

**Diseño y establecimiento de tres sistemas agroforestales de Cacao (*Theobroma cacao L.*),  
Nogal (*Cordia gerascanthus L.*) y Paulonia (*Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud.*) en la  
vereda Colorados, municipio de Puerto Salgar, Cundinamarca.**

**Jenny Marcela Aguilar Bejarano**

**Georgina Paola Rincón Muñoz**

**Universidad Nacional Abierta y A Distancia – UNAD**

**Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente**

**Ingeniería Agroforestal**

**La Dorada, Caldas**

**Mayo de 2019**

**Diseño y establecimiento de tres sistemas agroforestales de Cacao (*Theobroma cacao L.*),  
Nogal (*Cordia gerascanthus L.*) y Paulonia (*Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud.*) en la  
vereda Colorados, municipio de Puerto Salgar, Cundinamarca.**

**Jenny Marcela Aguilar Bejarano**

**Georgina Paola Rincón Muñoz**

**Trabajo de Proyecto Aplicado para Optar por el Título de Ingeniera Agroforestal**

**Ramon Antonio Mosquera Mena**

**Ingeniero Agroforestal**

**Especialista en Pedagogía**

**Magister en Educación Virtual**

**PhD en Desarrollo Sostenible**

**Asesor**

**Universidad Nacional Abierta y A Distancia – UNAD**

**Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente**

**Ingeniería Agroforestal**

**La Dorada, Caldas**

**Mayo de 2019**

**Nota De Aceptación**

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**D ( ) M ( ) A ( )**

## **Dedicatoria**

A Dios, por darnos la oportunidad de trabajar juntas en este proyecto.

A nuestras familias, quienes siempre nos apoyaron y nunca nos permitieron renunciar a este  
proyecto.

A nuestros amigos, quienes nos brindaron consejos y palabras de aliento para continuar.

## **Agradecimientos**

Agradecemos muy especialmente la colaboración y apoyo de la Finca El Porvenir, Vereda Colorados en el Municipio de Puerto Salgar, donde aplicamos nuestros conocimientos mediante la implementación de un proyecto aplicado que busca no solo colaborar con mejorar la literatura en cuanto a este tipo de proyectos en la región sino con el desarrollo de nuestras destrezas como futuras profesionales en el área agroforestal, y sobre todo al administrador, Orlando Soto, quien nos compartió sus conocimientos empíricos para ejecutar este proyecto. También a nuestras familias, quienes nos han brindado su apoyo incondicional durante el desarrollo de este proyecto, y a pesar de las adversidades, siempre nos motivaron para continuar con nuestros estudios profesionales; a la ingeniera Paola Alexandra Martínez Martínez, quién nos ha brindado su apoyo y guía para la ejecución y documentación de este proyecto; a cada uno de los tutores quienes nos condujeron a ese punto tan importante en nuestro proyecto de vida; y, sobre todo a Dios, por darnos todas las herramientas necesarias para culminar esta etapa de nuestras vidas.

## Resumen

Considerando la tendencia económica del Magdalena Medio, surgió la necesidad de documentar sistemas de producción alternativos, en este caso, un sistema agroforestal, para evaluar su comportamiento inicial en esta zona agroecológica, específicamente en la vereda Colorados, en el municipio de Puerto Salgar, Cundinamarca, y de esta forma brindar a los pequeños y medianos productores, otras opciones para mejorar la productividad de sus espacios y a su vez, combatir la crisis ambiental, temática de especial importancia en la actualidad. Para lograr este objetivo se diseñó un sistema agroforestal combinando Cacao (*Theobroma cacao L.*), un cultivo en aumento en la zona, Nogal o Mónico (*Cordia gerascanthus L.*), especie forestal nativa y Paulonia (*Paulownia tomentosa (Thunb) Steud.*), especie forestal foránea. Para llevar a cabo este objetivo, se realizó la medición y preparación del lote, se diseñaron 3 sistemas agroforestales (cacao, nogal y paulonia), (cacao y nogal) y (cacao y paulonia), se instaló un vivero temporal para la obtención de plántulas requeridas, se realizó el trazado de los arreglos, se procedió a sembrar, se realizó el manejo inicial del cultivo, incluyendo limpiezas y fertilización y se registró el progreso de las plantas durante 12 meses. En la información recolectada de los arreglos se concluye que las plantas de Cacao y Nogal tuvieron un desarrollo adecuado, lo cual indica que estas especies pueden ser usadas en SAF y, si se tiene el manejo adecuado para cada especie, se pueden obtener grandes beneficios económicos. Por el otro lado, la especie Paulonia no manifestó el comportamiento esperado según literatura consultada para la ejecución de este proyecto, lo cual se puede atribuir a los requerimientos edafológicos de la especie.

**Palabras clave:** Sistemas agroforestales, paulonia, cambio climático, servicios ambientales, *Cordia gerascanthus*

## Abstract

Considering the economic tendency of Magdalena Medio, the need arose to document alternative production systems, in this case, an agroforestry system, to evaluate its initial behavior in this agroecological zone, specifically in the village of Colorados, in the municipality of Puerto Salgar, Cundinamarca , and in this way provide small and medium producers with other options to improve the productivity of their lands and, in turn, combat environmental crisis, a topic of special importance at present. To achieve this goal, an agroforestry system was designed combining cocoa (*Theobroma cacao*), a growing crop in the area, walnut or moncoro (*Cordia gerascanthus*), native forest species and paulonia (*Paulownia tomentosa*), a foreign forest species. To carry out this objective, the batch was measured and prepared, 3 agroforestry systems were designed (cocoa, walnut and paulonia), (cocoa and walnut) and (cocoa and paulonia), a nursery was installed to obtain seedlings required, the layout of the arrangements was made, the planting was carried out, the initial management of the crop was carried out, including cleaning and fertilization and the progress of the plants was recorded during 12 months. In the information collected from the arrangements it was concluded that the cocoa and walnut plants had an adequate development, which indicates that these species can be used in SAF and, if the proper management for each species is applied, it can obtain great economic benefits. On the other hand, the paulonia species did not show the expected behavior according to literature consulted for the execution of this project, which could be attributed to the edaphological requirements of the species.

**Key words:** agroforestry system, paulonia, climatic change, environmental services, *Cordia gerascanthus*

## Tabla de contenido

Resumen.....	6
Tabla de contenido.....	8
Listado de tablas .....	11
Listado de ilustraciones .....	12
Glosario.....	14
INTRODUCCION .....	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
2. JUSTIFICACIÓN.....	21
3. OBJETIVOS .....	23
3.1 Objetivo General.....	23
3.2 Objetivos específicos .....	23
4. MARCO REFERENCIAL.....	24
4.1 Marco contextual .....	24
4.1.1 Zona de estudio .....	24
4.1.2 Límites del municipio. ....	24
4.2 Referente teórico .....	24
4.2.1 Sistemas agroforestales. ....	24
4.2.1.1 Definición.....	24
4.2.1.2 Clasificación.....	25
4.2.1.3 Ventajas.....	25
4.2.1.4 Diseño.....	26
4.2.2 Cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ).....	26
4.2.2.1 Morfología.....	26
4.2.2.2 Condiciones edafológicas y climáticas.....	27



4.2.2.3	<i>Idoneidad de la especie en SAF</i> .....	28
4.2.2.4	<i>Principales plagas y enfermedades</i> .....	31
4.2.3	<i>Paulonia (Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud.)</i> .....	33
4.2.3.1	<i>Particularidades de la especie</i> .....	33
4.2.3.2	<i>Clima</i> .....	34
4.2.3.3	<i>Suelo</i> .....	34
4.2.3.4	<i>Principales usos</i> .....	34
4.2.4	<i>Nogal, Mónico (Cordia gerascanthus L.)</i> .....	35
4.2.4.1	<i>Descripción</i> .....	35
4.2.4.2	<i>Silvicultura</i> .....	35
4.2.4.3	<i>Requerimientos climáticos y edafológicos</i> .....	36
4.2.4.4	<i>Usos</i> .....	36
5.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	37
5.1	<b>Características ambientales</b> .....	37
5.2	<b>Actividades</b> .....	38
5.2.1	<b>Diseño de Arreglos Agroforestales</b> .....	38
5.2.2	<b>Medición y Preparación del terreno</b> .....	38
5.2.3	<b>Producción de plántulas en vivero</b> .....	38
5.2.4	<b>Trazado</b> .....	39
5.2.5	<b>Siembra</b> .....	39
5.2.6	<b>Manejo</b> .....	39
5.2.7	<b>Seguimiento y monitoreo</b> .....	39
6.	<b>RESULTADOS</b> .....	40
6.1	<b>Diseño del SAF</b> .....	40
6.2	<b>Resumen del diseño de las plantaciones</b> .....	44

