire suficiente dentro del sistema.

**Distancias Agronómicas Seleccionadas Para El Sistema Agroforestal:**

**Cultivo de la Cúrcuma longa L:**

De acuerdo a las investigaciones hechas se decidió establecer el cultivo de la Cúrcuma longa L a 30 cm entre plántula, 40 cm entre fila y 70 cm entre calle como se muestra en la figura 7, a doble surco, obteniendo los siguientes cálculos de densidad por hectárea:

Según Ruiz (2003), la cúrcuma puede ser también sembrada a doble surco como el plátano,

de donde se adoptó la siguiente fórmula para los cálculos de densidades por hectárea:

Número de plantas a sembrar:  $(At \times 2) \times 10.000 \text{ m}^2 / ((DH+DC) \times DP)$

De donde:

At: área total a sembrar

DH: Distancia entre hilera

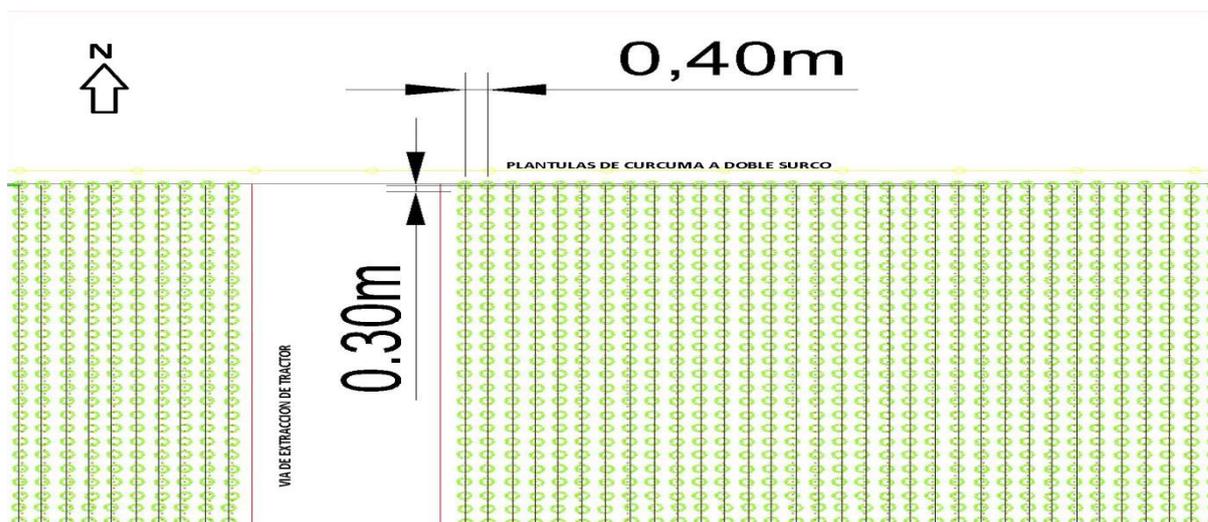
DC: Distancia entre calle

DP: Distancia entre planta

Número de plántulas =  $(8.600 \text{ m}^2 \times 2) \times 10.000 \text{ m}^2 / ((0.4 \text{ m} + 0.7 \text{ m}) \times 0.3 \text{ m})$

Número de plántulas =  $17.200 \text{ m}^2 / 0.33 \text{ m}^2 = 52,121 \text{ matas}$

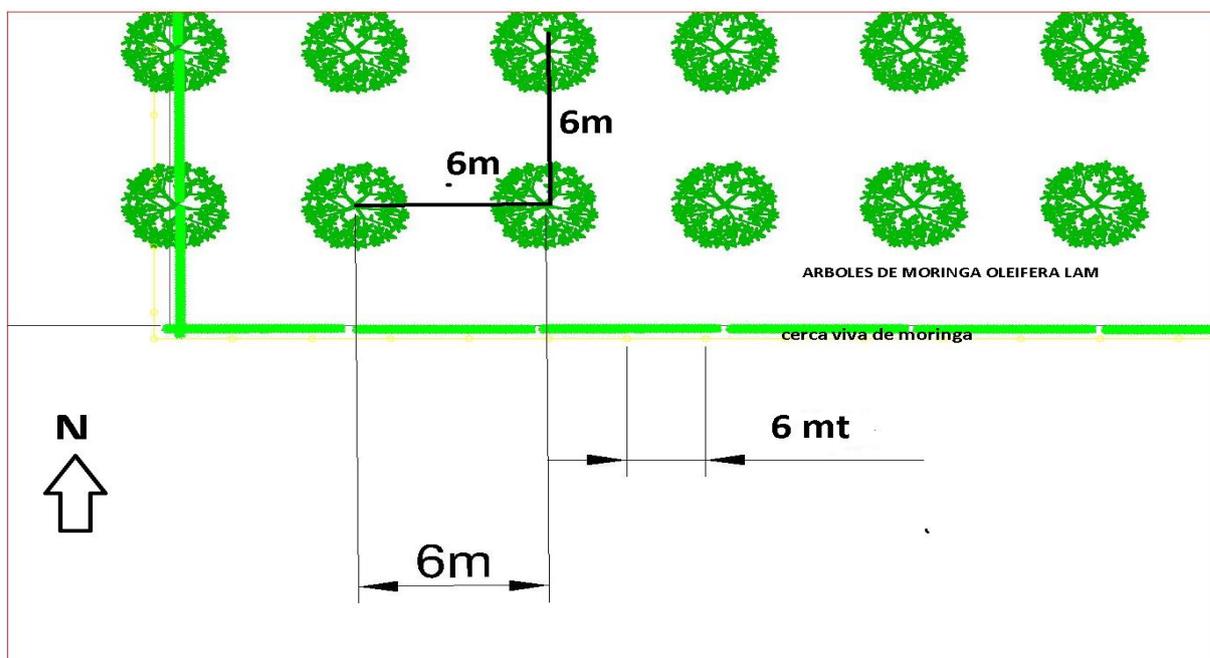
Por lo que la densidad estimada para cálculos es de 52,121 plantas, no se trabajó con el área total de una hectárea ya que descontó el área de caminos y vías de acceso para el tractor que obedece a 1.400 metros cuadrados por hectárea.



*Ilustración 7 Vista frontal del diseño del cultivo de la cúrcuma .Fuente: Elaboración propia.*

**Plantación forestal de Moringa oleífera Lam:**

Como el propósito de la plantación asociada de *Moringa oleífera* Lam en la *Cúrcuma longa* L es la producción de semillas y por las condiciones topográficas del terreno, se tomó la decisión de implementar un sistema al cuadro de 6 metros entre planta y 6 metros entre surcos, para evitar la competencia por nutrientes y luz solar; y, además una sobre exagera sombra que pueda producir exceso de agua en el ambiente y en suelo pudiendo generar enfermedades fúngicas o asfixia radicular al cultivo de la *Cúrcuma longa* L como se puede observar en la figura 8 que se muestra a continuación:



*Ilustración 8 Vista frontal del diseño de la plantación de la Moringa. Fuente: Elaboración propia.*

Para el cálculo de la densidad de siembra se utilizó la siguiente fórmula de Vásquez (2001):

$$\text{Número de árboles} = \text{AT} / \text{D1} \times \text{D2}$$

De donde:

AT: Área total

D1: distancia entre plantas

D2: distancia entre calles

$$AT = 8600 \text{ m}^2 / 6 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 8600 \text{ m}^2 / 36 \text{ m}^2 = 239 \text{ árboles} / \text{Ha}$$

La idea es tener 239 árboles de moringa en cada hectárea para la producción de semillas comerciales.

### **Líneas o cercas vivas de Moringa oleífera Lam para delimitar perímetros de las áreas sembradas:**

Como el propósito de este subsistema integrado al sistema agroforestal es el de producir hojas comerciales y a su vez servir como cerca viva para evitar el libre paso de personal y animales como el ganado a las áreas de siembra, se decidió sembrar la Moringa lo más cercano posible para que a medida que crezcan los árboles, éstos cierren sus copas formando un cerco vivo mediante la aplicación de podas y entresacas selectivas, de acuerdo a lo anterior se hace los cálculos de la densidad de siembra de árboles en el perímetro de una hectárea:

$$\text{Número de árboles por perímetro: Ha} = P / Ds$$

De donde,

P: perímetro de una Ha

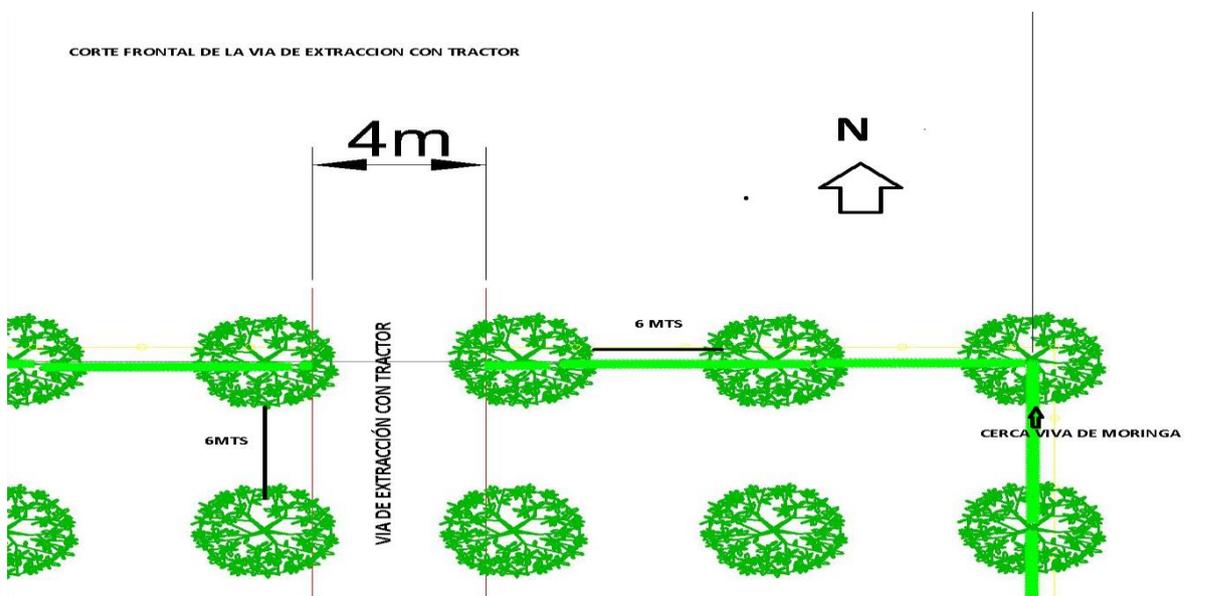
Ds: distancia de siembra entre plantas

$$\text{Número de árboles por perímetro: Ha} = 392 \text{ m} / 0,1 \text{ m} = 3,920 \text{ plantas}$$

Se requiere sembrar 3920 plantas a una distancia de 10 cm entre planta en los 392 metros lineales de perímetro (sacando 8 metros para el paso de tractores y camiones) de una hectárea.

### **Caminos O Vías De extracción:**

En este sistema agroforestal como se muestra en el plano de diseño en la figura 9, se pueden observar cinco (5) caminos o vías de extracción con un ancho de cuatro (4) metros, que ocupan un área de 1,400 metros cuadrados del total del área de la hectárea modelo, por donde transitara el tractor para realizar el cargue de la fruta al momento de la cosecha. La forma de operación se fundamenta en que cada operario recolector selle los bultos cosechados y los saquen a las vías principales en donde el operario del tractor se encargará de recolectarlos y transportarlos a la planta de procesamiento.



*Ilustración 9 Vista frontal de las vías extracción con tractor. Fuente: Elaboración propia.*

### **Función De Las Especie Arbórea Dentro Del sistema:**

La especie arbórea seleccionada para el establecimiento del presente sistema agroforestal es la Moringa oleífera Lam, la cual cumple una función principal de mejoramiento de condiciones microclimáticas y edafológicas para favorecer el desarrollo del cultivo de la Cúrcuma, puesto a que a esta especie con un adecuado manejo es óptima para sombrío en las

épocas de estiaje o veranos intensos, creando un microclima que conserve las variables de humedad relativa, temperatura y agua disponible en las capas del suelo para el cultivo, así mismo el sistema radicular en forma pivotante y profundo es adecuado para mover nutrientes desde perfiles bajos a altos en el suelo pudiendo ser absorbidos por las raíces de la cúrcuma, además el desprendimiento del hojarasca y otros residuos del árbol se pueden convertir en aporte de materia orgánica o como abono verde para el mismo cultivo.

Según Cruzado y Flores (2017) otras funciones, que también pueden ser derivadas del sistema es la producción de leña, al finalizar el turno de producción del árbol, aparte del beneficio económico por la producción de semillas y hojas (biomasa) para su comercialización, la Moringa por su morfología del árbol presta servicios ecológicos de mejora del paisaje del predio, conservación de suelos en pendientes pronunciadas, acumulación de dióxido de carbono y la regulación biológica de los ecosistemas formados por las diferentes comunidades de insectos benéficos para el desarrollo del cultivo.

### **Establecimiento**

En el establecimiento del sistema agroforestal objeto de este proyecto, se incluyen la asociación de las especies la Cúrcuma longa L como cultivo y la Moringa oleífera Lam como especie arbustiva que cumplirá las funciones de sombrío y protección de suelos, que a su vez genera un ingreso económico por la venta de sus semillas y sus hojas.

### **Cultivo de la Cúrcuma longa L:**

Para el establecimiento de la Cúrcuma longa L como cultivo, se seleccionara un área de la hacienda la Cascada que cumpla con los siguientes requerimientos:

Suelo con topografía ondula a plana con pendientes no superiores al 20%, que permitan

ser tractorados y con buena estabilidad para evitar hundimientos e incremento de problemas erosivos y lixiviación de nutrientes por la escorrentía producida por los altos aguaceros temporales que se registran en la zona, y que a su vez pueden contribuir a la contaminación hídrica de la fuentes superficiales del predio, por la adicción del desbordamiento del partículas de suelo.

Fácil acceso a fuentes hídricas, se seleccionarán áreas de parcelas cercanas a la quebrada Buena vista (unos 40 metros después de las márgenes de las quebradas) y la quebrada la Tigrrera, con el objetivo de hacer más fácil y menos costoso la implementación del sistema de riego requerido para abastecer los requerimientos hídricos del cultivo.

Calidad del agua, se realizará un análisis físico químico del recurso hídrico a las dos quebradas del predio, con el fin de detectar que fuente superficial es la más apta en cuanto a variables de contaminación que puedan afectar el desarrollo fisiológico del cultivo.

Fácil accesibilidad, se debe seleccionar un terreno que se encuentre cercano a la vía principal de la hacienda, en donde se pueda montar un centro de acopio para el cargue y descargue de camiones con insumos y la misma cosecha, evitando el aumento en los costos por el concepto de transporte.

Determinado estas variables de importancia, se procederá a iniciar el establecimiento del cultivo, el cual iniciará con la actividad de:

### **Pre germinación:**

Un mes antes de iniciar las labores de establecimiento, lo primero que se debe hacer es delimitar un área para pre germinación, el cual puede ser un cuarto oscuro (donde no haya ingreso de luz solar) con un buen sustrato de suelo con materia orgánica y la adicción de microorganismos eficientes, que ayuden a generar el brote o pullado de los rizomas, los cuales

serán transportadas al sitio de siembra en el momento determinado en el cronograma de actividades.

### **Labores Previas Al Establecimiento (Planificación Y Adecuación Del Terreno).**

#### **Limpieza general:**

Se realizara una limpieza de forma manual o con guadaña, para la eliminación de arvenses y tallos de arbustos no aptos para el establecimiento, que dificulten el paso del tractor.