<b>6.3 Implementación y proceso.....</b>	<b>45</b>
<b>6.2 Registro de altura y mortalidad.....</b>	<b>53</b>
<b>6.2.1 Crecimiento del cacao.....</b>	<b>53</b>
<b>6.2.2 Crecimiento del nogal.....</b>	<b>55</b>
<b>6.2.3 Crecimiento de la paulonia.....</b>	<b>55</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>62</b>

## **Listado de tablas**

Tabla 1. Resumen de área y plántulas a sembrar .....	44
Tabla 2. Registro fotográfico de las etapas del proyecto .....	45
Tabla 3. Porcentaje de germinación y tasas de mortalidad de las especies .....	57

## Listado de ilustraciones

Ilustración 1. Vereda Colorados, Municipio Puerto Salgar, Cundinamarca.....	37
Ilustración 2. Distribución de sembrado de Cacao, Paulonia y Nogal - Arreglo 1. Autoría propia. .....	42
Ilustración 3. Distribución de sembrado de nogal y cacao – arreglo 2. Autoría propia.....	43
Ilustración 4, Distribución de sembrado de cacao y paulonia – arreglo 3. Autoría propia.....	44
Ilustración 5. Limpieza del terreno .....	45
Ilustración 6. Medición de lote. ....	46
Ilustración 7. Germinación del cacao.....	46
Ilustración 8. Siembra de cacao en vivero .....	47
Ilustración 9. Plantas de cacao a los 15 días de siembra en vivero.....	47
Ilustración 10. Semillero de nogal .....	48
Ilustración 11. Nogal adquirido en vivero certificado .....	48
Ilustración 12. Semillero de paulonia .....	49
Ilustración 13. Esquejes pregerminados de paulonia.....	49
Ilustración 14. Plantas de paulonia para trasplante.....	50
Ilustración 15. Demarcación del trazado de siembra .....	50
Ilustración 16. Ahoyado para trasplante de cacao .....	51
Ilustración 17. Siembra de una planta de cacao.....	51
Ilustración 18. Fertilización del cacao .....	52
Ilustración 19. Medición de alturas de planta de cacao .....	52
Ilustración 20. Planta de Nogal en terreno definitivo .....	53
Ilustración 21. Planta de paulonia en terreno definitivo .....	53

Ilustración 22. Altura del cacao a los 3, 6 y 9 meses. Autoría propia.....	54
Ilustración 23. Altura del nogal a los 3, 6 y 9 meses. Autoría propia.....	55
Ilustración 24. Altura del paulonia a los 3 y 6 meses. Autoría propia.....	56

## Glosario

A continuación se definen algunos términos importantes para la contextualización de la información que se presentará en el documento. Los siguientes autores fueron consultados para la construcción de este glosario: Álvarez, I.; Dovale, C. y Rosell, W. (2001), Campo, A. y Duval, V. (2014), Castañeda, J.; Gallego, A.; González, G. y Hernández, E. (s.f.), EPEC (s.f.), Esparza, F. (s.f.), FAO (1991), García, G. y García, N. (s.f.), IDEAM (2007), Jiménez, C; Torres-Orozco, R. y Martínez, P. (s.f.), Morás, M. (2003), Naciones Unidas, Porras, A. (s.f.), Rivera, O. y Valle, O. (s.f.), Reyes, J. (2013), Reynosa, E. (2015), Sáez, A. (s.f.), SEMARNAT (2003), Universidad de Caldas y Unión Europea. (2011), Universidad del Valle (2015), Zarta, P. (2018).

**Agricultura:** conjunto de técnicas y conocimientos relativos al cultivo de la tierra.

**Biodiversidad:** diversidad de seres vivos en el planeta.

**Biomasa:** parte biodegradable de los bienes y residuos de actividades agrícolas y forestales y de su transformación.

**Caducifólio:** de hoja caduca, que se le cae al empezar la estación o temporada desfavorable.

**Cambio climático:** modificación climática asociado a efectos naturales o acciones humanas.

**Cojín floral:** estructuras compuestas donde nacen flores diminutas.

**Crisis ambiental:** se refiere al momento en el que el ambiente de una especie o población sufre cambios críticos que desestabilizan su continuidad.

**Edafología:** Disciplina que examina todos los aspectos del suelo.

**Efecto invernadero:** consecuencia de la absorción de la radiación solar extraterrestre, cuando esta es irradiada de vuelta a la superficie de la tierra, y, en consecuencia, eleva la temperatura del planeta a 33°C, permitiendo la vida en la tierra.

**Esciófita:** se refiere a las plantas que crecen en la sombra.

**Ganadería extensiva:** tipo de ganadería que aprovecha los recursos naturales del territorio, reduce el uso de insumos externos, y está orientada al pastoreo.

**Ganadería intensiva:** tipo de ganadería donde se mantiene a los animales encerrados en corrales, se les proporciona forrajes y alimento balanceado.

**Heliófita:** cualquier especie que requiere de exposición directa a la luz solar para vivir y desarrollarse.

**Horqueta:** parte del árbol donde se juntan el tronco y una rama mediana formando un ángulo agudo.

**Microclima:** grupo de elementos climáticos que son específicos de un lugar.

**Monitoreo:** observación de un sistema con el fin de calificar su desempeño en diferentes aspectos.

**Monocultivo:** Método de siembra que radica en usar el área de cultivo para una sola variedad vegetal.

**Morfología:** grupo de ciencias que estudian la formación y comportamientos de los seres vivos.

**Muestreo:** selección de una pequeña parte estadísticamente determinada.

**Pecíolo:** pequeña rama que sostiene la hoja.

**Porcentaje de germinación:** prueba que se realiza para saber cuántas semillas pueden llegar a germinar después de sembrarse.

**Punto de ignición:** condiciones físicas necesarias para que la sustancia empiece a arder al acercarse a una fuente de calor y se mantenga la llama una vez retirada de ella.

**Reproducción asexual:** forma de reproducción sin la fusión de las células especializadas.

**Reproducción sexual:** forma de reproducción obtenida por la unión de una célula masculina y otra femenina o la fecundación de un huevo.

**Servicio ambiental:** utilidades que la naturaleza proporciona a la humanidad.

**Sostenibilidad:** cualidad de producir los bienes necesarios para la humanidad, con el uso de tecnologías limpias, sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente.

**Vivero:** instalaciones agronómicas donde se cultivan todo tipo de plantas hasta que alcanzan el desarrollo adecuado para ser trasplantados en un lugar definitivo.



## INTRODUCCION

El creciente impacto de las técnicas convencionales de producción agropecuaria (los monocultivos y la ganadería intensiva y extensiva) sobre los recursos naturales, como la degradación de suelos, pérdida de biodiversidad, contaminación de fuentes hídricas, producción de gases de efecto invernadero, entre otros; ha dado como resultado la necesidad replantear estos sistemas de producción, buscando su sostenibilidad y la de su entorno (Salgado, 2013). Es aquí donde la agroforestería puede llegar a cumplir con los nuevos retos del mundo moderno, como el cambio climático y la creciente demanda de productos y servicios, mediante la implementación de sistemas integrales de producción eficientes, los cuales ayuden a mantener la productividad, proteger los recursos naturales, minimizar los impactos ambientales y potenciar la economía y el desarrollo rural (Castro, Mazo y Rubiano, 2016).

Sin embargo, promover la implementación de estos sistemas para los productores del Magdalena Medio es un desafío, debido a la poca documentación referente a experiencias exitosas en esta región. Por todo lo anterior, se optó por llevar a campo los conocimientos adquiridos bajo el desarrollo de un proyecto aplicado, teniendo en cuenta experiencias de SAF con cacao en otras regiones del país (Agudelo, 2016), con el objetivo de contribuir a mejorar la perspectiva frente a las alternativas de producción complementando la actividad económica principal de la zona.

En este documento, se presentan las actividades ejecutadas dentro del marco del proyecto, donde se establecieron tres sistemas agroforestales combinando las siguientes especies:

*Theobroma cacao*, la cual tiene una demanda constante, es propio de los trópicos húmedos y tiene un precio estable en el mercado (Landaeta, 2016), *Cordia gerascanthus*, especie que es endémica de la región, cumple funciones de restauración ecológica, y posee valor económico

gracias a su madera (Universidad de Antioquia, s.f.); y *Paulownia tomentosa*, la cual se destaca por su rápida producción de biomasa, ofreciendo madera de calidad, su capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> y como recuperador de zonas agrícolas (Abellán, Del Cerro, García, López, Lucas, Martínez y Pérez, 2011); mostrando la metodología utilizada para llevar a cabo cada una de las etapas del proyecto aplicado, que van desde el diseño de cada arreglo o SAF, la medición y la preparación del terreno, la producción del plántulas en vivero, trazado, la siembra en terreno definitivo, manejo y seguimiento y monitoreo de la etapa de crecimiento inicial de la especie.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Muchos proyectos de desarrollo empresarial del sector rural vienen dedicando sus esfuerzos hacia la generación de utilidades en el corto plazo mediante la implementación de sistemas de producción agrícola, pecuaria e incluso forestal que terminan generando daños en los suelos y en algunos casos irreparables, por tratarse de procesos pocos planificados, sin visión de largo plazo; esto sucede básicamente en terrenos de propiedad de fincas con estricta operación empresarial y comercial dedicándose a la producción de alimentos, bovinos, pastos, forrajes, etc, que terminan por disminuir y destruir la capacidad productiva de los suelos.