#### **Trazado:**

En esta actividad se dejaran los puntos fijos de las medidas por donde quedaran los camellones y los caminos para la operatividad y manejo de la extracción de la fruta producto de la cosecha al finalizar el cultivo. Para este proceso se tirara una línea base marcada con puntos de 1,10 metros (distancia que obedece a 70 cm por cada camellón y 40 cm de espacio entre surcos), de forma horizontal por el largo del terreno (en este caso 100 metros x 100 metros que obedece a una hectárea) hasta donde se tenga proyectado el límite donde llegara el cultivo.

#### **Preparación del suelo de forma mecanizada:**

Se utilizada un tractor arrendado por horas de la misma hacienda, que se encargara de realizar el mullido de tierra y la construcción de los camellones en las dimensiones requeridas para el cultivo, logrando el acondicionamiento del suelo, y preparándolo para que reciba en buenas condiciones las plantas o semillas a sembrar in situ.

#### **Encalado:**

La cal será utilizada como correctivos de pH en el suelo, ya que los lotes provenientes

donde se ejecutara el proyecto, contiene pasturas como cobertura vegetal, lo que los convierte de características ácidas, para minimizar el riesgo se aplica una dosis de 500 kilos de cal fosforita Huila ( aporta fosforo para el desarrollo de raíces) por hectárea. Esta labor se realizara al mismo tiempo de la preparación del terreno por medio del tractor, el cual realizara la mezcla a la par que vaya moviendo el suelo. Es de vital importancia dejar reposar el suelo al sol y al agua en un periodo de 45 días para lograr la climatización del terreno y que la cal haga su trabajo de corrección de pH y desinfección del área de siembra, Es de anotar, que muchos estudios hablan que la cal tiene su operativa después del sexto mes de su aplicación, pero como la idea es seguir cosechando en el lote por varios veces, su utilidad y recuperación económica se vería reflejada en el paso del tiempo, con la recuperación de los suelos.

#### **Desinfección:**

El área de siembra donde se pretende establecer el cultivo de la *Cúrcuma longa* L, debe ser desinfectada con productos químicos (como lorbans y nematicidas), para eliminar agentes patógenos en todo su ciclo de reproducción ya sean en forma huevos, larvas u otros instar, evitando la proliferación de enfermedades que puedan dañar el normal desarrollo del cultivo, afectando su productividad.

#### **Siembra:**

Al pasar el tiempo prudente (45 días) para encalado y la desinfección del suelo se prosigue con la siembra de los tubérculos de la cúrcuma, los cuales deben ser enterrados de forma horizontal buscando que la posición de las yemas no encuentre obstáculos en búsqueda de la luz para formar nuevas plantas, teniendo cuidado de que crezcan siempre hacia arriba. Para este caso de plantación, los tubérculos serán sembrados cada 30 cm entre planta a doble surco, 40 cm entre calle y 70 cm entre surco. Terminada esta labor de enterrar el tubérculo al

suelo, se deja quieto el lote de siembra entre 60 y 90 días dependiendo las condiciones climatológicas de la zona y la cantidad de agua disponible en las capas del suelo, para el brote de las primeras plántulas.

### **Resiembra:**

Al mismo tiempo, de la siembra se debe seleccionar alrededor de un 10 al 15% de los tubérculos pullados, los cuales serán llevados y sembrados en un área de resiembra, (no importa ningún arreglo agronómico) en donde se desarrollaran al mismo tiempo de la plantación sembrada.

El objetivo de esta actividad es que, al momento de realizar la evaluación del % de germinación del cultivo se tenga material disponible con los mismos tiempos de siembra para realizar el llenado de los puntos faltantes que no sobrevivieron al trasplante en su etapa inicial, logrando con ello una homogenización del cultivo.

La otra opción que se tiene para este proyecto es la realización de un área de vivero en donde se produzca material vegetal de *Cúrcuma longa* L, que cumpla con todas las criterios técnicos para hacer resiembra e incluso para la misma venta de plántulas a terceros, permitiendo con ello mantener una producción continua de forma rotacional y minimizando la pérdida en tiempos de producción y desarrollo de los cultivos.

### **Aplicación De gallinaza:**

Después de que ha transcurrido los 60 o 90 días de la siembra, y que se ha realizado la resiembra se realiza una aplicación de 200 gramos de gallinaza que sea compostada de una empresa certificada, (por ejemplo aboniza) para evitar el ingreso de patógenos o enfermedades al cultivo provenientes del gallinaza. Si no se quiere aplicar gallinaza, es recomendable de aplicar 100 gramos biocane, el cual es una buena fuente de nutrientes para

la etapa inicial del cultivo. Su aplicación se hace de forma manual en media luna retirada de la raíz de la plántula, para evitar quemadura en la misma.

#### **Aplicación de micorriza:**

Después de los 60 a 90 días que se ha formado la plántula de cúrcuma, al mismo tiempo que se va aplicado la gallinaza, se procede aplicar 30 gramos de micorriza cerca de la raíz de cada plántula, debe tenerse cuidado de que la micorriza no que quede expuesta a los ralloles solares el cual la inactiva perdiendo su efecto, cuyo objetivo es propiciar y fortalecer un buen sistema radicular, que permita una mayor absorción de nutrientes.

#### **Manejo Del Cultivo**

El ciclo productivo de la *Cúrcuma longa* L para el caso del departamento del Quindío, es de once (11) meses, incluidos los meses de germinación (de 2 a 3) hasta obtener una plántula con una altura aproximada de 20 cm de alto, de aquí en adelante se inicia el manejo agronómico del cultivo el cual obedece a las siguientes actividades:

#### **Limpieza o manejo de malezas:**

La limpieza del cultivo es fundamental para evitar la competencia por nutrientes y luz solar entre las plántulas de *Cúrcuma* y especies invasoras o arvenses. Ésta se puede realizar de forma manual por intermedio de las plántulas y con guadaña por el interior de las calles del cultivo, teniendo cuidado de no dañar ni cortar las plantas, evitando que se creen nichos para la proliferación de enfermedades o patógenos que puedan causar daños económicos. De esta manera, se recomienda hacer cuatro limpiezas en todo el ciclo del cultivo de la siguiente manera:

**Primer limpia:** A los tres meses del establecimiento cuando las plántulas han alcanzado una altura de 20 cm aproximadamente, coincidiendo con la aplicación de la gallinaza y la micorriza.

**Segunda limpia:** Al quinto mes después del establecimiento del cultivo

**Tercera limpia:** Entre el séptimo y octavo mes después del establecimiento (todo depende del nivel de crecimiento de las arvenses, ya que en época húmeda crecen más rápido que en verano).

**La cuarta limpia:** es más un tipo de soca o eliminación de las especies invasoras de mayor tamaño en el mes 10, ya que el cultivo está en la etapa de llenado del rizoma en su fase final del cultivo, por lo que la humedad y el micro clima formado por las diferentes coberturas existentes le ayuda a terminar su proceso de maduración y llenado de la fruta.

#### **Fertilización:**

Se debe efectuar previamente un análisis de suelos que determine la fertilidad del mismo, para de esta manera establecer un plan de fertilización, el cual debe suplir los requerimientos nutricionales en los primeros 8 meses, tiempo hasta donde la planta puede traslocar nutrientes para sus procesos fisiológicos, ya que después de este mes, la planta entra en un proceso de llenado, engrosado y maduración del rizoma, por lo que no es económico invertirle más fertilizantes que no serán absorbidos por la planta. A continuación se muestra el plan a seguir para el caso de la hacienda la Cascada, según análisis de suelo.

												1	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Pre	Rebrote	Micorriza Gallinaza +	Fertilización		(10-30-10 +	Fertilización	Drains Ca, B,	Drains K+	Drains K+			Cosecha	Post Cosecha

Tabla 7 Plan de fertilización recomendado para el cultivo de la *Cúrcuma longa* L. Fuente:

*Elaboración propia.*

De acuerdo a la tabla 7, se proyecta realizar dos fertilizaciones con abono granulado aplicando 30 gramos por planta en el mes tres (3) después del establecimiento con DAP , como fuente fosforo para la generación de un buen sistema radicular, y luego al quinto (5) mes se debe realizar una fertilización con abono producción para este caso se decidió colocar un 10-30-10, ya que la planta requiere estar bien nutrida y vigorosa para iniciar el proceso de formación de tubérculos, para el mes dos (2) se hace un primer abonado con gallinaza y micorriza, a manera de iniciar el procesos de formación de tejidos y desarrollo de la planta, para los meses seis (6), siete (7) y ocho (8) se recomienda seguir fertilizando en forma de Drains (liquido en la base de la raíz) con productos ricos en potasio y menores, con el propósito de iniciar el llenado y engrosado del tubérculo, en los meses restantes en cultivo entra en un proceso de quietud cuyo propósito es permitirle su llenado y maduración final para su cosecha.

#### **Aporque:**

Después de la siembra, cuando se han hecho las prácticas culturales y de manejo del cultivo, la interacción con los fenómenos hidro-climatológicos, como los fuertes aguaceros,

la acción del viento o la escorrentía superficial y los diferentes cambios de temperatura, el caballón se va desboronando y perdiendo su forma y compactado, por lo que el cultivo requiere estar en suelos sueltos todo su ciclo de producción y con buena área para el desarrollo de sus tubérculos, se recomienda hacer un aporque entre el cuarto (4) y quinto (5) mes, el cual consiste en acercarle la tierra a la base del tallo de la planta por medio de una azadoneta hasta lograr la forma original del caballón; al momento de la siembra.

### **Control fitosanitario:**

Este control en el cultivo de la Cúrcuma consiste, en retirar tallos y hojas secas de las plantas que hayan culminado su ciclo, para evitar la aparición de enfermedades fúngicas, bacterianas y control de insectos hospederos que puedan causar algún daño económico al cultivo.

Para la especie *Cúrcuma longa* L, se han evidenciado las siguientes enfermedades que se describen a continuación con su respectivo control:

**Bacteriosis: *Dickeya chrysanthemi*:** Es una pudrición acuosa del seudotallo y se reflejan una quemazón en los bordes de las hojas de color amarillento en su etapa inicial tornando a un color rojizo castaño. Su manejo se logra con la desinfectando la semilla y herramientas de trabajo con bactericidas como el yodo o hipoclorito de sodio al 20% de concentración. Otras medidas de control se dan con la eliminación de plantas y hojas secas muy afectadas, realizar manejo de arvenses ayuda a eliminar la humedad excesiva en el cultivo, logrando con ello disminución de enfermedad. Por otro lado se deben implementar estrategias dentro del cultivo como una adecuada fertilización especialmente con potasio y boro, construcción de drenajes, eliminación y destrucción del material vegetal infectado ayuda reducir la presencia de inocuo.

**Nematodos:** Son organismos de tamaño microscópicos que atacan las raíces provocando mala calidad de éstos, generando síntomas secundarios en la parte aérea de la planta como clorosis y disminución y tamaño de hojas. Su manejo se puede realizar mediante un análisis de suelos para determinar sus poblaciones, sembrar material vegetal sano certificado, evitar sembrar el cultivo cerca a otros cultivos que también son afectados por la plaga como el plátano y café. En el control cultural se debe hacer plateo amplio, eliminar residuos de cosecha mediante repique, desinfectar muy bien las herramientas de trabajo y hacer control biológico con entomopatógenos como hongos (*Paecilomyces lilacinus*), *Fusarium* sp, *Metarhizium*, *Gliocladium*, *Paecilomyces* o *Lecanicillium lecani*, interacciones con micorriza y en casos extremos control químicos con nematicidas comerciales bajo la recomendación de un ingeniero agrónomo.

### **Riego**

El cultivo de la Cúrcuma es exigente en tener un medio húmedo, con suelos francos, sueltos bien drenados que no presenten problemas de encharcamientos que puedan generar asfixiar radicular en la planta, por lo que en este ítem se presenta los cálculos de las variables necesarias a contemplar para diseñar un sistema de riego que sea eficiente tanto en aspectos técnicos como económicos para un óptimo desarrollo del cultivo:

Para poder establecer los requerimientos hídricos del cultivo se realizó en siguiente balance hídrico, en donde se muestra la cantidad de agua necesaria por el cultivo en sus etapas de desarrollo:

### BALANCE HIDRICO PARA UNA PRADERA DECADAL.

SUELO: Textura FRANCA  
 Profundidad 40cm  
 Capacidad de Almacenamiento 120mm

Estacion	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
ETP	36,6	36,6	36,6	30	30	30	36,6	36,6	36,6	30	30	30	30	30	30	30	30	30
K	0,3	0,32	0,38	0,53	0,77	0,98	1,12	1,15	1,19	1,18	1,16	1,16	1,17	1,16	1,17	1,17	1,17	1,16
UC	10,98	11,71	13,91	15,9	23,1	29,4	40,99	42,09	43,55	35,4	34,8	34,8	35,1	34,8	35,1	35,1	35,1	34,8
P	53,7	53,7	53,7	54	54	54	76,9	76,9	76,9	123,3	123,3	123,3	83,6	83,6	83,6	53	53	53

Tabla 8 Balance hídrico para una parcela década de *Cúrcuma longa* L. Fuente:

Elaboración propia.

A continuación, se presenta la siguiente grafica que nos permite observar el consumo de agua del cultivo vs la precipitación de la zona.



Grafica 1. Balance hídrico para una pradera decadal de *Cúrcuma longa* L. Fuente:

elaboración propia.

La grafica 1, nos indica un periodo de tiempo de 180 días, y muestra el comportamiento que tiene la precipitación, (serie s2) frente al uso consultivo del agua en el cultivo de Cúrcuma, (serie s1) en las condiciones descritas en la tabla anterior.

Es importante anotar que si bien la gráfica nos muestra una provisión de agua suficiente para suplir las necesidades hídricas del cultivo, la falta de humedad en el suelo producto de fluctuaciones extremas del clima pueden ser muy perjudiciales para el cultivo y puede tener gran repercusión en el rendimiento del cultivo.

La posibilidad de riego en un proyecto productivo le da la posibilidad de cumplir las proyecciones de siembras, baja mortalidad, calidad del producto. Sin mencionar el cambio climático que nos obliga a evolucionar en todas y cada una de las unidades productivas.

### **Cálculos De Los Parámetros Hídricos Del Suelo**

#### **Calculo del contenido de agua a capacidad de campo (cc).**

Para calcular el agua en peso (HP%) a un suelo en capacidad de campo se divide el peso de agua sobre el peso de suelo seco.

El porcentaje de agua a CC en peso para el horizonte A es:

HP: Humedad en peso.

$HP\%cc = (\text{peso fresco a cc} - \text{peso suelo seco}) / (\text{peso suelo seco}) * 100.$

$HP\% CC (\text{Hor. A}) = (1000 - 644) / (644) * 100 = 55\%.$

#### **Punto de marchitez permanente (pmp) en peso.**

Esta variable representa la cantidad de agua que tiene un suelo cuando el cultivo ha extraído toda su agua utilizable, quedando un porcentaje de agua en suelo fuertemente retenido que no puede ser usado por el cultivo.

Calculo de contenido de agua a punto de marchitez permanente (PMP).

Este valor se calcula con la ecuación. (Silva, 1988).

$$\text{HP\% PMP} = \text{HP\% CC} * 0,74 - 5$$

$$\text{HP\% PMP (hor. A)} = 55 * 0,74 - 5 = 35\%$$

### **Capacidad de campo y punto de marchitez permanente en volumen**

La humedad en peso calculado anteriormente, al ser multiplicada por la densidad aparente, nos da como resultado la humedad en volumen.