La ganadería extensiva y los sistemas convencionales de producción agrícola en el país se caracterizan por la baja eficiencia en el uso del suelo, además de ocasionar serios problemas ambientales producto de la deforestación, la quema, la erosión y la pérdida de biodiversidad, lo que a su vez afecta la productividad (Mahecha, 2003).

En la zona rural del municipio de Puerto Salgar se evidencia una carencia en el conocimiento y aplicación de los sistemas agroforestales tales que permitan a los agricultores y ganaderos escoger alternativas tecnificadas adaptables a las condiciones ambientales, se abre el horizonte para iniciar con experiencias en cuanto al diseño de estos sistemas agroforestales en beneficio de la comunidad y del ambiente, así como posibilidad de monitorear el comportamiento en las etapas iniciales de desarrollo de las especies escogidas para este proyecto.

En Puerto Salgar, la ganadería ocupa el renglón más importante de su economía, pues gracias al apoyo y fortalecimiento de esta actividad económica, se está utilizando el 91% del suelo productivo; mientras que la agricultura solo ocupa el 9%, primando cultivos estacionales como el maíz (EOT Puerto Salgar, 2018). Por esto, y para promover la producción diversificada que también beneficie a productores medianos y pequeños, se hace necesaria la implementación de

alternativas viables de producción que se ajusten no solamente a las condiciones sociales y económicas del agricultor, sino también las condiciones agroecológicas de la zona de estudio; como lo son los sistemas agroforestales (SAF). Sin embargo, la falta de experiencias documentadas sobre el diseño e implementación de estos sistemas en la región, implica un problema a la hora de involucrar a los productores en esta solución para mejorar la productividad de sus predios y, a la vez, contribuir con la crisis ambiental actual, es decir, mejorar las condiciones de los suelos, fauna y flora, mayor captura de dióxido de carbono y favorecer a la regulación hídrica

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las condiciones agroclimáticas del municipio de Puerto Salgar permiten la siembra de varios cultivos de gran importancia para el país como cacao, plátano, cítricos, papaya, patilla, yuca, maíz, entre otros; los cuales pueden resultar muy rentables para medianos y pequeños productores. El cultivo de Cacao, que se ha ido consolidando como alternativa económica gracias a su bajo coste de implementación y mantenimiento; es entonces el producto ideal para la región y su versatilidad como complemento agrícola de los sistemas agroforestales. El gobierno, el Ministerio de Agricultura, las entidades financieras y los entes reguladores como el ICA y FEDECACAO, han mostrado su apoyo a sistemas de producción con este cultivo (FEDECACAO, 2013) lo que a su vez permite diseñar y estudiar sistemas agroforestales adaptados a las condiciones agroecológicas de la zona y que promueva mejorar la producción mediante la diversificación de especies cultivadas y donde se pueda obtener adicionalmente la oferta de servicios ecosistémicos.

El proyecto se enfoca en diseñar e implementar un sistema agroforestal – SAF en la Finca El Porvenir, Vereda Colorados en el Municipio de Puerto Salgar, que permita un mejor aprovechamiento del recurso suelo con que cuenta el predio sin generar impactos negativos para el ambiente, esto con el fin de documentar el establecimiento y comportamiento en etapa inicial de establecimiento de un SAF en las condiciones agroecológicas del valle del Magdalena Medio, mediante seguimiento y monitoreo de los primeros 12 meses de ejecución. Se considera que la implementación de un SAF permitirá mejorar las capacidades de producción del predio, proveyendo a mediano y largo plazo diversificación de la producción que podría servir como modelo para la zona, de manera que en el futuro permita a los agricultores y ganaderos disfrutar y ofertar algunos servicios ambientales como la recuperación de suelos, captura de CO<sub>2</sub> y

conservación de la biodiversidad, además de productos agrícolas de fácil comercialización.

Dentro de este trabajo se diseñaron tres Sistemas Agroforestales (SAF) los cuales implementaron desde la etapa de producción de plántulas en vivero, siembra y monitoreo de la etapa inicial de desarrollo durante 12 meses: un sistema de Cacao (*Theobroma cacao*) - Nogal (*Cordia gerascanthus*) como forestal nativo, otro sistema de Cacao (*Theobroma cacao*) - Paulonia (*Paulownia tomentosa*) como especie forestal introducida y un tercer arreglo con Cacao (*Theobroma cacao*) - Nogal (*Cordia gerascanthus*) - Paulonia (*Paulownia tomentosa*), tales que le permitan al agricultor mejorar las expectativas económicas propias y de sus colaboradores, teniendo en cuenta los precios de los productos principales de las especies en el mercado: Cacao, 2.246 USD/Ton = 8.597.688 COP/Ton y \$8.100 COP/kg (FEDECACAO, 2020); Madera Nogal 400-500COP/m<sup>3</sup>, según mercado local, y Madera Paulonia 55.395COP/m<sup>3</sup> mercado nacional, y 1.400.000COP/m<sup>3</sup> en mercado internacional.

Con el siguiente proyecto aplicado, se pretende documentar el establecimiento de un SAF que se adapte a las condiciones agroecológicas del Magdalena Medio, específicamente en el municipio de Puerto Salgar, en la vereda Colorados, teniendo en cuenta que las actividades económicas se enmarcan en sistemas convencionales de producción agropecuaria. Además, abrirá la puerta a más estudios relacionados y permitirá a futuros profesionales continuar con el monitoreo y la investigación del comportamiento de estos arreglos diseñados y servir de experiencia para la implementación de más sistemas productivos orientados hacia un mejor desarrollo económico, social, ambiental y cultural de la región.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Diseñar, establecer y monitorear en etapa inicial los tres sistemas agroforestales Cacao-Nogal, Cacao-Paulonia y Cacao – Nogal – Paulonia en Puerto Salgar – Vereda Colorados.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Diseñar los arreglos agrosilvícolas con Cacao, Nogal y Paulonia en la Vereda Colorados.
- Establecer el vivero para producción de los árboles requeridos con los correspondientes tres arreglos agroforestales.
- Evaluar el proceso de desarrollo mediante monitoreo de la primera etapa del establecimiento de los SAF.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1 Marco contextual**

#### **4.1.1 Zona de estudio**

El municipio de Puerto Salgar pertenece a las Cuencas Hidrográficas del río Magdalena y río Rionegro, ubicadas al Occidente y Oriente del municipio, respectivamente. La vereda Colorados, Puerto Salgar; ubicada en las coordenadas  $5^{\circ}28'58,498''N - 74^{\circ}36'0,23''W$ , se encuentra a 324 m.s.n.m. (Google Earth, 2015). Presenta temperaturas medias entre  $25^{\circ}C$  y  $28^{\circ}C$ , una precipitación anual de 2.150 - 2200 mm y una humedad relativa entre 72-82% Según la clasificación de Holdridge (1971), encontrándose en la zona de vida Bosque Seco Tropical (bs-T) (EOT Puerto Salgar, 2018). Además, es importante mencionar que en el centro urbano de la vereda predominan las pendientes escarpadas (Municipio de Puerto Salgar, 2018).

#### **4.1.2 Límites del municipio.**

El municipio de Puerto Salgar limita al norte con Puerto Boyacá, al sur con Guaduas, al oriente con Yacopí y Carrapapí y al occidente con La Dorada. Tiene una extensión total de  $521 \text{ km}^2$ , con un área urbana de  $2,12 \text{ km}^2$  y un área rural:  $518,88 \text{ km}^2$ , este último comprende las 24 veredas del municipio incluyendo el centro poblado Colorados.

### **4.2 Referente teórico**

#### **4.2.1 Sistemas agroforestales.**

##### **4.2.1.1 Definición.**

Se define como la agrupación de especies vegetales y animales que interactúan en una misma área determinada, con el propósito principal de generar alternativas económicas



sustentables que reemplacen los sistemas de producción convencionales, como los monocultivos y la ganadería intensiva Palomeque (2009).