El porcentaje de humedad en volumen es igual a la cantidad de mm de agua por cada 10 cm de profundidad en el suelo así:

$$\text{HV\%} = \text{HP\%} * \text{DAp} = \text{mm} / 10 \text{ cm}$$

$$\text{HV\% CC (Horizonte A)} = 55 * 1,48 = 81\% = 81 \text{ mm} / 10 \text{ cm}$$

$$\text{HV\% PMP (Horizonte A)} = 35 * 1,48 = 51\% = 51 \text{ mm} / 10 \text{ cm}$$

### **Agua disponible (ad)**

Es el agua total que puede ser extraído por un cultivo del suelo, por lo que se calcula como la resta entre el contenido de agua CC y el contenido de agua PMP.

$$\text{AD} = \text{HV\%CC} - \text{HV\% PMP}$$

$$\text{AD (Horizonte A)} = 81\% - 51\% = 30\% = 30 \text{ mm} / \text{por cada } 10 \text{ cm de suelo.}$$

Por lo tanto, el cultivo puede extraer 30 mm de agua por cada 10 cm de profundidad del horizonte A.

$$\text{AD (horizonte A)} = 30 \text{ mm} / 10 \text{ cm} * 40 = 120 \text{ mm en los } 40 \text{ cm del perfil del suelo.}$$

### **Lamina neta (ln) o agua fácilmente disponible (afd)**

Es el contenido de agua cuando el suelo está a umbral de riego (UR) o también llamado abatimiento máximo permisible (“P”) en donde el cultivo puede extraer agua sin restricción alguna. Por lo que el agua disponible calculada es la cantidad de agua que puede extraer el cultivo de este suelo.

En el manual N° 56 de la FAO se tienen los valores de “P” que pueden ser utilizados para varios cultivos.

De esta manera, el valor “P” para fines de este estudio es de 0,5, que corresponde a la fracción decimal de la pérdida del 50% del agua fácilmente disponible (AFD)

$$\text{AFD} = 0,5 * 120\text{mm} = 60\text{mm}$$

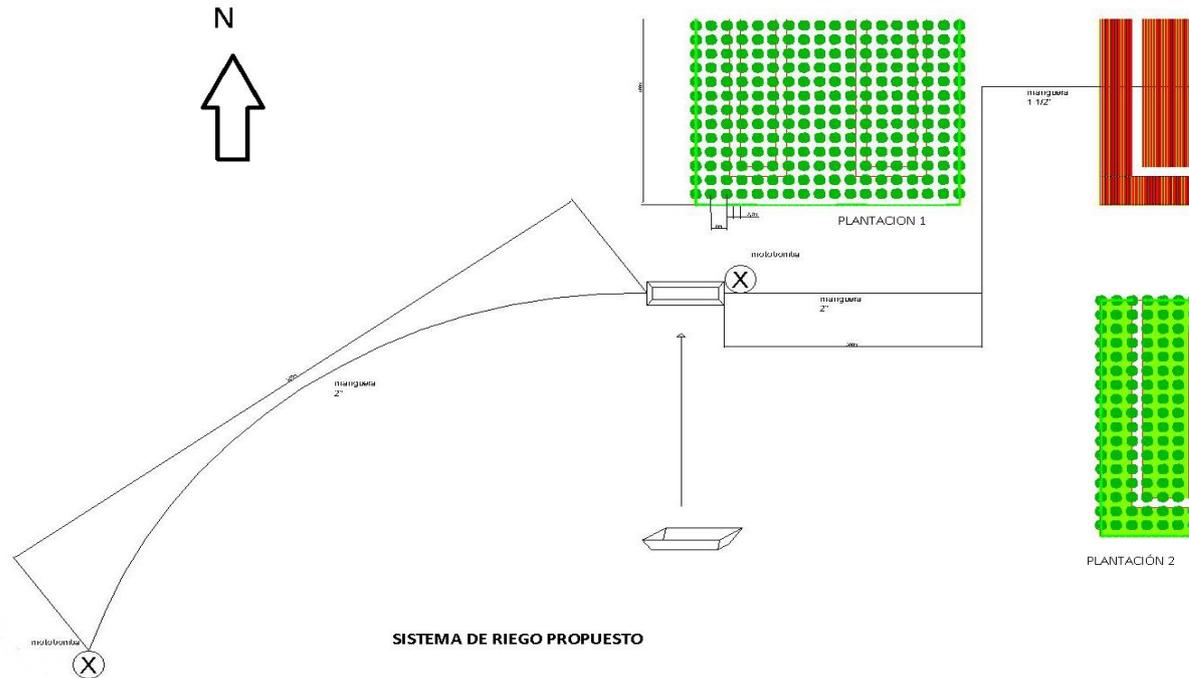
$$\text{AFD} = 60\text{mm}$$

### **Interpretación:**

El cultivo de la cúrcuma larga podrá extraer hasta 60 mm de agua quedando en estado de confort hídrico, de ahí en adelante podrá seguir extrayendo pero pudiendo crear alteraciones en su producción.

Por lo que, establecer un riego de forma correcta se basa en dejar que el cultivo consuma 60mm de agua, y en este momento reponer una Lámina Neta de los mismos 60 mm, convirtiéndose en un ciclo cada vez que el cultivo consuma la LN.

Con los datos arrojados por el balance hídrico para el cultivo de la Cúrcuma, se plantea un riego a través de manguera cinta con goteros a 15 cm instalada paralela al surco de siembre, instalando dos cintas por caballón. A continuación se muestra la figura 10, en el cual se puede observar detenidamente el sistema de riego que se propone para la hacienda la Cascada con sus respectivos componentes:



*Ilustración 10 Sistema de riego propuesto con sus respectivos componentes. Fuente: Elaboración propia.*

## Componentes Del Sistema De Riego

### Captación y almacenamiento

El agua será captada desde la Quebrada Buenavista a seiscientos (600) metros de la casa de la entrada de la portada principal del predio; y el agua será bombeada hasta un reservorio que se encuentra a 100 m de diferencia de altura con respecto al punto de la captación, desde donde se alimentarán las líneas de riego, para cada hectárea sembrada. La idea del reservorio es tener agua disponible en los periodos de escasas por veranos intensos que pueden presentar en la zona de acuerdo al estudio hidro-climatológico realizado.

### Captación:

Comprende la adecuación de un sitio de bombeo paralelo al cauce de agua, desde donde se

instala una motobomba, junto al cauce de la quebrada Buenavista.

### **Almacenamiento.**

Se plantea la construcción de un almacenamiento de agua, realizando una excavación en el suelo, recubierta con geo-textil y plástico negro, para impermeabilizar la excavación, el cual posee dimensiones de 9 metros de ancho x 3 metros de alto y un largo promedio de 27 metros en forma trapezoidal, para una capacidad de aproximadamente los 220 m<sup>3</sup>.

### **Cabezal de riego.**

Comprende la motobomba que presuriza el riego, el sistema de filtrado e inyección de fertilizante, a las líneas de riego.

### **Módulos de riego.**

Se estima módulos de riego que cubren un área aproximada 1 hectárea, estimando 8 llaves por hectárea.

### **Diseño hidráulico.**

De acuerdo a características intrínsecas de la finca el diseño del riego tiene las siguientes características.

### **Cabezal de riego:**

Motobomba de 10 hp 2x2 altura máxima 24 mt, con 130 gpm.

Filtro de anillos de 3" e inyección de fertilizante

La conducción de agua se hará a través de manguera de polietileno de 2", los laterales en manguera de 1.1/2" y las líneas de riego: manguera cinta con goteros cada 15 cm,

descargando 0,8 L/gotero. Es decir 5,3 litros por metro lineal.

Se estima 18.000 m de manguera cinta por hectárea, con una descarga de 96,000 litros /hora. Cada hectárea se sub divide en 8 registros de riego buscando que el diseño hidráulico tenga menores pérdidas y tenga una descarga muy homogénea.

De acuerdo a las características del equipo de bombeo antes mencionado, este tiene la capacidad de regar 0,25 ha al tiempo, (en una hora) una hectárea en 4 horas, descargando 96.000 litros en 4 horas, que equivalen a 9.6 mm, por metro cuadrado, o 1,6 litros por planta.

### **Tiempo de riego**

La frecuencia de riego es condicionada por los factores agro-climatológicos de la zona de estudio, prácticas de cultivo, entre otras, es por esto que el presente sistema de riego nos puede suplir hasta 9 mm por metro cuadrado, con un riego de una hora o 1,6 litros de agua por planta /hora.

Para el cálculo de la estimación económica del costo de la instalación e infraestructura para el establecimiento del sistema de riego requerido para el sistema agroforestal en la hacienda la Cascada se puede apreciar el anexo 6.

### **Cosecha**

La cosecha de la *Cúrcuma longa* L se hace en el mes once (11) cuando el cultivo ha terminado su ciclo de maduración, en donde los rizomas han alcanzado su mayor valor en longitud y grosor, y la mayoría de las hojas se han secado y desaparecido del lote de siembra. Se debe tener cuidado con el tiempo óptimo de recolección de la cosecha, ya que de no hacerlo la planta reinicia su proceso fisiológico brotando nuevas pullas o yemas que darán nuevas plantas.

Esta labor se puede hacer de forma manual con un palín si el suelo se encuentra muy compactado, pero al hacerse una buena preparación del suelo y un buen aporque la extracción de los rizomas se hace fácil, pudiéndose halar la mata y saliendo adheridos a ella el rizoma, además se debe revisar el punto cosechado para evitar dejar rizomas en el suelo que bajen la productividad del cultivo. Los rizomas extraídos se deben sacudir retirando la tierra y seleccionando dedos y rizoma madre de forma separada, los cuales serán empacados en empaques de fibra (paperos) de 50 kilos cada uno.

Según revisiones en campo se observó que una planta de cúrcuma sembrada en la hacienda la Cascada produce 500 gramos de rizomas secundarios y un tubérculo madre o primario de 100 gramos en promedio cada uno.

### **Post Cosecha**

Después de que se ha cosechado y empacados los rizomas, estos son transportados a la zona o planta de transformación la cual cuenta con los criterios establecidos en la resolución 2476 de 2013 que plantea las especificaciones de manipulación de alimentos y su registro sanitario INVIMA, que para este caso son necesarias en la transformación de la cúrcuma en harina en sus actividades como producto de fabricación, procesamiento, preparación, empaque, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos.

En el proceso de la planta de transformación de harina de cúrcuma se realizan las siguientes actividades:

### **Selección:**

Los rizomas que han llegado empacados en bultos de 50 kg, son extendidos en el área de selección y lavado, en donde se retiran residuos de tierra, palos o hojas secas, rizomas podridos, además aquellas rizomas que a un están formando manos, son desbaratados

dejándolos solo en dedos.

**Lavado:**

Toda la producción que ha sido seleccionada, debe ser lavada con agua a presión con una hidrolavadora con mucho cuidado de no colocar muy cerca la presión del agua a los dedos o rizomas; ya que pueden ser dañados. El propósito en este proceso, es retirar las partículas de suelo que han quedado adheridas al tubérculo permitiendo dejarlo totalmente limpio para el siguiente proceso de escaldado.

**Escaldado:**

Al tener la producción lavada, se inicia con el proceso de escaldado que consiste en llevar los rizomas en un costal de fibra a unas hoyas a altas temperaturas o en lo posible a alta presión, con el objetivo de abrir los poros que conforman los tejidos del rizoma, para que la curcumina que está en el interior del núcleo del rizoma se expanda uniformemente por todos los tejidos logrando reducir el tiempo de secado. La cúrcuma se deja hervir al menos de 30 a 45 minutos para estar en su punto, la cual debe ser retirada de forma rápida para que no tome una consistencia blanda y cauchuda, dañando las propiedades químicas del tubérculo.

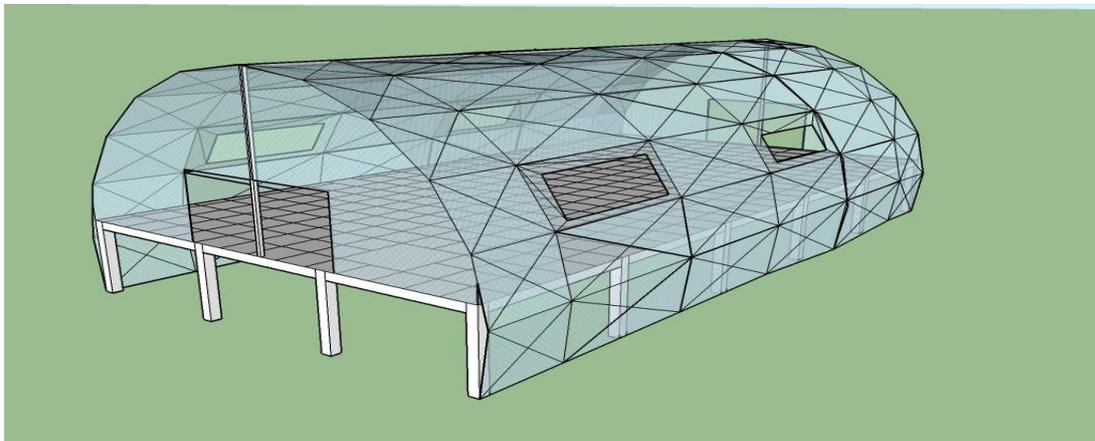
**Reposado:**

Después de que la cúrcuma ha sido escaldada, sale a altas temperaturas la cual se descarga en el área de reposo en donde se deja enfriar para iniciar el proceso de pre-secado.

**Pre- secado:**

Los rizomas o dedos de la cúrcuma lavada y que ya se encuentran listos sin impurezas son llevados a unos deshidratadores solares con forma parabólica como se muestra en la figura 11,

en donde se deja secar alrededor de ocho (8) días dentro de este prototipo de deshidratador solar, cuya función es secar un 20 o 30% del agua contenida en la cúrcuma; para que de esta manera se bajen los tiempos de la curva de secado de la misma en el horno deshidratador.



*Ilustración 11 Diseño de deshidratador solar para la cúrcuma. Fuente: Elaboración propia.*

### **Secado: (capacidad del secador 1 tonelada cada 24 horas)**

Este punto es quizás, uno de los más importantes en proceso productivo de la Cúrcuma, por sus exigencias en el mercado, en donde el rizoma debe estar deshidratado en un 90%, para evitar la proliferación de hongos y daños en la materia prima al momento de ser comercializada.

La Cúrcuma al pasar por el proceso de pre-secado, pasa al proceso de secado o deshidratación final, para el desarrollo de este proyecto se pretende secar todo el tubérculo entero sin hacerle ningún otro proceso ( como cortarlo en tajaditas), ya que por experiencia en campo se ha observado que la cúrcuma pierde propiedades organolépticas (un color más oscuro y contaminación del producto) y se requiere mayor cantidad de área y mano de obra para su secado, por lo que este proyecto siembra las bases de un modelo de deshidratación del tubérculo guardando su forma original.