#### **4.2.1.2 Clasificación.**

Los sistemas agroforestales constan de 3 componentes principales agrícola, pecuario y forestal y se clasifican así:

- Sistemas agrosilvícolas: alternan árboles y cultivos transitorios. Ejemplo: Maíz (*Zea maíz L-*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala (Lam) de Wit*) (CONAFOR, 2013).
- Sistema silvopastoril: alterna árboles y pastizales para producción animal. Ejemplo: Pasto peludo (*Brachiaria decumbens Stapf*), en asocio con kudzu (*Pueraria montana var. Lobata (Willd.) Ohwi.*), botón de oro (*Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray*) y árboles maderables (Castañeda-Álvarez, Álvarez, Arango, Chanchy, García, Sánchez, Solarte, Sotelo, Zapata, 2016.)
- Sistema agrosilvopastoril: alterna árboles, cultivos y pastizales. Ejemplo: Limón (*Citrus x limón (L.) Osbeck*), Guayacán (*Guaiacum officinale L.*) y Angleton (*Dichanthium aristatum (Poir) C.E. Hubb.*) (Palomenque, 2009).

#### **4.2.1.3 Ventajas.**

De acuerdo con Palomeque (2009) y Jiménez, Lerner y Soto (2008), este tipo de prácticas agrícolas tienen las siguientes ventajas biológicas y socioeconómicas:

- Mejorar las características de los suelos
- Reciclar nutrientes
- Modificar el microclima
- Incrementar la captura de carbono

- Aumentar los niveles de materia orgánica
- Fijar nitrógeno atmosférico
- Conservar la biodiversidad
- Optimizar la productividad respetando la producción sostenible
- Diversificar la producción
- Satisfacer las necesidades primordiales de alimento.
- Incrementa oportunidades de empleo
- Evita la dependencia de un solo producto
- Menor costo de producción

#### ***4.2.1.4 Diseño.***

Para la implementación de sistemas agroforestales, se deben tener en cuenta aspectos previos como: pre diagnóstico, diagnóstico y planificación; el primer paso, pre diagnóstico, se define y selecciona el uso del suelo donde se implementará el diseño, y se determina cómo funciona el sistema; en el siguiente paso (diagnóstico) se determina los problemas y limitantes del sistema, sus causas y oportunidades de cambio; en el tercer paso, planificación, se da paso a la investigación sobre los posibles cambios que se pueden aplicar al sistema para mejorar su productividad y funcionalidad. Y por último se ejecuta la implementación donde se pueden ejecutar estos cambios y ver como se adaptan a la realidad (Jiménez, Lerner, y Soto, 2008).

#### ***4.2.2 Cacao (*Theobroma cacao L.*).***

##### ***4.2.2.1 Morfología.***

La planta de cacao es de dimensión mediana, tiene un tallo erguido, que logra crecer de varias formas, dependiendo el entorno ambiental. Por lo habitual, el cacao

obtiene su horqueta inicial, cuando logra un promedio de altura de metro y medio; en este sentido, crecen de 3 a 6 ramas primordiales a un mismo nivel, es así que se establece el principal piso de la planta y se diferencia de las otras por ser la parte más fructífera del árbol. Tiene una raíz principal la cual sirve de sostén de la planta y las muchas raíces secundarias que se encuentran distribuidas a profundidad menor y son las encargadas de absorber los nutrientes edáficos (PRODESOC, 2006).

Las hojas tienen forma alargada, medianas y de color verde, algunas hojas son de diferentes colores que pueden ser: café claro, verde pálido, morados o rojizos, según la variedad del cultivo. La hoja está unida a la rama por un tallito conocido como pecíolo donde se encuentra una prominencia llamada yema que origina ramas que se usan para desarrollar los injertos (PRODESOC, 2006).

Las flores son conformadas por pequeños racimos florales, nacen en las ramas principales o donde existieron hojas y en muchas ocasiones en el tallo, por lo que es muy importante conservar la base del cojín floral, lo que permite garantizar una mejor producción. Gracias a diferentes insectos pequeños, se desarrollan los frutos a partir de estas flores (PRODESOC, 2006).

La variedad del cacao repercute en el tamaño, color y forma del fruto. Las mazorcas albergan entre 20 o 40 semillas, cuya pulpa puede variar su color entre blanca, rosada y café, es olorosa y de sabor agrídulce (PRODESOC, 2006).

#### ***4.2.2.2 Condiciones edafológicas y climáticas.***

El suelo debe contener un buen porcentaje de materia orgánica, pues favorece al buen rendimiento, buen sistema de drenaje y de menor pendiente, aunque en Colombia el 60%

de los cultivos de cacao están en zonas cafeteras con pendientes de hasta el 50% La profundidad efectiva recomendable es de 1,20 cm de capa arable (Dubón y Sánchez, 1994).

La zona de vida que favorecen este cultivo corresponde a bosques húmedos Tropical (bh-T) (INIAP, 2009), aunque en Colombia este cultivo también se desarrolla en las zonas agroecológicas de Valles Interandinos Secos (VIS), Zona Marginal Baja Cafetera (ZMBC) y Montaña Santandereana (MS), que presenten altitudes desde 0 a 1.200 msnm, con temperaturas entre los 24 y 28°C y precipitaciones anuales desde 1.800 a 2.600 mm. Además, es una especie esciófita, es decir que requiere de sombrío constante, por ello es ideal para los sistemas agroforestales (FEDECACAO, 2013).

#### ***4.2.2.3 Idoneidad de la especie en SAF***

Una buena alternativa para que los productores de cacao puedan aprovechar mejor sus terrenos, es mediante el establecimiento de sistemas agroforestales o SAF, pues les permite reducir costos de producción y contribuye a la seguridad alimentaria de las familias. Este tipo de sistemas se llevan a cabo mediante cinco etapas que a continuación se describen: (PRODESOC, 2006).

##### *Etapas 1: Diseño del cultivo en un SAF*

Para desarrollar este diseño se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Área a cultivar
- Mano de obra
- Presupuesto
- Especies de árboles y cultivos que sean aptos para establecer con el cacao.

- Distancias de siembra de acuerdo a las necesidades de cada especie.
- Condiciones del terreno como inclinación, dirección del viento y el sol.

(PRODESOC, 2006).

Como resultado se obtuvo un croquis o esquema que permitió visualizar la organización final del sistema en terreno.

#### *Tipo de sombras en SAF*

Debido al papel tan importante que tiene el sombrío en los cultivos de cacao, se pueden establecer dos tipos de sombra en el sistema, temporal y permanente.

(PRODESOC, 2006).

La sombra temporal ofrece protección del sol y el viento en los tres primeros años de vida del cultivo. En la zona del Magdalena medio las especies más usadas para cumplir con esta función son el plátano (*Musa paradisiaca L.*), el maíz (*Zea maíz L.*), el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y otros. Es importante realizar tareas relacionadas al sombrío temporal, un tiempo prudente antes de iniciar labores de cultivo (PRODESOC, 2006).

Por otro lado, la sombra permanente, cumple una función de purificar el aire y producir madera para la generación de ingresos. Las especies más usadas para implementar en el SAF con cacao son el nogal cafetero (*Cordia alliodora (Ruíz y Pav.)*), cedro (*Cedrela odorata L.*), iguá (*Pseudosamanea guachapele (Kunth) Harms*), melina (*Gmelina arbórea Roxb.*) y otros (FEDECACAO, 2013).

#### *Etapa 2: Obtención de plántulas en vivero*

Para la producción de las plántulas que se van a utilizar en el arreglo, pueden

reproducirse de forma sexual (semillas) o asexual (esquejes o injertos) (PRODESOC, 2006).

Para la producción por semilla se debe tener en cuenta la variedad que se quiere sembrar, seleccionando un árbol vigoroso, un fruto sano, obteniendo las semillas del centro de la mazorca. Este tipo de técnica es la más común por su bajo costo, fácil reproducción y promueve una buena formación vegetal; sin embargo, su producción tarda hasta 4 años y solo se obtienen buenos resultados de la mitad de los árboles (PRODESOC, 2006).

### *Etapa 3: Implementación de cacao en arreglos agroforestales*

En esta parte del proceso se incluyen todas las actividades que van desde la selección de las mejoras plántulas, la ubicación de estas en el arreglo según el diseño y requerimiento de cada especie y su siembra en el sitio definitivo (PRODESOC, 2006).

### *Etapa 4: Manejo pre-producción*

Las actividades de esta etapa tienen lugar desde la siembra en el lugar definitivo hasta el inicio de la cosecha, dos años después. En esta etapa se deben proceder con los primeros cuidados y las actividades de desyerbe, podas de formación, sombrero, fertilización, riego y drenajes (FEDECACAO, 2013).

### *Etapa 5: Manejo o sostenimiento*

Esta es la etapa final del ciclo productivo del cacao, la cual va desde el inicio de la producción hasta que el árbol finalmente muere; aquí el sombrero temporal ya ha desaparecido y se empiezan las labores de aprovechamiento del sombrero permanente

(FEDECACAO, 2013).