A continuación se explica, la forma de cómo se va a construir el prototipo de

deshidratador solar:

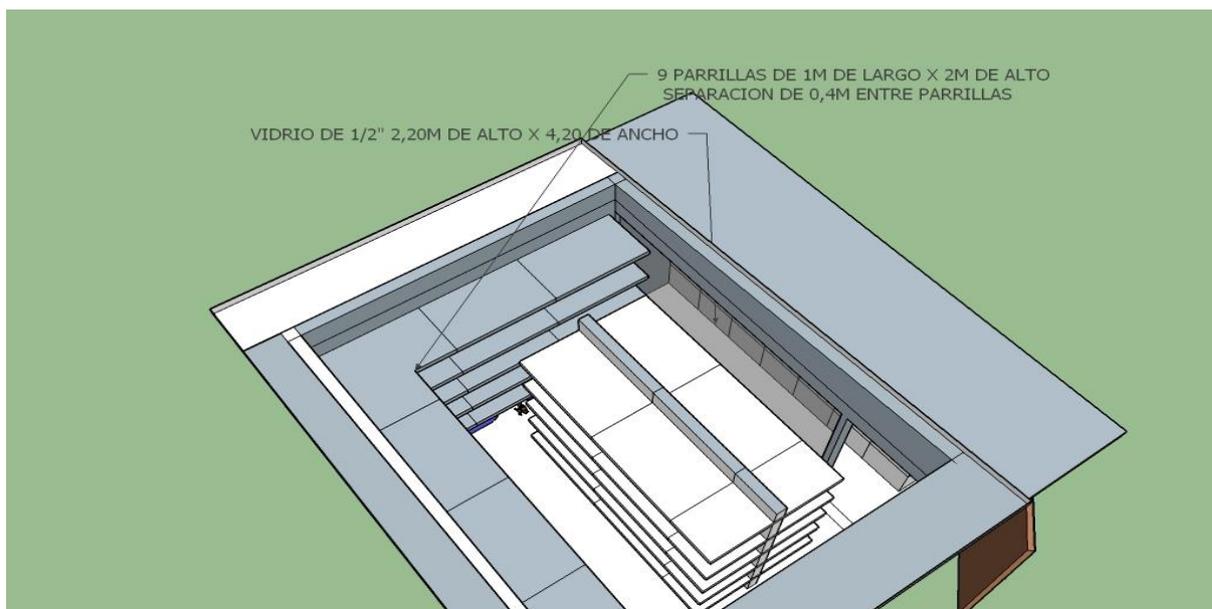
Para la deshidratación de la cúrcuma, en la finca seleccionada para el establecimiento de los cultivos, se debe dejar un área de secado, que constara de una zona de descargue de la Cúrcuma proveniente del campo, un área de lavado de tierra e impurezas, y una área para el pre- secado expuesta al sol, para luego ingresar al deshidratador solar automatizado, que controlara las variables de temperatura y humedad para lograr un óptimo deshidratado del tubérculo. Para la construcción del deshidratador solar se seguirá los siguientes pasos:

**Paso 1. Diseño y Planos Del Proyecto:** Se realiza los diseños y planos con la ayuda del personal técnico.

**Pasó 2. Inicio de labores de construcción de estructura:** se construye cámara de secado la cual está compuesta por una habitación de dimensiones de un ancho de 3.30 metros o por un alto de 2.20 metros y 4.20 metros de largo, en donde se instalaran 60 bandejas de 80 cm x 80 cm para una capacidad de 1 tonelada de cúrcuma deshidratada en 24 horas. Esta estructura está hecha de cuarterones y tablas cubierta totalmente, de donde de estas superficies en tabla se sobrepondrán láminas de icopor de las dimensiones de la cámara para formar un aislamiento térmico, luego será recubierto internamente y externamente cinco caras el cubo con lámina galvanizada lisa y se rellenaran los orificios o escapes de aire con silicona líquida para techos.

**Pasó 3. Cubrimiento y Aislamiento Del Secador Solar:** Teniendo ya realizada el primer cuarto en la cara 6 del cubo se instalara un vidrio de media pulgada con dimensiones de 2,20 metros de alto por 4,20 de largo esto es con el fin de realizar un pantalla protectora en donde se condensara el agua deshidratada de la fruta la cual puede ser almacenada en tarros sellados herméticamente para otros usos, y se prosigue con la construcción de la bodega dos en el

mismo horno, esta cámara 2 es una prolongación de 1mt ancho por 2,20 de alto y 4,20 de largo en donde estará ubicada la puerta de ingreso al horno y además se almacenara la fruta deshidratada para ser climatizada y empacada para la venta final, la figura 12 permite ver más detalladamente el diseño propuesto del horno deshidratador para la Cúrcuma y la Moringa.

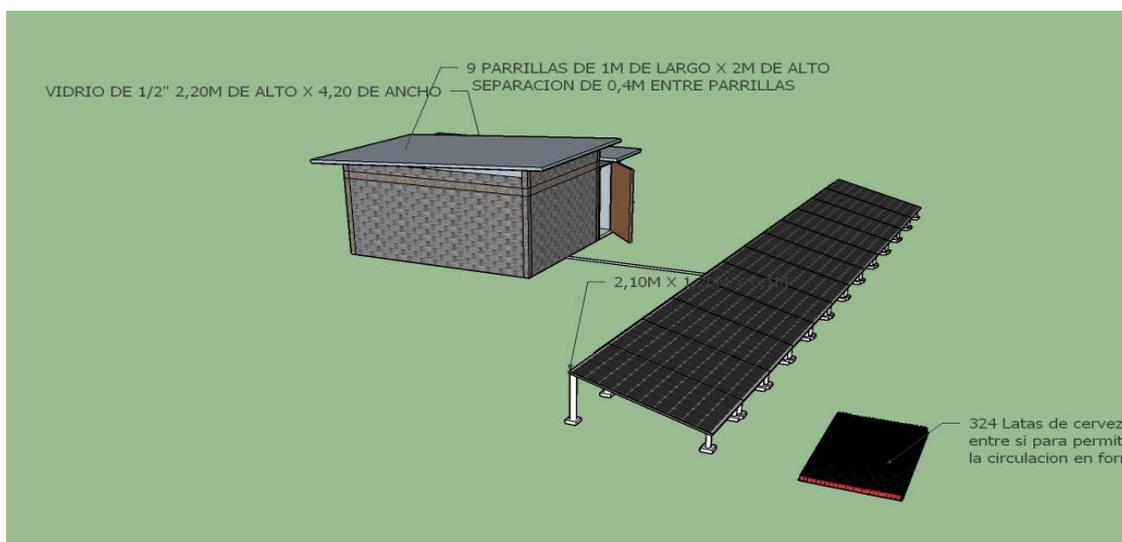


*Ilustración 12 Horno Deshidratador para Cúrcuma y Moringa. Fuente: Elaboración propia.*

**Pasó 4. Construcción de Panel Solares:** De acuerdo a los cálculos realizados para llenar el volumen de aire caliente de la cámara de secado se requiere desarrollar 12 paneles solares de dimensiones que contienen un ancho de 1,20 metros y un largo de 2,10 metros. La estructura del panel solar será hecha en listones o cuarterones de las dimensiones dichas anteriormente, encima de este armazón se pondrá una lata de zinc corrugada y se pintara de negro, luego se unirán las 324 latas de cerveza perforadas entre sí para permitir la circulación en forma de espiral en el panel, estas líneas de 18 latas de cerveza unidas se pondrán encima de la abertura cóncava de la lata de zinc corrugada hasta llenar toda la hoja de zinc. (Es importante tener en cuenta que en una lata de zinc caben 18 líneas de 18 latas cada una).

Después de tener instaladas y suspendidas las latas de cerveza y pintadas de negro en su totalidad, toda esta superficie será recubierta por un acrílico de 1,20 metros de ancho por 2,10 de largo cuya función es permitir dejar pasar el calor mas no los rayos solares, con el fin de que aumente mayormente la temperatura en la cámara de secado.

Se instala en PVC y un extractor de cada panel solar, en cada una de las 18 líneas de latas se pegará un tubo de PVC que conducirá el calor de cada panel a una tubería PVC principal más grande, en donde se instalará el extractor que soplará con fuerza el aire caliente conduciéndolo a cada pipa de almacenamiento dentro de la cámara de secado y de cada pipa se repartirá para cada grupo de parrillas de acuerdo al diseño del horno, se instalaran 9 parrillas de 1 metro de largo por 2 metros de alto dejando 40 cm de calle entre un módulo y otro de parrillas, para que el operario pueda manipular la fruta, cada bandeja entre parrillas está dividida por 10 cm de espacio, permitiendo el paso uniforme del aire caliente entre las parrillas y la fruta, hortaliza o grano a deshidratar como se muestra en la figura 13 a continuación:



*Ilustración 13 Horno de deshidratación con paneles solares. Fuente: Elaboración propia*

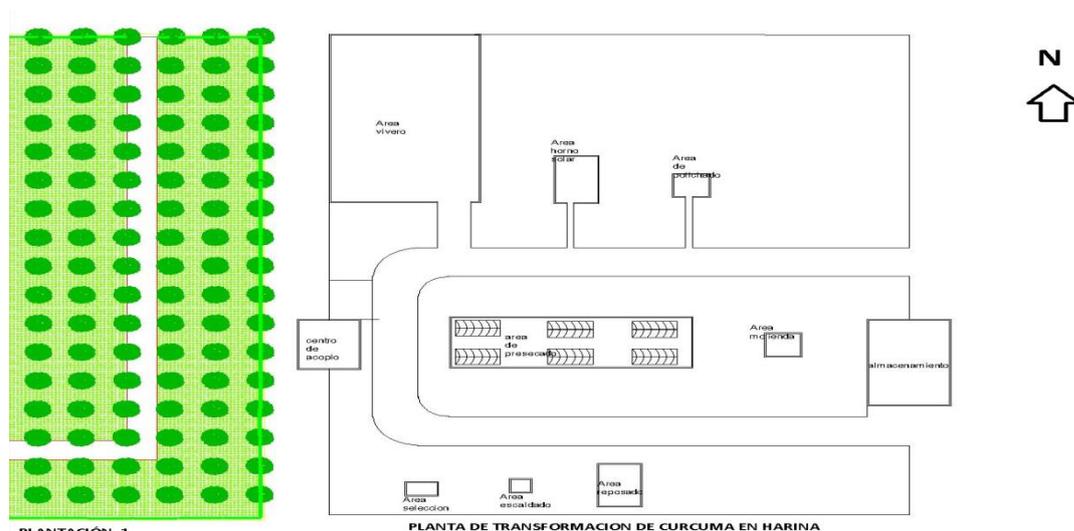
El deshidratador solar contara con termómetros e higrómetros digitales que mandaran los

datos de estas variables internas dentro de la cámara de secado al centro de mando que es donde está el computador y el software con las tablas estadísticas almacenando la información recolectada para luego sacar las curvas de secado de cada producto a deshidratar.

En cuanto a los costos de la instalación de la infraestructura y el desarrollo del secador solar podrán ser vistos de forma detallada en el anexo 7.

### Manejo De La Cúrcuma En La Planta De Transformación

En la siguiente figura 14 se muestra el modelo propuesto de la planta que se requiere para la transformación de la Cúrcuma deshidrata en harina para ser vendida al mercado comercial:



*Ilustración 14 Modelo de planta de transformación de Cúrcuma. Fuente: Elaboración propia.*

### Polichado:

Este proceso consiste, en que después de que la Cúrcuma ha culminado su proceso de deshidratación total, pasa a un recipiente con un sistema rotatorio conformado de tornillo sin fin que hacen el proceso de brillado y retirado de la corteza y demás impurezas con que haya

quedado la Cúrcuma, saliendo perfectamente limpia, para el proceso de molienda.

### **Molienda:**

Después de que la Cúrcuma se ha deshidratado totalmente en un 90%, y se ha polichado dejándola libre de impurezas pasa al proceso de molienda. A continuación se describe como se hará este proceso:

Se construirá una bodega cerrada con materiales económicos de la región que cumpla con todas la normatividad exigida por los entes de control en cuanto al manejo de alimentos y salubridad, en donde se realizara el procesamiento o transformación de la Cúrcuma longa L deshidratada con humedades del 10 al 12% en harina ( esto quiere decir que para producir un kilo de harina seca se requiere deshidratar 3,125 kilos de cúrcuma en fresco según evaluaciones en campo), proceso que se debe hacer mediante un molino de martillos en acero, al tener la granulometría requerida por el mercado, será empacada, sellada y guarda en un área fresca y segura de no ser contaminada por agentes externos o del ambiente en la figura 14 se puede observar las distribuciones de área requeridas para desarrollar este proceso entre otros.

### **Empaque:**

Al finalizar la molienda de la Cúrcuma, esta debe ser empacada en bolsas de polietileno internamente y luego se debe meter en un empaque o estopa de cincuenta (50) kg, parecida en la que viene la harina de maíz, para que pueda guardar sus propiedades como producto y evitar la contaminación de patógenos del ambiente, o partículas indeseadas como pelos humanos o de animales, que puedan convertir el producto en no apto para el consumo humano.

### **Almacenamiento:**

Los bultos de harina de Cúrcuma previamente sellados, deben ser almacenado en un área

especial, cerrado y con buena climatización para que el producto se conserve en el tiempo, debido a que una buena harina con buenas prácticas de manufactura puede durar hasta cinco (5) años sin perder sus propiedades.

### **Comercialización:**

Cuando la harina de Cúrcuma ha sido almacenada después de ser empacada, esta se encuentra lista para su comercialización y distribución a mercado regional, nacional e incluso a mercados extranjeros.

### **Establecimiento De La Plantación De Moringa Oleífera Lam**

Para establecer la plantación de Moringa oleífera Lam como especie arbórea asociada al cultivo de la Cúrcuma longa L se deben realizar las siguientes actividades:

Como en el establecimiento del cultivo de la Cúrcuma en capítulos anteriores, ya se ha adelantado algunas tareas como la limpieza y adecuación del terreno para el establecimiento de la misma, para el caso de la plantación de la Moringa oleífera Lam estas actividades ya se encuentran realizadas en el campo por lo que no se requieren volver a ejecutarse, de tal manera que no serán nuevamente descritas en este capítulo, dando lugar solo a las actividades posteriores que obedecen solo al establecimiento de la plantación de Moringa oleífera Lam así:

### **Trazo:**

De acuerdo al diseño de la plantación, se inicia el proceso de trazado que para este caso por la topografía del área seleccionada que es ondulada a plana, el arreglo más conveniente es un sistema al cuadro de 6 mt entre fila x 6mt entre surco. Para realizar el trazo se tira un hilo pintado cada 6 metros de color rojo a 90°, con el objetivo de formar una línea base, en cada

punto de color rojo se sembrara una estaca de guadua de 1 metro de alto las cuales se pueden pintar con aerosol en la parte inicial de la estaca para tener mayor visibilidad por los operarios al momento de hacer el trazo, entre la primer y segunda estaca desde su base, se mide una vara de 6 metros en forma perpendicular; en donde den los 6 metros se clava nueva estaca, teniendo visual de que siempre este derecha o en ángulos de 90° hasta que se valla encontrando siempre la tangente o el grado de inclinación del lugar, formando una línea de puntos cada 6 metros, repitiéndose el procedimiento para cada estaca de la línea base original, replicándose en todo el terreno así:

Línea base								
o mt	6 mt	6 mt	12 mt	6 mt	6 mt	18 mt	n mt	90°
	6 mt	6 mt	6 mt	6 mt	6 mt	6 mt	6 mt	

*Tabla 9 Sistema de siembra al cuadrado de la Moringa oleífera Lam. Fuente: elaboración propia.*

De acuerdo a la tabla 9, cada vértice o punto donde se unen las líneas es un punto donde va una estaca en campo, siendo éste el punto de siembra de un árbol de Moringa como se puede ver en la figura 9.

### **Hidratación de la semilla:**

La semilla se debe dejar por un periodo de 48 horas en un balde con agua, y, si se quiere con enraizadores, con el propósito de hidratar los tejidos adormecidos de la semilla, para que su germinación sea más rápida, ya que por experiencias en campo se observa que cuando se hace este proceso a los 8 o 10 días se observa el brote de las plántulas de Moringa.