#### ***4.2.2.4 Principales plagas y enfermedades***

- Barrenadores de tallo

Son pequeños insectos color café que atacan ramas haciendo hoyos para depositar sus huevos. Se pueden identificar cuando abrimos tallos infectados y se encuentran gusanos blancos haciendo canales en el tallo o en las ramas; afecta sobre todo a plantas débiles y con alta exposición del sol. Para su control se recomienda realizar la poda de las ramas infestadas y quemarlas fuera del sistema, además se puede mejorar el sombrío y la nutrición con abonos orgánicos (PRODESOC, 2006).

- Mal del machete

Es originada por un hongo llamado *Ceratocystis fimbriata*, el cual contamina las heridas abiertas generalmente producidas por el machete u otras herramientas de corte sin previa desinfección o por los orificios dejados por los barrenadores de tallo. Este hongo causa una muerte rápida en las plantas y se caracteriza por volver las hojas amarillas, se secan, pero continúan pegadas a las plantas. Para prevenir este ataque se debe procurar realizar las podas con mucho cuidado de no causar heridas a las plantas, además se debe desinfectar las herramientas con alcohol y usar pastas protectoras al realizar las podas. Las plantas no se pueden salvar una vez infectadas por el hongo, pero para evitar contaminar otras plantas debe arrancarse la planta, quemarse en un área alejada de la plantación y desinfectar el hoyo con ceniza o cal (FEDECACAO, 2013).

- Moniliasis

Enfermedad producida por el hongo *Moniliophthora roreri*, que se caracteriza por la aparición de manchas oscuras y de borde irregular en los frutos; cuando se infectan frutos jóvenes suelen aparecer tumores que posteriormente se convierten en estas manchas y causan madurez prematura. Las manchas suelen aparecer a los 15 o 30 días de la infección y comienzan como manchas verdes antes de tornarse café. Para prevenir la infección con este hongo debe reducirse la humedad del lugar mediante canales o drenajes, controlar la sombra y realizar podas; y para su control, remueva los frutos infectados cada 8 días en épocas de lluvias, y cada 15 días en épocas de sequía (FEDECACAO, 2013).

- Escoba de bruja

Esta enfermedad es producida por el hongo *Crinipellis roreri*, se caracteriza por crear deformación en los órganos de crecimiento activos de las plantas como las ramas, flores y los frutos, lo provoca un inadecuado desarrollo del cacao provocando formas y tamaños irregulares en frutos, abultamientos de color amarillo en cojines florales y pequeños tumores color oscuro en los frutos. Teniendo en cuenta que este hongo se prolifera cuando hay humedad, se recomienda efectuar las podas antes del tiempo de lluvias, regular la sombra y controlar las arvenses. Además, pueden controlarse eliminando arboles muy afectados y pueden renovarse por chupón basal y evite trasladarlos dentro del cultivo (FEDECACAO, 2013).

- Pudrición parda

Causada por los hongos del género *Phytophthora*. Aunque son los frutos los que sufren los daños más importantes; también ataca a la planta y varios



miembros importantes como cojines florales, chupones, hojas, raíces, entre otros. Se caracteriza por causar heridas de coloración chocolate en todas las secciones afectadas y basta con el mero contacto con otros para propagarse. Para su control se debe disminuir la humedad, controlando el sombrío y las arvenses del lugar; también es importante realizar las podas periódicas y una correcta fertilización. Una vez infectada la planta, retire las mazorcas enfermas, manténgalos cubiertos y agregue cal para acelerar la descomposición. Realice recorridos en la plantación, verificando tronco y raíces, para descubrir a tiempo la enfermedad. Si la infección es considerable, aplique fungicidas protectores también (FEDECACAO, 2013).

#### **4.2.3 Paulonia (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.).**

##### **4.2.3.1 Particularidades de la especie.**

El género *Paulownia* es originario de China, donde se ha cultivado por más de 2.600 años, sin embargo, no fue hasta 1.972 cuando el investigador forestal Zhu Zhao-Hua comenzó sus estudios sobre esta especie. Esta especie es de gran porte y su principal atractivo es su rápido crecimiento, además de otras cualidades que también le agregan valor comercial, industrial y ambiental (Abellán, Del Cerro, García, López, Lucas y Martínez, 2009).

Los árboles pertenecientes a este género se caracterizan por tener un crecimiento acelerado, normalmente a la edad de diez años alcanzan medidas de 30-40cm de diámetro y un volumen de 0.3-0.5 m<sup>3</sup>, no obstante, en condiciones óptimas pueden llegar a crecer 3-4 cm anuales en diámetro y 4.5 – 5 m<sup>3</sup> en volumen. Su copa es ancha y las ramas con tendencia horizontal. Sus hojas son grandes, de color verde oscuro y en forma de

corazón, estas pueden llegar a medir hasta 40 cm de ancho (Abellán, et al., 2009).

#### ***4.2.3.2 Clima.***

Se adapta a una gran variedad de condiciones climáticas, con temperaturas que oscilan desde -18°C – 40°C, aunque su temperatura optima de crecimiento está entre los 24°C – 29°C. Se distribuye en altitudes de hasta 3000 msnm, con precipitaciones anuales de 500-2500 mm (CABI, 2008). Por ser una especie heliófita, demanda la exposición a luz brillante para su adecuado desarrollo, y aunque la especie no es muy sensible a la humedad atmosférica, la humedad relativa promedio es de 52%. (Zhu Zhao-Hua, Chao Ching-Ju, Lu Xin-Yu, Xiong Yao Gao, 1986).

#### ***4.2.3.3 Suelo.***

Suele adaptarse a cualquier tipo de suelos sobre todo fértiles. Sin embargo, los suelos con más del 30% en arcillo y rocosos no son apropiados para la especie. Tienen raíces muy profundas, entre 2 a 3 metros, lo que la hace la planta indicada para proteger contra las inundaciones y también como recuperador y estabilizador de suelos deteriorados (Abellán, et al.,2009).

#### ***4.2.3.4 Principales usos.***

Esta especie tiene gran valor industrial y comercial, pues su madera es semi preciosa, de color claro y resistencia, además es fácil de trabajar por su ligereza. Tiene una buena resistencia al fuego, lo que la hace muy útil en la construcción, pues su punto de ignición es mucho mayor que el de otras maderas, 420 – 430 °C. Resistente a la deformación y con capacidad aislante, sin contar que su tiempo de secado es muy corto, 24 - 48 horas (Abellán, et al., 2009).

Además, tiene grandes usos ambientales. Aparte de sus capacidades como recuperador

de suelos, también es una buena fuente de producción de biomasa y un gran fijador de CO<sub>2</sub>. (Abellán, 2011)

#### **4.2.4 Nogal, Mónico (Cordia gerascanthus L.).**

*C.gerascanthus*, también conocido en algunas regiones como Nogal, Mónico o Laurel negro, es una especie heliófita que pertenece al género *Cordia*, y se distribuye en Centro y Suramérica (CATIE y OFI, 2014, p.489).

##### **4.2.4.1 Descripción.**

Árbol caducifolio de porte mediano que puede llegar a medir hasta 20 m y 40 cm de diámetro, de abundante follaje y copa alargada. Sus hojas son simples, de 18 cm de longitud, un poco puntiagudas y suelen agruparse al final de la rama. Su floración es vistosa, de color blanco, con aroma y producen néctar, esta floración ocurre cuando el árbol esta sin hojas. Cuando sus pétalos se tornan café, estos sirven como transporte para las semillas y ayuda a su dispersión por medio del viento (CATIE y OFI, 2014, p.492)

##### **4.2.4.2 Silvicultura.**

- Semilla: se recolecta directamente del árbol, cuando los pétalos de la flor ya son café oscuro, además su madurez se nota por la dureza de la semilla, parecida al arroz, y por el contrario cuando es blanda y translúcida, son signos de inmadurez (CATIE y OFI, 2014, p.490).
- Propagación: cuando se usa la semilla, la germinación debe tardar 30 días, y requieren 4-5 meses de vivero una vez germinadas. Por otro lado, su reproducción por estacas suele tener mejor enraizamiento con material de 40 cm de largo y 2-3 cm de ancho (CATIE y OFI, 2014, p.490).

- Plantación: según fin de la plantación, las distancias varían; en plantíos puros, (3x3 a 4x4m), en linderos estas pueden (2,5 hasta 5m) y en sistemas agroforestales, (8x8 hasta 10x10m) (CATIE y OFI, 2014, p.491).
- Manejo: en plantaciones puras, los costos de mantenimiento pueden ser mayores, debido a que el mismo debe ser preciso con raleos oportunos. Sin embargo, en sistemas agroforestales, se reducen estos costos, aunque se deben realizar podas al árbol para producir fustes de buena calidad (CATIE y OFI, 2014, p.941).