**Siembra:**

Como el suelo ya se encuentra preparado con anterioridad, la siembra se puede hacer de forma paralela a la siembra del cultivo de la Cúrcuma o en la etapa final del establecimiento del mismo, por lo que consiste en profundizar las semillas con el dedo o con un palito en los puntos que han sido demarcados en el trazo, la siembra de la semilla no debe ser profunda, se debe hacer a uno o dos (2) cm de profundidad máximo, para evitar pudriciones o la muerte de la misma semilla.

La germinación aplicando esta práctica se ve reflejada en el periodo de 8 a 12 días.

Se debe colocar una estaca en el punto sembrado para identificar en donde se encuentra el árbol, y para evitar ser dañado por los operarios del cultivo.

**Resiembra:**

En vivero se debe desarrollar material vegetal de Moringa para un porcentaje de mortalidad del 10 al 15% de la plantación, manteniendo siempre homogenizada la plantación.

**Manejo O Plan De Mantenimiento**

El manejo de la plantación de la Moringa oleífera Lam consiste básicamente en:

**Plateos:**

Se debe hacer un plato ancho alrededor del tallo del árbol, aproximadamente de 1,5 metros en forma radial, con el propósito de evitar competencia por nutrientes y luz solar de otras especies invasoras. Estos plateos se pueden hacer cada dos meses, o cuando la plantación lo requiera de acuerdo al alto crecimiento de especies invasoras por efectos climatológicos.

**Fertilización:**

Previamente se recomienda realizar el análisis químico del suelo que determine la fertilidad del mismo, para de esta manera visualizar las deficiencias de nutrientes del suelo y planificar su fertilización.

Como el propósito de la plantación es la producción de vainas para la extracción de semillas, el número de las fertilizaciones recomendadas a realizar está entre 2 a 3 fertilizaciones por año, durante los tres primeros años de la plantación. Con productos ricos en fósforo para la formación de raíces, nitrógeno para la formación de hojas y potasio para la formación de frutos.

**Asilamiento:**

Como la plantación estará cerca en lotes ganaderos, se debe hacer un aislamiento con estacones de guadua y alambre de púa, para evitar el acceso de los animales al área de plantación y cultivo, evitando daños mecánicos y ramoneo de las plantas jóvenes.

**Podas de formación:**

Las podas de formación se inician cuando la planta ha alcanzado una altura de 60 cm, en su rama principal con crecimiento terminal, se debe cortar el copo a 10 cm de longitud en la parte superior de forma manual o con una cuchilla para evitar daños. Después de haberse realizado el corte en una semana en promedio aparecerán las ramas secundarias que al alcanzar unos 20 cm de longitud deben volver a ser cortadas a 10 cm de forma oblicua, al finalizar esta poda aparecerán ramas terciarias a las cuales se les hace un pellizcado de la misma manera que al inicio, lo que le dará al árbol forma de copa, aumentando la producción de vainas fáciles de cosechar.

El podado al árbol le ayudarán a maximizar su producción debido a que si no se hace este

proceso crecerá de forma vertical, con flores dispersas y frutos en la parte superior.

### **Riego:**

Los arboles de moringa no requieren una alta cantidad riego, por lo que en lugares muy secos el riego se hace los primeros meses y de ahí en adelante cuando la plantación presente síntomas de estrés hídrico.

### **Entresaca selectiva:**

Para el caso de los sistemas de líneas o cercas vivas con Moringa se harán entresacas selectivas con el objetivo de ir formando espacios entre un árbol y otro, hasta lograr las distancias requeridas para formar un cerco con alambre de púa.

### **Control fitosanitario**

#### **Plagas y enfermedades**

El árbol de la Moringa resiste a la gran mayoría de plagas, pero en condiciones saturadas de agua puede padecer de Diplodia o podredumbre de la raíz. En general las plagas que la atacan en sus primeros meses de vida son la hormiga arriera y el gusano trozador de hoja, por lo que su manejo integrado consiste en buscar los hormigueros y destruirlos.

Para el caso de los insectos plaga y el gusano su erradicación se pueda hacer con fumigaciones de productos biológicos cada dos (2) o tres (3) meses según recomendaciones de un experto.

### **Cosecha**

Al momento de que los frutos están listos para su cosecha (12 meses) para consumo humano se debe revisar que tengan en promedio un (1) cm de diámetro es decir que estén

jóvenes, ya que las vainas mayores a este diámetro presentan un exterior duro, aunque sus semillas blancas y carnosidad pueden seguir siendo comestibles hasta que inicien su proceso de maduración.

Cuando el fin de la plantación es para extraer aceite, se requieren dejarlas secar en el árbol tomando color marrón, cuando una rama presenta muchos vainas se debe apuntalar para evitar su ruptura, y deben ser cosechadas las vainas antes de que se abran y se pierdan su semillas en el suelo, después de su cosecha esta se deben almacenar en sacos con ventilación y lugares frescos.

Así mismos según cálculos en campo se estima que un árbol de moringa puede arrojar en promedio 4,5 kilos de semilla en su ciclo de cosecha (1 cosecha cada 12 meses).

Para el caso, de la cosecha de la hoja de moringa en las cercas vivas ésta debe realizarse, la primer cosecha en el mes 4 de su plantación; para estimular un crecimiento uniforme de yemas, dejándose descansar un mes para su llenado nuevamente y luego seguir cosechando la hoja después del mes 6 de forma continua hasta el mes 12 de cada año.

Según revisiones en campo, se estima que un árbol de moringa programado para la producción de follaje puede arrojar hasta 200 gramos de hoja deshidratada en el periodo de cosecha (8 cosechas al año de hoja).

Sin embargo, para efectos de cálculos se observó que en la hacienda la Cascada la moringa tiene rendimientos de 195,9 gramos de hoja deshidratada por árbol en todo un año de producción, es decir, 24,48 gramos por árbol cada mes de hoja deshidratada.

### **Cosecha:**

Después de que se hace la recolección de las semillas en el árbol, estas deben pasar por los siguientes procesos:

**Secado:** las vainas se meten al secador solar para terminar su secado total

**Desvaine:** al estar totalmente secas las vainas se colocan en sacos o estopas y son golpeadas contra en el suelo para lograr despegar las semillas de la vaina, posteriormente se seleccionan las semilla a un lado y las paredes de la vaina en otro.

**Limpieza:** las semillas contienen una carnosidad en forma de alas que deben ser retiradas, esto se puede hacer ingresando las semillas a la máquina de polichado o limpieza, que gracias a un sistema giratorio y tornillos va expulsando las impurezas de las semillas hasta dejarlas totalmente limpias.

**Selección:** este proceso consiste básicamente en seleccionar las semillas que no cumplen con criterios de calidad que estén dañadas y podridas. Esto se puede hacer por un proceso de cernido, haciendo pasar las semillas por mallas de diferente diámetro.

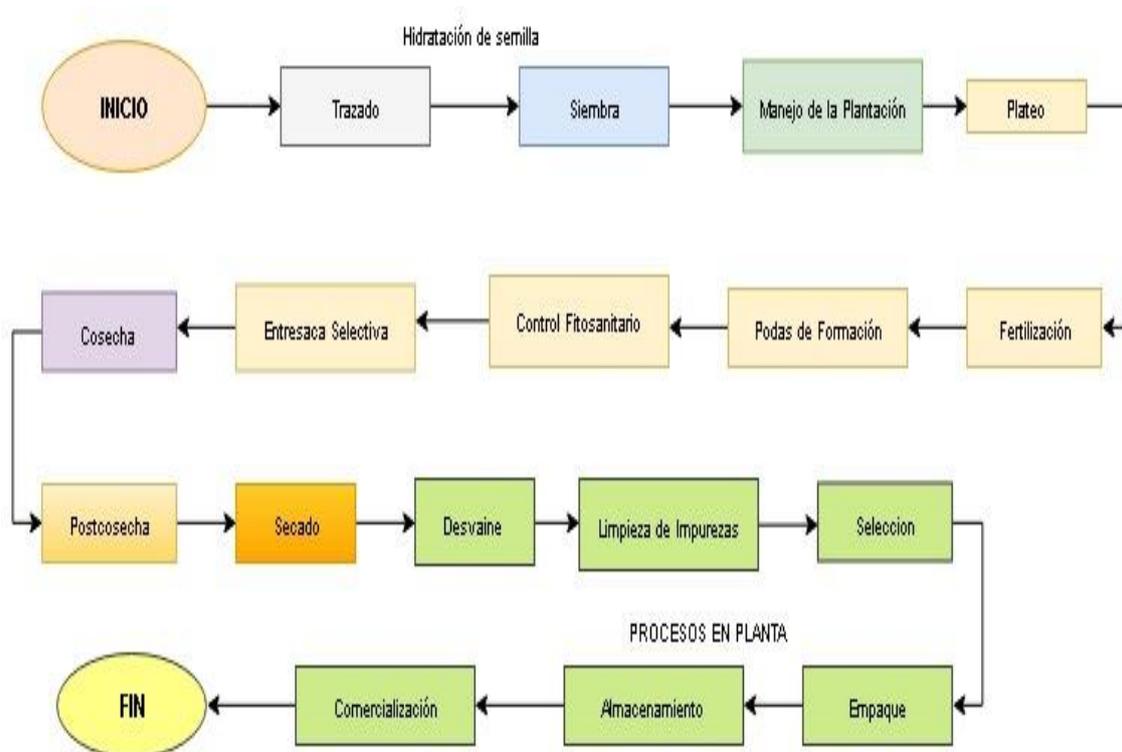
**Empaque:** las semillas que han pasado por el proceso de selección, se almacenan en sacos de polietileno recubiertas con estopa por encima para evitar su contaminación.

**Almacenaje:** cuando las semillas han sido empacadas, estas pasan a un área de almacenamiento con condiciones ambientales óptimas para su conservación.

**Comercialización:** en este proceso se distribuyen las semillas a los diferentes clientes o industrias que las requieren como insumo de materia prima, para la elaboración de aceites, cosméticos, etanol, o biodiesel.

En la siguiente figura 16 que representa un diagrama de flujo, se puede observar cada uno de los procesos que se le realizan a la Moringa oleífera Lam desde su siembra hasta su

proceso final de venta al cliente:



*Ilustración 15 Diagrama de flujo del proceso de la Moringa oleífera Lam. Fuente:*

*Elaboración propia.*

### **Estudio De Factibilidad Financiera**

Para hacer el estudio de factibilidad financiera y económica del proyecto, se realizó un análisis de costos para producir una hectárea de cúrcuma longa L y Moringa oleífera Lam sembradas en una misma hectárea y en un mismo periodo de tiempo en forma conjunta. Toda la información de costos recolectada en campo, es llevada en un modelo análisis financiero para plantaciones forestales el cual se puede ver en el anexo 1, el cual nos permite hacer las siguientes apreciaciones:

En una hectárea de tierra, se pueden sembrar con los arreglos establecidos 52,121 plantas de cúrcuma, para lo cual se requiere 2500 kilos en semilla inicial y 239 árboles de moringa (el 12,9% de un kilo de semilla con un 96% de germinación). La siguiente tabla 9 permite

analizar los costos de producción del sistema agroforestal y los rendimientos arrojados en un año:

DESCRIPCION SI STEMA AGROFORESTAL	CURCUMA LONGA L	MORINGA OLIFERA LAM
AREA A COSECHAR	1 Hectárea	
DENSIDAD DE SIEMBRA	52,121 plantas	239 arboles
DISTANCIA DE SIEMBRA	(0,4 x 0,7 x 0,3 ) mt	(6 X 6) mt
TIPO DE ARREGLO	Doble surco	al cuadrado
<i>1. Costos Directos</i>		
<i>Adecuación del terreno</i>	\$430.000	\$0
<i>Labores de establecimiento</i>	\$9.120.000	\$3.210.000
<i>Materiales e insumos</i>	\$10.358.500	\$511.000
<i>sistema de riego</i>	\$3.980.508	\$0
<i>Deshidratación</i>	\$ 1.276.670	\$1.140.000
<i>Transformación en harina</i>	\$3.600.000	\$0
<i>maquinaria requerida para la transformación</i>	\$3.450.000	\$0
<b>subtotal 1</b>	<b>\$32.215.678</b>	<b>\$4.861.000</b>
<i>2. Costos Indirectos</i>		
<i>Administración, vigilancia, asistencia técnica e imprevistos</i>	\$1.096.400	0
SUBTOTAL 2	\$1.096.400	0
<b>TOTALES POR CULTIVO</b>	<b>\$33.312.078</b>	<b>\$4.861.000</b>
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>\$38.173.078</b>	

Tabla 10 Análisis de costos de producción para el establecimiento de una hectárea entre

*cúrcuma longa L y Moringa oleífera Lam, fuente: elaboración propia.*

Para el cultivo de la Cúrcuma longa L por ser un cultivo anual y cuyo objetivo es transformar los rizomas en harina, se requiere no solamente el establecimiento del cultivo en campo sino también una maquinaria industrial apropiada para su transformación y una planta de procesamiento que cuente con los requisitos mínimos de sanidad, para la manipulación de alimentos.

De esta manera, la tabla anterior muestra, que los costos directos del proyecto se encuentran representados por diferentes rubros, los cuales suman treinta y siete millones setenta y seis seiscientos setenta y ocho (\$32.215.678) , de donde se analiza que el establecimiento de una hectárea de cultivo de Cúrcuma representa el 61.8% (\$19.908.500, estos se componen de los siguientes rubros: adecuación del terreno \$430.000, labores de establecimiento \$9.120.000 y materiales e insumos \$ 10.358.500) del total del dinero necesario para la ejecución del proyecto; lo que indica que no es una inversión muy alta, los demás costos obedecen al montaje que se requiere para su manejo y transformación, tal es el caso de un sistema de riego el cual representa un 12.4% ( \$3.980.508) de los costos directos, pero siendo esta una inversión que se recupera a la largo plazo y cuya inversión no se plantea solo para un hectárea si no para varias de forma escalonada haciendo que haya producción todo los meses del año.

Los demás rubros hacen referencia a los procesos de transformación y planta de procesado en harina de cúrcuma de la siguiente manera, para el proceso de deshidratado se requiere una inversión del 15.1% (\$4.876.670) para la construcción de un horno deshidratador y las camas de pre-secado, el 10.7% que equivale a \$3.450.000, restante de los costos directos son requeridos en la compra de maquinaria industrial como son ollas a presión, molino de martillos de acero, estufas industriales, tambor rotacional, selladoras de sacos y un pequeños porcentaje en la adecuación de una bodega en guadua para la manipulación y transformación

de la fruta.

Para el caso, de la plantación de la Moringa oleífera Lam su inversión es muy baja debido a que la mayoría de los costos de su establecimiento son absorbidos por el cultivo asociado de la Cúrcuma longa L, pudiéndose observar solamente dos costos de producción cargados a la Moringa como lo son el 76.5% (\$3.721.000) para el establecimiento de la plantación en su fase inicial, ya, que al momento que se hacen los mantenimientos o labores culturales de la cúrcuma también se hacen los de la Moringa sin costo alguno para la plantación, y el ultimo costo reflejado es del 23.5% muy poco representativo el cual obedece a la mano de obra requerida en el proceso de deshidratación de la hoja y preparación de las semillas de Moringa para su comercialización.

En la siguiente tabla 11, se muestran los ingresos que arrojaría una hectárea del sistema agro silvícola entre cúrcuma longa L y Moringa oleífera Lam:

3. Ingresos Brutos	UNIDAD	PRECIO ( en miles)	RENDTO	VALOR TOTAL (en miles)
<i>Venta harina de Cúrcuma</i>	<i>Kilo</i>	\$15,00	8339	\$125.085,00
<i>rizoma madre (100gr)</i>	<i>Kilo</i>	\$3,50	5212	\$18.242,00
<i>hoja deshidratada de moringa y pulverizada 200g /plántula</i>	<i>Kilo</i>	\$50,00	768	\$38.400,00
<i>semilla de moringa deshidratada 4,5 kilo /árbol</i>	<i>kilo</i>	\$90,00	1075,5	\$96.795,00
<i>Material vegetal</i>	<i>plántulas</i>	\$0,201	90	\$18,09
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>\$278.540,090</b>

*Tabla 11 Reporte de Ingresos resultantes en el establecimiento de una hectárea entre cúrcuma longa L y Moringa oleífera Lam, fuente: elaboración propia.*

La anterior tabla 11, permite ver los ingresos que arrojaría el proyecto en un ciclo de producción (1 año), que corresponde a doscientos setenta y ocho millones quinientos cuarenta mil cero noventa (\$278.540,090) pesos., por la venta de ocho mil trescientos treinta y nueve (8.339) kilos de harina transformada, cinco mil doscientos doce (5212) kilos de rizomas madre como semilla, setecientos sesenta y ocho (768) kilos de hoja de moringa pulverizada, mil setenta cinco coma cinco (1075,5) kilos de semilla de Moringa deshidratada y noventa mil plántulas de material vegetal listas para la siembra en campo de *Cúrcuma longa* L.

### **Indicadores Financieros**

El proyecto se establece con una vida útil de 18 años ya que el cultivo de los árboles de moringa tiene esta duración, es por ello que la proyección de costos e ingresos se realiza a este número de años, para ello se tuvo en cuenta una inflación del 5.54% la cual se estableció en promedio con el comportamiento de los tres últimos años.

Con respecto a los ingresos esperados, la empresa proyecta aumentar su nivel de ingresos 1.4 % más que la inflación que se utilizó para la proyección de costos y gastos, esto es un aumento total en ingresos del 7%, como mínimo teniendo en cuenta el posicionamiento del producto y la incorporación del mismo tanto a los mercados Nacionales como Internacionales.

### **Tasa interna de retorno TIR**

En este proyecto se tuvo en cuenta la tasa de captación financiera en lo que va corrido del año 2019, la cual está en el 12%, al observar los flujos de efectivos ( ver anexo, cuadro en Excel de *Cúrcuma* mensual ), se puede observar como al hallar la TIR, esta nos da un resultado de 21.73%, lo cual quiere decir que el proyecto es 9.7% más rentable que si tuviéramos una inversión en una entidad financiera, lo cual genera un grado de confianza en

el proyecto a invertir, puesto que los resultados de dicha inversión son mayores a los que en este momento se manejan en el mercado actual, y más aun teniendo en cuenta que esta TIR se genera en el análisis del año 0 que es donde se pueden observar los mayores costos de inversión, lo cual hace deducir que el proyecto a través del tiempo se vuelve auto sostenible económicamente y rentable.

La comparación de este indicador financiero se hace con la tasa de colocación, ya que se busca identificar que era más rentable, si tener el dinero en un banco bajo un riesgo cero o poner el dinero a producir en un proyecto de inversión como es el que se presenta en este trabajo.

### **Tasa de rentabilidad**

Al aplicar la fórmula de rentabilidad, y de acuerdo a las tablas de costos e ingresos de puede observar que arroja una utilidad antes del impuesto de doscientos cuarenta millones trescientos sesenta y siete mil pesos (\$240.367.000) pesos, la cual nos representa el 86.3% sobre el total de las ventas.

Este porcentaje fue comparado con la rentabilidad de los cultivos más representativos de la zona, encontrando los siguientes márgenes:

Café.....	25% (Informe Federación Nacional de Cafeteros 2017)
Ganadería.....	50% (informe FEDEGAN 2018)
Cítricos.....	14.6% (Informe MINCIT 2017)

Como se observa la propuesta planteada en este proyecto es mucho más rentable que los cultivos que en el momento se encuentran establecidos en la región.

### **Recuperación de la inversión**

Al aplicar la fórmula (Total costos / Utilidad Neta), esta nos arroja que la inversión será recuperada en un lapso de un año, cinco meses y tres días, partiendo de los flujos de efectivo proyectados durante el año cero, los cuales fueron el resultado de los ingresos menos los costos y gastos. Este porcentaje nos da la tranquilidad de que el proyecto recuperará su inversión en el primer año de inversión, siendo los demás años auto sostenibles.

### **Valor presente neto**

El valor presente neto de la inversión nos arroja una rentabilidad en términos monetarios de \$39.497.98, es decir que como mínimo traído el valor de los flujos de efectivo futuros al día de hoy esta sería la inversión que como mínimo tendría el inversionista.

### **Relación costo / beneficio**

Al realizar el cálculo de la relación costo/ beneficio nos da un valor de 2,35 lo que nos indica que al traer los valores de los beneficios al valor actual y compararlos con los valores de los costos a valor actual, se determina que los beneficios que arroja el proyecto son mucho mayores que los costos lo que indica que el proyecto es viable. Ver tabla anexo 1.

## Impactos Del Proyecto

Para el análisis del impacto que generara la implementación del proyecto agroforestal en la hacienda la Cascada, en la vereda Palermo en el municipio de Quimbaya Quindío, se construye una matriz de autoría propia que almacena varios ámbitos generales en las que el proyecto influirá de forma positiva o negativa dándoles una valoración numérica de acuerdo a la siguiente tabla:

VALOR	NIVEL
-3	Impacto alto negativo
-2	Impacto medio negativo
-1	Impacto bajo negativo
0	No hay impacto
1	Impacto bajo positivo
2	Impacto medio positivo
3	Impacto alto positivo

*Tabla 12 Valoración numérica según el nivel del impacto. Fuente: elaboración propia.*

Para realizar el análisis se hace una matriz por cada uno de los componentes social, económico y ambiental del proyecto y una matriz de impacto general del proyecto que nos arrojará el impacto global del proyecto. Para la construcción de cada matriz se organizan de forma vertical los indicadores que permitirán tener información específica y puntual del área analizada, y en forma horizontal los valores del impacto establecido.

En la tabla 13 que se muestra a continuación, se inicia la evaluación del componente social que será impactado por el desarrollo del sistema agroforestal:

## Impacto social

NIVEL DE IMPACTO		-	-					
INDICADOR	-1	2	3	0	1	2	3	TOTAL
Incremento de ingresos en familias							x	3
generación de empleo en la zona							x	3
igualdad de genero							x	3
oportunidad para mejorar la calidad de vida							x	3
asociatividad de campesinos							x	3
reducción de migración de los campesinos						x		2
incremento de seguridad en la zona						x		2
TOTAL						4	15	19

Tabla 13 Evaluación del impacto del componente social del proyecto. Fuente: elaboración

propia.

$$\frac{\sum \text{Nivel de impacto}}{\text{N}^\circ \text{ de indicadores}} = \frac{19}{7} = 2,7 \approx 3$$

### Análisis del impacto social

De acuerdo al resultado que arroja la matriz de evaluación de impactos sociales para el proyecto se observa que para un valor numérico de tres (3) representa que el proyecto, tendrá un efecto alto positivo en la comunidad de la vereda Palermo del municipio de Quimbaya Quindío, por cuanto con la implementación del proyecto agroforestal de Cúrcuma longa L asociado con Moringa oleífera Lam se tiene proyectado contratar una cuadrilla de 15 operarios conformados por mujeres y hombres que se dediquen a las labores de establecimiento y manejo de cultivos en campo, y alrededor de 5 operarios fijos en la planta de procesado para llevar a cabo la producción de harina de Cúrcuma y semillas de Moringa; sin tener en cuenta los demás empleos que son temporales requeridos para hacer otro tipo de

actividades dentro del funcionamiento de la empresa y los empleos generados en las áreas administrativas y de organización de la misma.

Así que de esta manera, este proyecto beneficiara a los habitantes de la comunidad en la generación de mano de obra y puestos de empleo tanto para hombres como mujeres de la vereda, lo que genera igualdad de condiciones para todos, incremento de ingresos en las familias, reducción de la migración de los habitantes de la vereda, formación de asociaciones productoras de Cúrcuma y Moringa en la zona, incrementando la seguridad misma de zona por cuando se ha generado actividad empresarial, convirtiéndose todos estos aspectos en una mejor calidad de vida para toda la comunidad campesina del área de influencia del proyecto

### Impacto Económico

NIVEL DE IMPACTO		-	-					
INDICADOR	-1	2	3	0	1	2	3	TOTAL
opción de negocio rentable							x	3
desarrollo de cultivos alternativos en la zona							x	3
incremento de ingresos económicos rurales							x	3
Comercialización de productos con niveles óptimos de calidad.							x	3
aumento de la producción y productividad de tierras improductivas							x	3
estandarización de precios de venta del producto						X		2
incremento de inversionistas en la zona						X		2
reducción de costos de producción							x	3
gestión de recursos estatales para la zona						X		2
TOTAL						6	18	24

*Tabla 14 Evaluación del impacto del componente económico del proyecto. Fuente:*

*elaboración propia.*

$$\frac{\Sigma \text{ Nivel de impacto}}{\text{N}^\circ \text{ de indicadores}} = \frac{24}{9} = 2,6 \approx 3$$

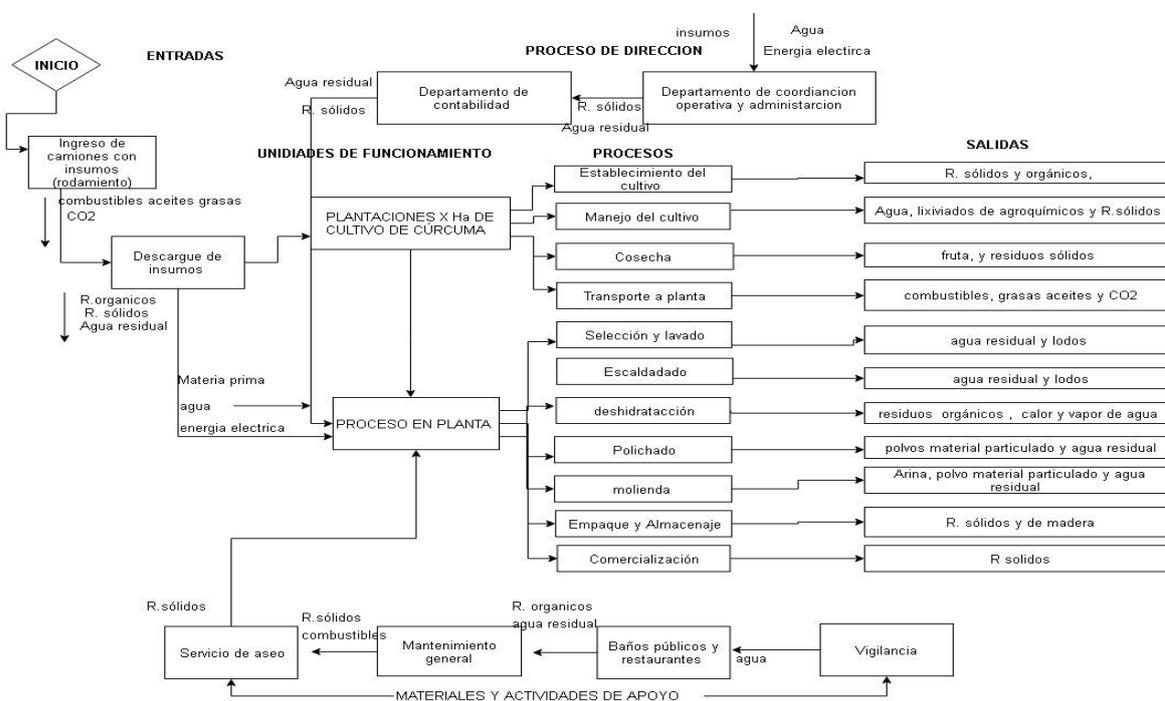
### **Análisis del impacto económico**

La matriz para la evaluación del impacto económico del proyecto agroforestal de Cúrcuma longa L asociado con Moringa oleífera Lam, nos muestra que tendrá un impacto alto positivo en la vereda de Palermo del municipio de Quimbaya, por lo que con el establecimiento de este modelo agroforestal con cultivos nuevos y alternativos en la zona, se recuperan tierras que en la actualidad no son productivas para los propietarios por el tamaño de sus parcelas y la falta de recursos económicos para su producción, con un adecuado manejo técnico del proyecto se reducen costos de producción lo que se ve reflejado en un incremento de la rentabilidad del producto; permitiendo mayores ingresos para los habitantes de la vereda, y por ser un modelo de organización empresarial se permitirá una estandarización de precios que permita siempre obtener la rentabilidad necesaria para que el proyecto sea sostenible en el tiempo, logrando mostrar otra ventana productiva a otros sectores económicos atrayendo nuevos inversionistas que quieran hacer parte de la cadena productiva logrando incrementar las áreas de producción. Así mismo, al tener un modelo organizado se puede conseguir recursos del estado que apalanquen este modelo de desarrollo productivo para el departamento del Quindío.

### **Impacto Ambiental**

Para el análisis de los impactos ambientales se realiza un diagrama de flujo que permite observar las entradas y salidas de materiales y energía del sistema productivo para de esta manera identificar de forma clara los impactos que genera el modelo agroforestal como se

observa en la figura 16.



*Ilustración 16. Ecobalance del proceso productivo del sistema agroforestal .Fuente:*

*Elaboración propia.*

Para la evaluación de los impactos ambientales se presenta la siguiente tabla 14 la cual enmarca el nivel de impacto de cada actividad que se realiza en cada proceso, la cual arrojo el siguiente análisis.

### **Análisis**

De acuerdo a la calificación de cero (0) arrojada para la matriz de impactos ambientales que puede generar la implementación del proyecto agroforestal en la hacienda la Cascada, nos permite ver que este proyecto no es nocivo para el ambiente antes por lo contrario logra estabilizar los componentes ambientales de la zona, ayudando a la recuperación y conservación de las áreas degradadas como se evidencia en la siguiente descripción de los

principales impactos ambientales que genera dicho proyecto:

**Generación de residuos orgánicos de cosecha:** El desarrollo de actividades de establecimiento de cultivos genera residuos de cosechas que pueden ser utilizados como abonos verdes, recuperando la fertilidad y las propiedades físicas y químicas del suelo.

**Generación de residuos sólidos:** En el proceso productivo dentro de la planta en los procesos se generan residuos como plásticos, cajas entre otros los cuales se les debe hacer una apropiado reciclaje o disposición final.

**Derrame de aceites, grasas y combustibles al suelo:** El suelo es impactado negativamente por el ingreso de camiones que entran insumos y transportan productos, pudiendo generar derrames de combustibles.

**Emisión de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> a la atmosfera:** el tránsito vehicular por la zona puede impactar la atmosfera por la emisión de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.

**Producción de agua no doméstica y lodos:** en el desarrollo de los procesos de post cosecha como el lavado de la tierra de los rizomas se genera agua lodosa, pero sin agentes químicos que generen cambios en las propiedades químicas del agua. Así mismo el consumo de agua en las actividades operativas de la empresa genera aguas domesticas a las cuales se les debe hacer manejo.

**Consumo de energía eléctrica:** el manejo de las maquinas mecánicas como molinos de martillo y polichadora requiere energía eléctrica, lo que genera desgaste de recursos naturales.

**Consumo de agua en sistema de riego:** este consumo es simplemente de recirculación el

cual se utiliza en las épocas secas donde el cultivo necesita riego, que por infiltración el líquido regresa a su fuente inicial.

**Lixiviación de agroquímicos:** el uso de agroquímicos en el cultivo es mínimo ya que se trata de una producción tipo orgánica, por lo que los lixiviados de fertilizantes y abonos foliares pueden llegar al recurso hídrico por escorrentía, aunque estos lixiviados no son tóxicos pueden generar eutrofización en las aguas.