#### ***4.2.4.3 Requerimientos climáticos y edafológicos.***

- Altura: 0-700 msnm
- Temperatura media: 23-26°C
- Precipitación: 600-2000mm
- Suelos: calizos
- pH: 6-7 (CATIE y OFI, 2014, p.491).
- Zona de vida: bosque seco Tropical (bs-T) (Holdridge, 1971)

#### ***4.2.4.4 Usos.***

Por su madera preciosa, es muy usada en la carpintería para fabricar muebles, chapa y contrachapado. Su floración atractiva la hacen una especie ornamental y su néctar es usado por abejas para la producción de miel. Además, se puede aprovechar sus hojas, flores y corteza para tratar la fiebre y la gripa (CATIE y OFI, 2014, p.489).

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Características ambientales



*Ilustración 1.* Vereda Colorados, Municipio Puerto Salgar, Cundinamarca

Fuente: Google Maps

- Temperaturas: 25°C y 28°C
- Precipitación anual: 2.150 - 2200 mm
- Humedad relativa entre 72-82%
- Zona de vida: bosque seco Tropical (bs-T) (EOT Puerto Salgar, 2018)
- Topografía: predominan pendientes escarpadas (Agenda Ambiental Puerto Salgar, 2018)

Teniendo en cuentas estas características ambientales de la zona, es posible inferir que cumplen con los requerimientos agroecológicos para el desarrollo de las especies a implementar en los SAF.

## **5.2 Actividades**

### **5.2.1 Diseño de Arreglos Agroforestales.**

Una vez contempladas estas condiciones del terreno, sus aspectos físicos y ambientales y el área a trabajar en cada parcela, se diseñó el SAF. El arreglo constó de tres parcelas de 1.323 m<sup>2</sup>, dispuestas así: Cacao-Nogal- Paulonia, Cacao-Nogal y Cacao-Paulonia.

### **5.2.2 Medición y Preparación del terreno.**

En esta primera actividad para el establecimiento del cultivo, se realizaron labores culturales de limpieza y poda del terreno seleccionado, acondicionándolo a las plantas que se van a sembrar, es aquí donde se tuvieron en cuenta las condiciones del terreno, como su topografía inclinada, textura del suelo franco arcillosa, (FAO, s.f.), disponibilidad de agua para riego, además de plantas encontradas en los lotes que se aprovecharon como sombrío permanente en los SAF.

### **5.2.3 Producción de plántulas en vivero.**

Para adaptar las plantas a las condiciones del sitio final, se estableció el vivero en donde se pudo revisar y controlar su crecimiento inicial, con la implementación de eras de germinación, usando un sustrato compuesto por abono compostado (30%), cascarilla de arroz (10%) y tierra (60%), ubicadas en un sitio resguardado de la luz directa del sol, del contacto directo de aguas lluvias, instalación de cercas adecuadas que restrinjan el acceso a animales que puedan estropear la producción y regulando la cantidad de agua requerida por la especie. Se realizan tratamientos pregerminativos para las semillas de cacao, nogal y paulonia, dejando reposar en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.

#### **5.2.4 Trazado.**

Etapa en la cual realizó la medición y marcación de los sitios donde se sembraron los árboles según el diseño del SAF

#### **5.2.5 Siembra.**

Se trasplantaron las plantas seleccionadas en el vivero que mostraron el mejor desarrollo.

#### **5.2.6 Manejo.**

Se realizó la fertilización y podas de sombrero como labores de mantenimiento del arreglo.

#### **5.2.7 Seguimiento y monitoreo.**

Por último, se realizó el seguimiento y monitoreo en la etapa de establecimiento del SAF, observando y registrando sistemáticamente por 12 meses su desarrollo en el sitio definitivo. Para ello se realizó un muestreo aleatorio escogiendo 1 planta por surco, con una frecuencia trimestral, completando una muestra total de 60 plantas por especie, y se tomaron datos de altura para determinar el crecimiento inicial de las especies durante el monitoreo y mortalidad para conocer la cantidad que se adaptaron a las condiciones del terreno.

Se diseñaron tablas para el registro sistemático de los datos de crecimiento que se tomaron a lo largo de la ejecución del proyecto, donde en total se plantaron 561 plántulas de *T. cacao*, 56 plántulas de *C. gerascanthus* y 56 plántulas de *P. tomentosa*.

## 6. RESULTADOS

La recolección de los datos relevantes, como medidas, presencia de plagas y enfermedades, mortalidad y fotografías de cada etapa de producción, duró alrededor de 1 año.

A continuación, se presentan la descripción de los resultados obtenidos del proyecto aplicado, incluyendo datos finales:

### 6.1 Diseño del SAF

Para calcular la cantidad de plantas por cada arreglo, se tuvo en cuenta la disposición espacial de cada una de acuerdo con las condiciones del terreno y los requerimientos las especies, por lo que para cacao se usa el sistema tres bolillos, adecuado para la topografía del terreno, en distancias de siembra 3x3m son las recomendadas para las plantas obtenidas mediante semillas. (Lutheran World Relief, s.f.). Para las especies forestales, se realiza siembra en rectángulo, con distancias de siembra de 9x12m para el arreglo 1 y de 9x6m para los arreglos 2 y 3. Aquí se consideró la fórmula que permitió determinar la cantidad de plántulas a sembrar para cada arreglo, teniendo en cuenta en adicionar un 10% por posibles pérdidas (Vasquez, 2001):

- Fórmulas para calcular número de árboles

**Sistema de plantación rectangular o cuadrada:**  $N=M/(a*A)$

**Sistema de plantación tres bolillos:**  $N=M/(a^2*0,866)$

Donde:

N: Número de plantas;

M: área a cultivar;



a: ancho de siembra;

A: alto de siembra. (Guía práctica de plantación agroforestal, s.f.)

*Cantidades plantas por SAF*

*Arreglo 1*

(Cacao-Paulonia-Nogal):  $1323\text{m}^2 = 21\text{m} \times 63\text{m}$

Cacao: tres bolillos  $3 \times 3\text{m}$

Paulonia: 9 metros entre surcos y  $12\text{m}$  entre plantas.

Nogal:  $9\text{m}$  entre surcos y  $12\text{m}$  entre plantas

*Cantidades plantas arreglo 1*

Cacao:

$$N = M / (a^2 * 0,866) = 1323\text{m}^2 / ((3\text{m})^2 * 0,866)$$

$$= 1323\text{m}^2 / (9\text{m}^2 * 0,866)$$

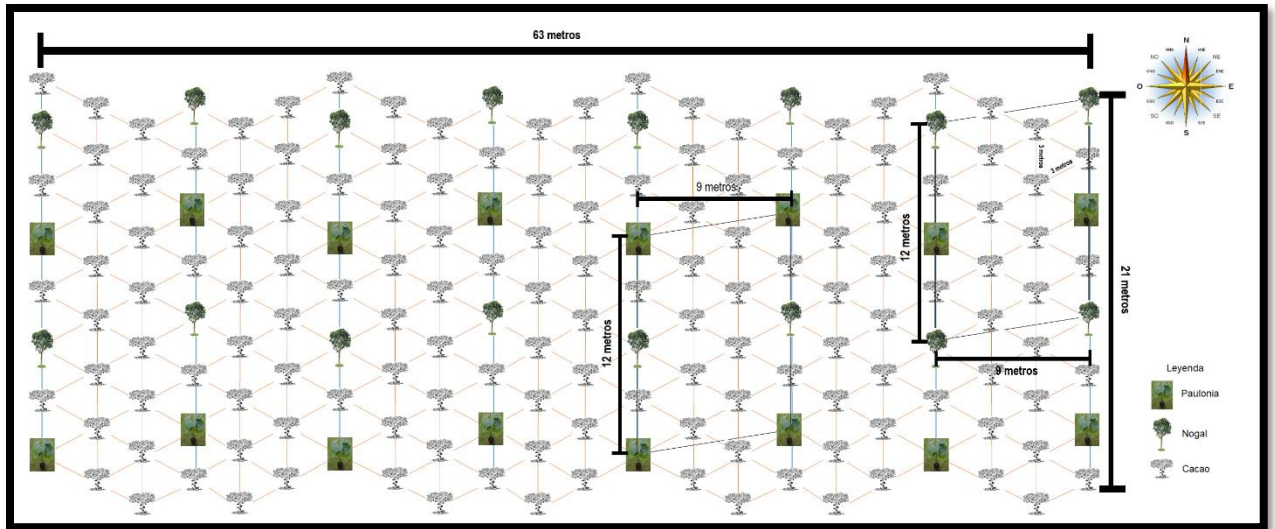
$$= 1323\text{m}^2 / 7,82\text{m}^2 = 169,61 \text{ Se redondea a } \Rightarrow 170 \text{ plantas}$$

Nogal

$$N = M / (a * A) = 1323\text{m}^2 / (9\text{m} * 12\text{m}) = 1323\text{m}^2 / 108\text{m}^2 = 12,25 \Rightarrow 13 \text{ plantas.}$$

Paulonia

$$N = M / (a * A) = 1323\text{m}^2 / (9\text{m} * 12\text{m}) = 1323\text{m}^2 / 108\text{m}^2 = 12,25 \Rightarrow 13 \text{ plantas.}$$



*Ilustración 2.* Distribución de sembrado de Cacao, Paulonia y Nogal - Arreglo 1. Autoría propia.

### *Arreglo 2*

(Nogal-Cacao):  $1323\text{m}^2 = 21\text{m} \times 63\text{m}$

Nogal: 9m entre surcos y 6m entre plantas.

Cacao: tres bolillos  $3 \times 3\text{m}$

### *Cantidad de plantas arreglo 2*

Cacao:

$$N = M / (a^2 * 0,866) = 1323\text{m}^2 / ((3\text{m})^2 * 0,866)$$

$$= 1323 \text{ m}^2 / (9 \text{ m}^2 * 0,866)$$

$$= 1323 \text{ m}^2 / 7,82 = 169,61 \Rightarrow 170 \text{ plantas}$$

Nogal

$N = M / (a * A) = 1323 \text{ m}^2 / (3\text{m} * 12\text{m}) = 1323 \text{ m}^2 / 36 \text{ m}^2 = 36.75$  plantas, se aproximan a 37 plantas.

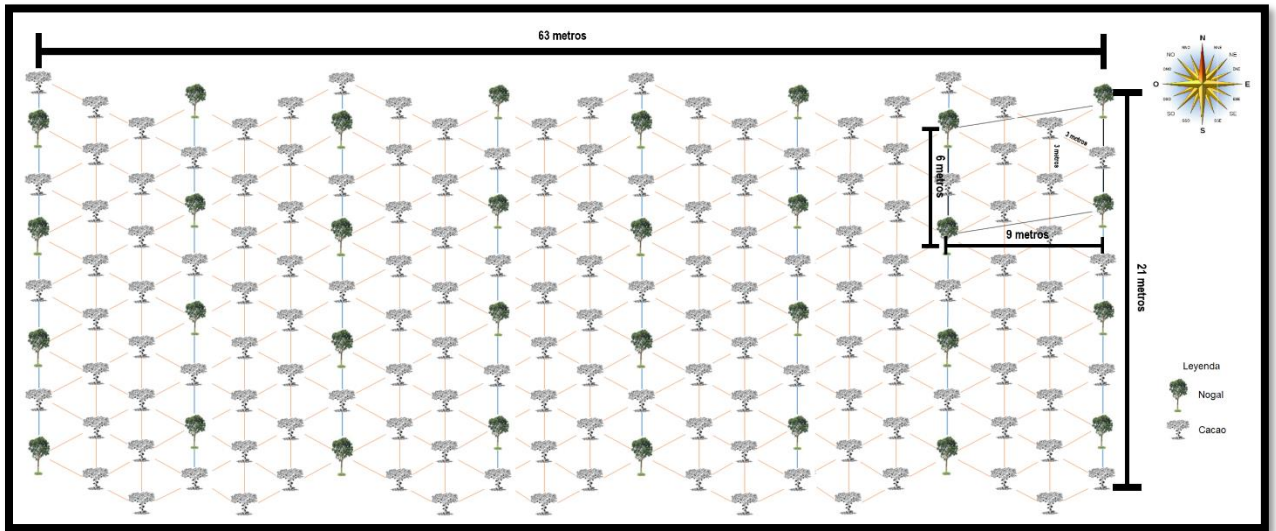


Ilustración 3. Distribución de sembrado de nogal y cacao – arreglo 2. Autoría propia.

### Arreglo 3

(Paulonia-Cacao):  $1323\text{m}^2 = 21\text{m} \times 63\text{m}$

Paulonia: 9 metros entre surcos y 6m entre plantas.

Cacao: tres bolillos 3x3m

*Cantidad de plantas arreglo 3.*

Cacao:

$$\begin{aligned} N &= M / (a^2 * 0,866) = 1323 \text{ m}^2 / ((3\text{m})^2 * 0,866) \\ &= 1323 \text{ m}^2 / (9 \text{ m}^2 * 0,866) \\ &= 1323 \text{ m}^2 / 7,82 = 169,61 \Rightarrow 170 \text{ plantas} \end{aligned}$$

Paulonia

$N = M / (a * A) = 1323 \text{ m}^2 / (3\text{m} * 12\text{m}) = 1323 \text{ m}^2 / 36 \text{ m}^2 = 36.75$  plantas se redondea a 37 plantas.

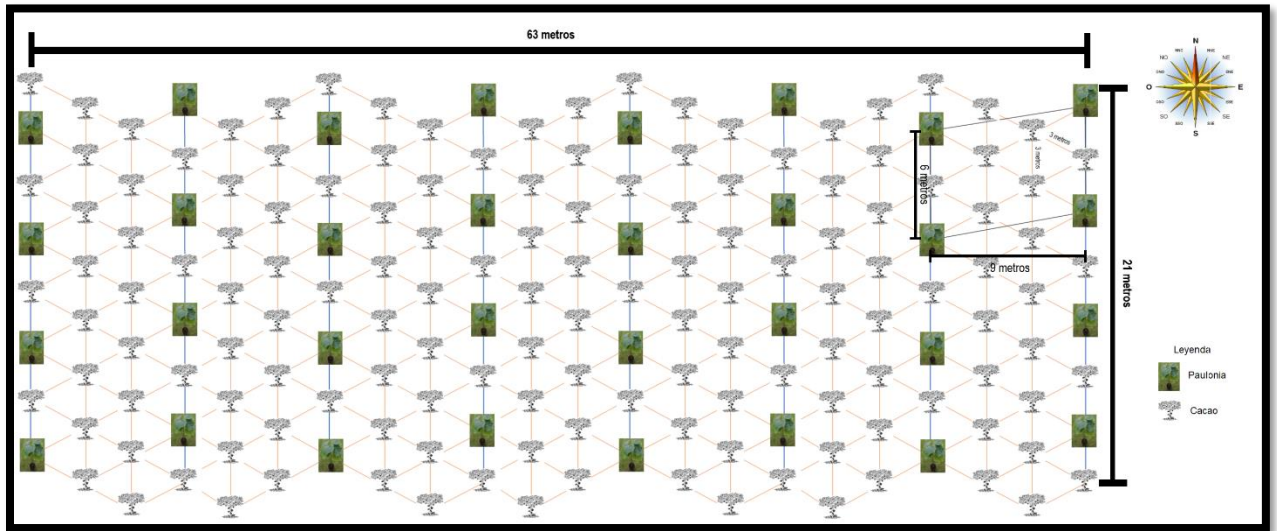


Ilustración 4, Distribución de sembrado de cacao y paulonia – arreglo 3. Autoría propia.

## 6.2 Resumen del diseño de las plantaciones

Tabla 1. Resumen de área y plántulas a sembrar

	Arreglo 1	Arreglo 2	Arreglo 3	Resiembr	<b>Total</b>
Área intervenida	1323 m <sup>2</sup>	1323 m <sup>2</sup>	1323 m <sup>2</sup>		
Cacao	170 plantas	170 plantas	170 plantas	51 plantas	561 plantas
Nogal	13 plantas	37 plantas		5 plantas	56 plantas
Paulonia	13 plantas		37 plantas	5 plantas	56 plantas


En la tabla se observa el número de plantas de cada especie según el Arreglo del SAF.

Autoría propia.

### 6.3 Implementación y proceso

A continuación, se evidencia mediante imágenes fotográficas el proceso realizado en las etapas ya descritas:

Tabla 2. *Registro fotográfico de las etapas del proyecto*

<i>Descripción</i>	<i>Registro fotográfico</i>
<b>Preparación y medición del terreno</b>	
<p>Estas tareas se realizaron en compañía del administrador del predio, donde se podó y limpió el terreno, dejando algunos árboles que sirven de sombrío temporal. Luego, se registró las dimensiones de cada parcela (21m ancho x 63 m de largo).</p>	

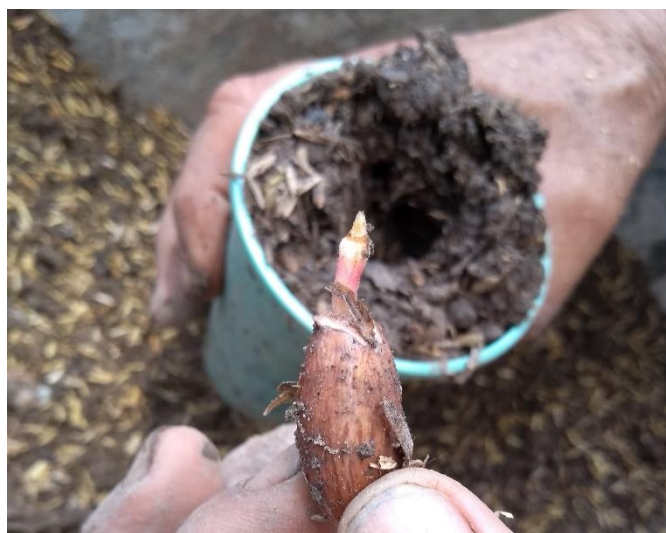
*Ilustración 5. Limpieza del terreno*



*Ilustración 6.* Medición de lote.