**Escorrentía superficial:** el lavado de nutrientes y material erosivo proveniente de la remoción de suelos puede terminar en las fuentes hídricas causando cambios en propiedades físicas del agua.

**Erosión del suelo:** el suelo al ser preparado por las actividades de arado y en camellón, puede generar problemas de erosión en el suelo.

**Cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo:** el suelo al ser removido varias veces en el proceso de volteo y arado, genera cambios en las propiedades físicas y químicas y microbiológicas del suelo.

**Emisión de polvo y material particulado a la atmosfera:** el material particulado y el polvo se puede generar del tránsito vehicular por las vías internas del área de sembrados y en la actividad de polichado del rizoma cuando se retiran impurezas para su empaque.

**Conectividad de relictos boscosos:** el desarrollo asociado de un cultivo de Cúrcuma con los arboles de Moringa genera conectividad entre bosques compartiendo al tránsito de fauna y

aves en la zona ayudando la conservación de la biodiversidad.

**Recuperación de áreas improductivas por efectos ganaderos:** con el establecimiento de árboles de moringa el cual es una especie apta para la recuperación de suelos, se recuperan los suelos afectados por la actividad ganadera en la zona.

**Regulación del microclima de la zona:** al establecer un sistema agroforestal entre arboles de Moringa y Cúrcuma se logra regular el microclima de la hacienda gracias a las coberturas forestales que se crean.

**Manejo adecuado de ganadería en la zona:** al incrementar cultivos alternativos en la zona, se inicia el cambio de producción reduciendo áreas ganaderas y logrando fortalecer sistemas ganaderos más amigables con el ambiente, permitiendo la reducción de emisiones de gas metano a la atmosfera.

**Recuperación de la fertilidad del suelo:** el manejo de integrado del sistema agroforestal con una apropiada aplicación de prácticas culturales se logra con el paso del tiempo recuperar la fertilidad perdida en los suelos degradados por la ganadería extensiva.

En la siguiente tabla se muestra el nivel de impacto por cada indicador ambiental:

NIVEL DE IMPACTO		-	-					
INDICADOR	-1	2	3	0	1	2	3	TOTAL
Generación de residuos orgánicos de cosecha							x	3
Generación de residuos solidos	X							-1
derrame de aceites, grasas y combustibles al suelo		x						-2
Emisión de CO2 y NOx a la atmosfera	X							-1
Producción de agua residual y lodos		x						-2
Consumo de energía eléctrica			x					-3
Consumo de agua en procesos de planta			x					-3
Consumo de agua en sistema de riego				x				0
Lixiviación de agroquímicos	X							-1
Escorrentía superficial		x						-2
Erosión del suelo		x						-2
Cambios en la propiedades físicas y químicas del suelo		x						-2
Emisión de polvo y material particulado a la atmosfera		x						-2
conectividad de relictos boscosos							x	3
Conservación de la biodiversidad							x	3
Recuperación de áreas improductivas por efectos ganaderos							x	3
Regulación del microclima de la zona							x	3
Manejo adecuado de ganadería en la zona							x	3
Reducción de emisiones de gas metano a la atmosfera							x	3
recuperación de la fertilidad del suelo							x	3
TOTAL	-3	12	6	0			21	3

*Tabla 15 Evaluación del impacto del componente ambiental del proyecto. Fuente: elaboración propia.*

$$\frac{\sum \text{Nivel de impacto}}{\text{N}^\circ \text{ de indicadores}} = \frac{3}{20} = 0,15 \approx 0$$

#### 4.2 Impacto general del proyecto

INDICADORES	-1	-2	-3	0	1	2	3	TOTAL
Impacto Social							x	3
Impacto Económico							x	3
Impacto Ambiental				x				0
TOTAL				0			6	6

*Tabla 16 Evaluación del impacto general del proyecto. Fuente: elaboración propia.*

$$\frac{\sum \text{Nivel de impacto}}{\text{N}^\circ \text{ de indicadores}} = \frac{6}{3} = 2$$

De acuerdo al resultado final por los tres componentes evaluados (social, económico y ambiental), se observa que el proyecto de manera general tendrá un impacto medio positivo, lo cual en términos evaluativos es bueno, por cuanto la puntuación la baja el componente ambiental el cual compensa los impactos negativos con los positivos es decir no se genera impacto grave al ambiente, por lo que esta manera bajo un adecuado plan de manejo ambiental se puede minimizar al máximo los impactos por componentes especialmente al suelo y el recurso hídrico que son los más afectados cuando se establecen cualquier tipo de cultivo, pero es de anotar que estas afectaciones no son graves en términos generales, por lo

tanto se concluye que es aceptable la ejecución e implementación del proyecto agroforestal entre *Cúrcuma longa* L y *moringa oleífera* Lam en la hacienda la Cascada en la vereda Palermo, el cual traerá progreso, mejora de la calidad de vida de los habitantes, reducción de la pobreza y sostenibilidad ambiental en esta zona del Quindío.

## Conclusiones

- El modelo productivo del sistema agroforestal se encuentra planificado para un periodo de 18 años, realizando cosechas de *Moringa oleífera* Lam y *Cúrcuma longa* L de forma anual.
- La hacienda la Cascada del municipio de Quimbaya (Quindío) contiene las características edafológicas y climatológicas aptas para el establecimiento y desarrollo del sistema agroforestal conformado por las especies *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam.
- El cultivo de la *Moringa oleífera* Lam está programado para aprovechar la producción de semillas y la hoja para la extracción de aceites esenciales y demás usos en la industria química y de alimentos.
- El cultivo de la *Cúrcuma longa* L es un cultivo anual exigente en agua por lo que requiere la planificación de riego para lograr el óptimo desarrollo del cultivo.
- Se estima que una plántula de *Cúrcuma longa* L con las características climatológicas y edafológicas de la hacienda la Cascada presenta un rango de producción en promedio de 500 a 800 gramos de rizoma por planta. .

Un árbol de *Moringa oleífera* Lam puede producir en la hacienda la cascada un promedio de 4,5 kilos de semilla de forma anual y 24,48 gramos de hoja deshidratada por árbol de forma mensual. La distancia de siembra por hectárea recomendada para lograr un óptimo nivel de producción para la *Cúrcuma longa* L en la hacienda Cascada es de 30 cm entre plántula, 40 cm entre fila y 70 cm entre calle a doble surco para lograr obtener 52,121 plántulas con un promedio de 26 a 41 toneladas de rizoma por hectárea según el manejo agronómico que se le dé al cultivo. El cultivo de la *Curuma longa* L requiere suelos francos o francos arenosos que no permitan encharcamientos que puedan generar asfixia

radicular que ocasione daños económicos en el cultivo.

- El manejo fitosanitario del cultivo de la *Cúrcuma longa* L es fácil, ya que se basa en la aplicación correcta de las prácticas culturales del cultivo y el cuidado de pudriciones del tallo como bacteriosis y daños en la raíz por microorganismos como nematodos. El manejo fitosanitario de la *Moringa oleífera* Lam se centra básicamente en el cuidado de las hojas por el ataque de insectos plaga como hormiga arriera y gusanos minadores de follaje y tallo. El manejo integral del sistema agroforestal entre las especies *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam es un modelo amigable con el ambiente que contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes del corregimiento Puerto Alejandría del municipio de Quimbaya (Quindío). La rentabilidad económica del proyecto de la *Cúrcuma longa* L (más del 50%) se obtiene al momento que se hace la transformación de harina de Cúrcuma como materia prima para sectores de la industria y de alimentos. El costo de una hectárea de establecimiento del sistema agroforestal para la hacienda la Cascada se encuentra en **\$38.173.078**, siendo uno de los mayores costos la implementación del sistema de riego. Los costos de establecimiento de la plantación de *Moringa oleífera* Lam son mínimos en comparación con el cultivo de la Cúrcuma, ya que la mayoría de los costos de las actividades son absorbidos por el cultivo de la Cúrcuma.

## Recomendaciones

- Al momento de pensar en establecer cultivos, se debe inicialmente hacer un estudio de suelos para determinar a tiempo si los suelos contienen las características requeridas para el desarrollo óptimo de las especies de *Cúrcuma longa* L y *Moringa oleífera* Lam.
- Se recomienda planificar sistema de riego de vital importancia para lograr un adecuado desarrollo de los cultivos.
- se debe hacer toda la cadena del proceso productivo desde la siembra, transformación de harina y comercialización para que el negocio obtenga la rentabilidad esperada del proyecto.
- Se debe tener un asesor técnico dentro del desarrollo del proyecto que vele por la adecuada aplicación de los criterios técnicos para lograr un adecuado manejo del sistema Agrosilvícola
- Se debe tener un adecuado plan de fertilización para los cultivos que conforman el sistema Agrosilvícola.
- Se debe implementar un sistema de secador solar que permita realizar de forma adecuada el proceso de desahitado de la fruta a bajos costos.

### Referencias Bibliográficas

- alfaro sánchez, i. f. (2011). *estudio etnobotánico con énfasis en el manejo agronómico de las plantas tintóreas usadas en los procesos de tinción de hilo de algodón y servicios realizados, con organizaciones locales atendidas por la asociación ati't ala' ong, en el municipio de san ju.* recuperado el 2019 -11-09  
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6753/>
- alvis, a., & arrazola, g. y. (2012). *evaluación de la actividad y el potencial antioxidante de extractos hidro-alcohólicos de cúrcuma (cúrcuma).* recuperado el 2019 -11-09  
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v23n2/art03.pdf>
- arévalo benítez, m. s. (2018). *análisis del proceso comercial para los pequeños productores de ganado en el municipio de zipaquirá.* recuperado el 2019 -11-09  
<https://repository.udca.edu.co/handle/11158/1041>
- barquero, a. a. (2007). plantas sanadoras: pasado, presente y futuro. *química viva.*
- castro márquez, a. m. (2013). *el árbol moringa (moringa oleífera lam.): una alternativa renovable para el desarrollo de los sectores económicos y ambientales de colombia.* recuperado el 2019 -11-09 <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/10956>
- cerdas-ramírez, r. (2017). extracción de nutrientes y productividad de moringa (moringa oleífera) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *de las sedes regionales.*
- clapé laffita, o. &. (2012). avances en la caracterización farmacotológica de la planta medicinal curcuma longa linn. *scielo.*
- cruzado barboza, j. e. (2017). *canales de distribución y comercialización de la moringa y su influencia en la rentabilidad de la empresa green planet.* recuperado el 2019 -11-09  
<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/upagu/200>
- dagoberto castro, j. d. (2013). *cultivo y produciin de plantas aromaticas y medicinales.*

- universidad catolica del oriente.
- espinoza, j. (2016). innovación en el deshidratado solar. *scielo*, 72-80.
- esteo sánchez, f. (2003). *medición contable de los factores determinantes de la rentabilidad empresarial : un modelo integrado para análisis externo*. recuperado el 2019 -11-09 <https://eprints.ucm.es/3581/>
- faci gonzález, j. m. (1994). principios básicos del riego por superficie. *ministerio de agricultura, pesca y alimentación*.
- flores, g. (2017). *curcuma longa l. extract improves the cortical neural connectivity during the aging process*. recuperado el 2019 -11-09 <http://www.nrronline.org/article.asp?issn=1673-5374;year=2017;volume=12;issue=6;spage=875;epage=880;aulast=flores>
- folkard, g. &. (1998). *moringa oleifera un árbol con enormes potencialidades*. recuperado el 2019 -11-09 <http://www.fao.org/3/a-x6324s.pdf>
- galaviz, j. v. (2012). *estrategia tecnológica sustentable para deshidratar frutas, verduras y legumbres*. casa del libro.
- garcía ariza, l. l. (2017). actividad biológica de tres curcuminoides de curcuma longa l. (cúrcuma) cultivada en el quindío-colombia. *cubana de plantas medicinales*.
- gómez, e. h. (2008). *agenda interna para la productividad y competitividad* . recuperado el 2019 -11-09 <http://186.116.11.66/suimweb/archivos/economia/competitividad/reg%20central%20-%20agenda%20interna%20para%20la%20productividad%20y%20competitividad.pdf>
- lópez, l. f. (2009). *agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines con énfasis en ingredientes naturales para la industria cosmética en colombia*. ministerio de agricultura y desarrollo rural.

- martín, c. m. (2013). potenciales aplicaciones de moringa oleifera. una revisión crítica. *scielo*, 137/149.
- mesa, m. d.-b. (2000). efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de curcuma longa l. y de los cucuminoides. *ars pharmaceutica*, 41: 307-321.
- montaño cuartas, c. m. (2004). *evaluación sistémica de las potencialidades empresariales a partir de la cúrcuma longa en el departamento de caldas*. repositorio institucional, biblioteca digital.
- muñoz-ruiz, c. (2003). rueba de cuatro densidades y tres arreglos espaciales de siembra en plátano. *tecnología en marcha*, 40-54.
- ocampo-lópez, o. l.-h. (2017). tendencia de la producción y el consumo del café en colombia. *scielo*, 139/165.
- ortiz, r. (2012). *el cambio climático y la producción agrícola*. recuperado el 2019 -11-09 <http://www.keneamazon.net/documents/publications/virtual-library/economia-desarrollo/99.pdf>
- ospina ante, a. (2003). *aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. agroforesteria ecologica.
- paredes guzmán, g. r. (2018). *productos agrícolas para implementar huertas caseras en altos de cazucá, soacha*. recuperado el 2019 -11-09 <file:///c:/users/usuario/downloads/8394-article%20text-24374-7-10-20190204.pdf>
- ravindran, p. n. (2007). *turmeric: the genus curcuma*. print & ebooks.
- ríos rivera, m. a. (s.f.). determinacion experimental de la curva del coeficiente de cultivo (kc) para el cultivo de curcuma (curcuma longa) en el corregimiento el limonar del municipio de dagua, valle del cauca. *colombiana de quimica*.
- saiz de cos, p. &.-u. (2014). cúrcuma i (curcuma longa l.). *reduca biologia*, 84/99.
- sánchez, m. d. (1998). *sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la*

*producción animal en américa latina tropical*. recuperado el 2019 -11-09

<http://www.fao.org/3/x1213s/x1213s.pdf>

shock, c. c. (2013). *el riego por goteo: una introducción*. recuperado el 2019 -11-09

<https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8782-s.pdf>

soto, g. a. (2004). *efecto de la fertilizacion fraccionada sobre el rendimiento de curcuma longa (zingiberaceae) en guatuso, alajuela*. recuperado el 2019 -11-09

[https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v28n02\\_107.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v28n02_107.pdf)

velázquez-zavala, m. p.-e.-b.-a. (2016). moringa (*moringa oleifera* lam.): usos potenciales en la agricultura, industria y medicina. *chapingo*, 95/116.

## Anexos

### Anexo 1 Análisis Financiero del sistema agroforestal

### Anexo 2 Tabla de costos de producción para establecer una hectárea de *Cúrcuma Longa L.*

Actividad	Unidad	Costo	Rendimiento	V, Total
	Medida	unidad		
<i>1. Costos Directos</i>				
<i>Adecuación del terreno</i>				
Guadañada	Contrato	150,00	1,00	150
Apilado y recolección de residuos de guadaña	Jornal	30,00	5,00	150
Recolección muestra suelos	Jornal	30,00	1,00	30
Análisis de caracterización de suelos	Contrato	100,00	1,00	100
<i>Labores de establecimiento</i>				
Trazado a doble surco	Jornal	30,00	4,00	120
tractoreada del terreno y camellones	Horas	90,00	12,00	1080
Encalamiento	Jornal	30,00	2,00	60
Desinfección del área de siembra	Jornal	30,00	2,00	60
Siembra	Jornal	30,00	15,00	450
Reposición o resiembra	Jornal	30,00	7,00	210
Aplicaciones materia orgánica	Jornal	30,00	15,00	450
Aporque (1 vez)	Jornal	30,00	20,00	600
Mantenimientos ( con guadaña)	Jornal	150,00	1,00	150
Mantenimientos (limpieza manual)	Jornal	30,00	17,00	510
Protección fitosanitaria (fumigaciones)	Jornal	30,00	3,00	90
Fertilización	Jornal	30,00	15,00	450
Entresaca recolección y cosecha	Jornal	30,00	50,00	1500

Flete abono y cal	Contrato	180	4,00	720
Flete semilla		180	1,00	180
<i>Materiales e insumos</i>				0
Micorriza (30 gr plántula)	Bulto	38	32,00	1216
semilla tubérculo	Kilo	2,5	1800,00	4500
Fertilizante NPK (20 gr plántula)	Bulto	68	21,00	1428
Aboniza (100gr plántula)	Bulto	7,5	105,00	787,5
cal ( 1000kg/Ha)	Bulto	7,2	20,00	144
Enraizador biomex (300cc / 100lts H2O)	Tarro	150	1,00	150
Palín	Unidad	8,5	2,00	17
Machete	Unidad	11	2,00	22
Azadón	Unidad	8	2,00	16
Maquina fumigadora 20 litros	Unidad	150	1,00	150
Biológicos	Global	15	16,00	240
Limas	Unidad	4	2,00	8
Arrendamiento de tierra	Meses	130	12,00	1560
SUB TOTAL 1				17298,5
etapa de vivero				
producción de material vegetal plántulas	unidad	154,92	65000,00	10.070.000
SUBTOTAL 2				10.070.000
sistema de riego				
Captación del recurso hídrico	Global	5554000	1,00	5.554.000
Almacenamiento	Global	12222000	1,00	12.222.000
cabezal de riego	Global	5835000	1,00	5.835.000

módulos de riego	Global	7522100	1,00	7.522.100
instalaciones eléctricas	Global	16.633.000,00	1,00	16633000
SUB TOTAL 2				47.766.100
<i>Deshidratación</i>				
camas de pre-deshidratación	Unidad	1.500,00	6,00	9.000,00
deshidratador solar automatizado	Unidad	15.266.000,00	1,00	15.266.000,00
SUBTOTAL 3				15.275.000,00
Transformación en harina				
bodega en guadua de transformación	Global	5.000.000,00	1,00	5.000.000,00
Molino de martillos en acero	Global	28.000.000,00	1,00	28.000.000,00
olla industrial a presión	Global	8.000.000,00	1,00	8.000.000,00
Tambor rotacional	Global	10.000.000,00	1,00	10.000.000,00
Estufas industriales	Global	1.000.000,00	1,00	1.000.000,00
Selladora de sacos	Global	1.000.000,00	1,00	1.000.000,00
SUBTOTAL 5				53.000.000,00

Actividad	Unidad	Costo	Rendimient	V, Total
	Medida	Unidad	o	
trazo	Jornal	30.000,0 0	2,00	60000
siembra árboles y cerca viva en moringa	Jornal	30.000,0 0	5,00	150000
Resiembra	Jornal	30.000,0 0	1,00	30000
Plateos	Jornal	30.000,0 0	4,00	120000
fertilización química y foliar	Jornal	30.000,0 0	2	60000
cercos de aislamiento	Jornal	30.000,0 0	20,00	600000
podas de formación	Jornal	30.000,0 0	5,00	150000
entresaca selectiva cerca viva moringa	Jornal	30.000,0 0	5,00	150000
control fitosanitario	Jornal	30.000,0 0	2,00	60000
cosecha	jornal	30.000,0 0	10,00	300000
Secado	Jornal	30.000,0 0	5,00	150000
desvaine	Jornal	30.000,0 0	15,00	450000
limpieza de impurezas	Jornal	30.000,0 0	10,00	300000
selección	Jornal	30.000,0 0	5	150000

empaque	Jornal	0	1,00	30000
almacenamiento	Jornal	0	2,00	60000
SUBTOTAL 1			94,00	2820000
Insumos				
urea	bulto	58000	1	58000
biológicos	Global	10	16,00	160,00
Fertilizante NPK (100 gr / árbol) y 10-30-10	bulto	68000	1	68.000,00
Semilla	Kg	90000	2,5	225.000,00
SUBTOTAL 1			20,5	351.160,00
IMPREVISTOS 15%				475.674,00
GRAN TOTAL				3.646.834,00

NOTA: un kilo de semilla trae aproximadamente 2000 semillas

Un árbol de moringa en su estado adulto puede arrojar en promedio de 4 a 6 kilos de semilla, y en condiciones bajo riego puede llegar a florear 2 veces al año.

NOTA 2. el costo de kilo a la venta de semilla es se vende de 80 a 120.000 pesos

*Anexo 4 Costos de establecimiento del sistema de riego necesario para el proyecto.*

<i>Componente</i>	<i>Medidas requeridas</i>	<i>Costo</i>	<i>Observaciones</i>
<b>Captación</b>	Motobomba de 10 hp 2x2 altura 150 m 140 gpm	\$4.354.000	No se estima costo de mano de obra para la adecuaciones necesarias para el

	Manguera de 2" 300 m	\$1.200.000	aprovechamiento del agua
<b>Almacenamiento</b>	Excavación de 220 m <sup>3</sup>	\$10.500.000	Incluye mano de obra total para la adecuación e instalación del reservorio.
	Geo-textil de 3.5 m ancho x 87 m largo	\$826.000	
	Plástico negro calibre 8 con protección uv de 10 m ancho x 32 m largo	\$896.000	
<b>Cabezal de riego</b>	Motobomba de 10 hp 2x2 altura máxima 24 m 130 gpm	\$3.985.000	
	Filtro de anillos de 3" e inyección de fertilizante	\$650.000	
	Manguera de conducción de agua de 2" 300 m	\$1.200.000	
<b>Módulos de riego</b>	Costo de riego por hectárea	\$7.522.100	
<b>Instalaciones eléctricas</b>	Alambre calibre 4, 1800 metros.	\$14.000.000	
	Accesorios de conexión	\$1.633.000	
<b>Mano de obra</b>	global	\$1.000.000	
<b>SUB TOTAL</b>		<b>\$47.766.100</b>	
Imprevistos 10%		\$4.776,610	
<b>TOTAL</b>		<b>\$52.542.710</b>	

**Materiales para una hectárea de riego a través de manguera cinta con goteros a 15 cm**

Cantidad.	Detalle	Vr. unitario	Vr. Total
18.000 m	Manguera cinta a 15 cm	220	3.960.000
360	Conectores	1.000	360.000
200 m	Manguera de 1,1/2"	2.500	500.000
80 m	Manguera de 2"	3.200	320.000
8	Llaves de pvc de 1,1/2"	25.000	200.000
8	Tee pvc de 2"	7.500	60.000
8	Buje de 2x 1,1/2"	5.500	44.000

2 tubos	pvc de 2"	65.000	130.000
1 tubo	Pvc de 1,1/2"	37.000	37.000
<b>Sud total</b>			<b>5.611.000</b>
Imprevistos 10%			561.100
Instalación			1.350.00
<b>Total</b>			<b>7.522.100</b>

#### Materiales para la instalación eléctrica que requiere el proyecto

Cantidad.	Detalle	Vr. unitario	Vr. Total
1800 m	Alambre calibre 4, 3 fases a 220.	\$7.777	14.000.000
30 m	Cable concéntrico	\$23.500	705.000
2	Guarda motor	\$170.000	340.000
1	Contador 3 fases- activo –reactivo	\$270.000	270.000
3	Terminal pircin	\$12.000	36.000
1	Automático de protección 3x6 Amp.	\$92.000	92.000
1	Varilla de aterrizaje cobre-cobre, 1.80 mt	130.000	130.000
1	Soldadura exotérmica	60.000	60.000
<b>Sub total</b>			<b>15.633.000</b>
Instalación			1.000.000
<b>Total</b>			<b>\$16.633.000</b>

#### Anexo 5 Presupuesto requerido para la construcción de los deshidratadores solares

Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de\$).

RUBROS	TOTAL
Personal	\$ 4.119
Equipos	\$ 1.930
Software	\$ 1.000
Materiales	\$ 5.978,4
Salidas de Campo	\$ 50
Material Bibliográfico	\$ 200
Publicaciones y Patentes	\$ 500
Servicios Técnicos	\$ 689,00
Viajes	\$ 200
Construcciones	\$ 150
Mantenimiento	\$ 300
Administración	\$ 150
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 15.266</b>

Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).

Nombre del Investigador y formación académica	Función en el proyecto	Número de meses de vinculación con el proyecto	Dedicación Horas/Semanas	TOTAL
GERMAN AGUDELO	Asistente técnico de proyecto	1	4	390
JUAN CARLOS ESPINOSA	Asistente técnico en campo y en deshidratación	6	25	2.300
OSCAR GOMES	Asistente técnico en automatización del deshidratador	1	8	740
JOSE MANUEL DIAZ	Operario de campo	1	48	

			689
TOTAL			\$ 4.119

Experiencia requerida en profesionales

Categoría de investigadores	Límite máximo en salarios mínimos legales vigentes
Doctorado + Publicaciones Internacionales + Experiencia reconocida en investigación	Hasta 18
Doctorado, poca experiencia	Hasta 15
Maestría + Publicaciones Internacionales + Experiencia reconocida en investigación	Hasta 12
Maestría, poca experiencia	Hasta 10
Especialización	Hasta 8.5
Título profesional únicamente	Hasta 8
Técnicos y/o estudiantes de pregrado	Hasta 2

Descripción de los equipos que se planea adquirir (en miles de \$).

Equipo y herramientas	Justificación	Total
Equipo de computo	Realizar plan y registrar los datos de la investigación, para manejar automáticamente los cambios de humedad relativa y temperatura interna del cámara de secado	1100
Higrómetro	medir la humedad interna de la fruta deshidratada	300
termómetro digital	medir la temperatura interna de la	200

	cámara de secado	
1 balanza	medir perdida de pesos en frutas	150
1 taladro	pegar madera con tornillos	150
1 serrucho	cortar madera de la construcción	10
1 machete	cortar lo requerido por la construcción	12
1 martillo	pegar puntilla	8
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.930</b>

Descripción de los Software que se planea adquirir (en miles de \$).

Descripción	Justificación	Total
	Salvar toda la información realizada	
Paquete de office y de Autocad	duran te la investigación y análisis estadístico del mismo	1000
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1000</b>

Valoración salida de campo (en miles de \$)

Descripción	Justificación	Total
	Identificación y adecuación del área	
Salida de campo región 1	donde se realizará el deshidratador y mediciones del terreno.	50
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 50</b>

Descripción de los materiales que se planea adquirir (en miles de \$).

Descripción	Justificación	Total
Planos estructurales, eléctrico y conducción de aire caliente	realizar el plano y diseño en planta de lo que se va construir	400
18 cuartones de madera por 2.20 metros	construcción de estructura interna del secador solar	144
17 cuartones de madera por 4.20 metros	construcción de estructura interna del secador solar	204
6 cuartones de madera por 3.30 metros	construcción de estructura interna del secador solar	60
4 cuartones de madera por 1 metro	construcción de estructura interna del secador solar	24
52 tablas de madera sajo x 3,30 metros	construcción de estructura interna del secador solar	260
18 tablas de madera sajo x 4,20 metros	construcción de estructura interna del secador solar	144
52 tablas de madera sajo x 1 metro	construcción de estructura interna del secador solar	104
2 lamina de icopor de 2" de grosor de 2.20mt de ancho x 3.30 mt de alto	aislante térmico	50
3 lamina de icopor de 2" de grosor de 2.20mt de ancho x 4.20 mt de alto	aislante térmico	50
2 lamina de icopor de 2" de grosor de 3.30mt de ancho x 4.20 mt de alto	aislante térmico	100
2 lamina de icopor de 2" de grosor de 1mt de ancho x 2.20 mt de alto	aislante térmico	25
2 lamina de icopor de 2" de grosor de 1mt de ancho x 4.20 mt de alto	aislante térmico	40
2 láminas de zinc lisa de 3.30 mt ancho x 4,20 de alto	cubrir el armazón en madera e icopor y no permitir el escape del aire	88

	caliente y descensos de temperatura	
2 láminas de zinc lisa de 1 mt ancho x 2,20 de alto	cubrir el armazón en madera e icopor y no permitir el escape del aire caliente y descensos de temperatura	32
2 láminas de zinc lisa de 1 mt ancho x 4,20 de alto	cubrir el armazón en madera e icopor y no permitir el escape del aire caliente	32
3 láminas de zinc lisa de 2.20 mt ancho x 4,20 de alto	cubrir el armazón en madera e icopor y no permitir el escape del aire caliente	108
2 láminas de zinc lisa de 2.20 mt ancho x 3,30 de alto	cubrir el armazón en madera e icopor y no permitir el escape del aire caliente	32
1 lamina de vidrio de 1/2" de grosor transparente de 2.20 de ancho x 4,20 de largo	división de cámara de secado 1 y 2 para que sirva de condensación del agua	300
3 cajas de puntilla de 2 1/2 " pulgadas	pegar estructura en madera	11.4
1 caja de puntillón de 5" pulgadas	pegar estructura en madera	6
1 caja de tornillos para madera de 5" pulgadas	pegar estructura en madera con zinc e icopor	5
5 unidades de silicona liquida para techos	hermetizar las cámaras de secado	55
9 parrillas de 1mt de ancho x 1m de largo y 2mt de alto	para extender la fruta a deshidratar	50
10 mt de tubería PVC de 2" pulgadas	conducir el aire caliente del panel solar a la cámara de secado	655
accesorios de tubería PVC (uniones y codos)	unir las instalaciones de tubería	100
extractor de aire	empujar el aire caliente recolectado de los paneles solares a la cámara	200
9 pipas de almacenamiento de aire cálido	verificar que la cantidad de aire caliente sea igual en cada parrilla	350

TOTAL	\$ 3.618
-------	----------

Descripción	Justificación	Total
2 listones de 2" pulgadas de 2.10 mt	madera para realizar la estructura	16
2 listones de 2" pulgadas de 1.20 mt	firme (esqueleto)	16
1 lamina de zinc corrugada de 1,20 de ancho x 2,10 largo	soporte para las latas de cerveza	16
324 latas de cerveza	almacenador de energía solar	16,2
1 galón de pintura negra	pintar las latas y el zinc del panel	12,5
1 lamina de acrílico de 1,20 de ancho x 2,10 de largo	pantalla protectora que deja pasar el calor mas no los rayos solares	120
M		\$ 196,7

## Materiales para imágenes

Descripción	Justificación	Total
1 Imágenes virtuales	Visualizar el proyecto en 3D	150
TOTAL		\$ 150

## Materiales para administración

Descripción	Justificación	Total
Papelería y útiles de oficina	Aplicación de formatos de seguimiento y tomas de datos de monitoreo	\$ 150
TOTAL		\$ 150

Descripción de los servicios técnicos que se planea adquirir (en miles de \$).

Descripción	Justificación	Total
Deshidratador solar con paneles solares construido con madera y zinc	deshidratar frutas o productos agrícolas de manera eficiente rápida y económica	689
TOTAL		\$ 689

Descripción de la bibliografía que se planea adquirir (en miles de \$)

Descripción	Justificación	Total
textos y manuales de curvas de secado de frutas	ajustar curvas de secado de diferentes frutas y productos del agro	\$ 200
TOTAL		\$ 200