### **Vivero**

En esta etapa, se preparó el vivero y el sustrato para la siembra, se utilizó guadua para realizar dos camas bajas de 4m de largo por 80 cm de ancho, se procedió a preparar el sustrato, el cual contenía abono compostado (30%), cascarilla de arroz (10%) y tierra (60%) y se llenaron los envases. Se inició la siembra con el cacao, en total se sembraron 700 semillas de las variedades CN 51 y SC 51; las semillas fueron escogidas de frutos de otros cultivos y se realizó tratamiento



*Ilustración 7.* Germinación del cacao

pregerminativo para su siembra. Para la siembra de nogal y paulonia, se compraron las semillas. Se sembraron en camas con arena como sustrato, al cabo de 20 días no hubo resultados en la germinación, tampoco a los 45 días, por lo que se optó por comprar nuevamente las semillas y realizar la siembra con otros sustratos como turba y tierra de jardín. En estos ensayos, se observó un mejor porcentaje de germinación, sobre todo con la tierra de jardín, sin embargo al ser transplantadas no asimilaron las condiciones del terreno definitivo, por lo que precieron. Teniendo en cuenta esta información, se realiza la compra de esquejes de paulonia pregerminados, los cuales continuaron su proceso de prendimiento en vivero, y de plantas de nogal, estas últimas estaban listas para trasplantar a terreno definitivo. Las paulonias fueron



*Ilustración 8.* Siembra de cacao en vivero



*Ilustración 9.* Plantas de cacao a los 15 días de siembra en vivero.

puestas en camas altas, para evitar el exceso de humedad; sin embargo, el proceso de germinación se realizó en épocas de lluvias fuertes y constantes, lo que afectó esta etapa, y, aunque los esquejes tuvieron buen porcentaje de prendimiento, solo sobrevivieron 15 de los 55 esquejes comprados, los cuales fueron trasladados a otro vivero para cuidados especiales.



*Ilustración 10.* Semillero de nogal



*Ilustración 11.* Nogal adquirido en vivero certificado





*Ilustración 12.* Semillero de paulonia



*Ilustración 13.* Esquejes pregerminados de paulonia



*Ilustración 14.* Plantas de paulonia para trasplante.

### **Trazado**

Se realizó el trazado en tres bolillos debido a la pendiente del terreno, se usaron las siguientes distancias de siembra:

A1: Cacao (3x3m), Nogal (9m surcos y 12m plantas) y Paulonia (9m surcos y 12m plantas).

A2: Cacao (3x3m), Nogal (9m surcos y 6m plantas)

A3: Cacao (3x3m), Paulonia (9m surcos y 6m plantas)



*Ilustración 15.* Demarcación del trazado de siembra

## Siembra

Una vez trazado, se realizó el trasplante de los árboles a sitio definitivo teniendo en cuenta los diseños anteriores. Para ello se realizaron los hoyos de 40 x 40cm y en el fondo se aplicó abono compostado para facilitar el desarrollo de raíces y mejores resultados en terreno.



*Ilustración 16. Ahoyado para trasplante de cacao*



*Ilustración 17. Siembra de una planta de cacao*

## Manejo

En esta etapa se realizó actividades de abonado, fertilización, limpieza y desyerbe.

Abonado y fertilización: se aplicó abono al momento de la siembra, para prever los requerimientos nutricionales de las plantas, posteriormente, a los 4 meses, se fertilizó con NPK, usando 10 g por planta en media luna.



*Ilustración 18.* Fertilización del cacao

### **Seguimiento y monitoreo**

Se realiza el monitoreo del desarrollo de las plantas durante un año, obteniendo datos de alturas y mortalidad de las plantas establecidas en el sistema. También se determina la presencia de plagas en cacao, puesto que se observaron mordidas en hojas. En la última observación realizada al sistema, se evidenció que la paulonia no tuvo éxito de sobrevivencia, pues en campo solo quedaron 4 de las 15



*Ilustración 19.* Medición de alturas de planta de cacao

que se transplantraron a terreno definitivo. El nogal presentó una mortalidad baja, donde de las 55 plantulas compradas, solo murieron 6 y por su parte el cacao tuvo buenos resultados, con una tasa baja de mortalidad, pues de los 700 plantas iniciales se sembraron 562 en terreno y 528 se encuentran en adecuado crecimiento.



*Ilustración 20.* Planta de Nogal en terreno definitivo



*Ilustración 21.* Planta de paulonia en terreno definitivo

---

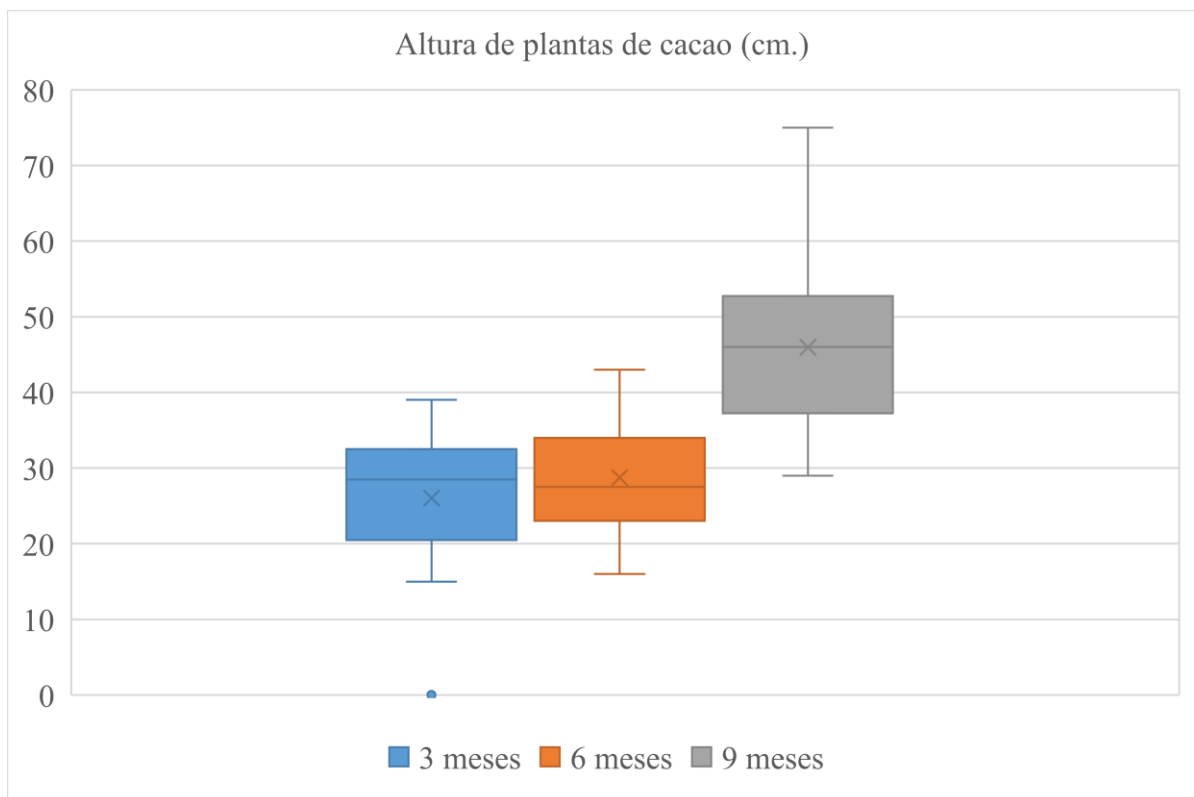
En la tabla 2 se describen cada una de las actividades realizadas para la implementación de los SAF diseñados, incluyendo fotografías de cada una de ellas. Autoría propia.

## **6.2 Registro de altura y mortalidad**

### **6.2.1 Crecimiento del cacao**

El crecimiento del cacao fue la más alta en todas sus etapas de producción y desarrollo. En la de fase de vivero se obtuvo un buen resultado frente al porcentaje de germinación y progreso de las plántulas antes de ser llevadas a campo. En el tiempo

transcurrido en la etapa de seguimiento y monitoreo durante el trasplante hasta los 3 meses (Ilustración 5), se observó el desarrollo de la especie, alcanzando alturas promedio de 26,0 cm; sin embargo, en el sexto mes de desarrollo, el crecimiento se “estancó”, pues la altura promedio para este mes fue de 28,8 cm, lo cual significó un aumento de solo 1,4 cm promedio, lo anterior debido a dos factores: el primero, las intensas sequías presentadas en la zona y por otro lado, la falta de un sistema de riego adecuado. Por último, en el noveno mes de monitoreo se evidenció un promedio de crecimiento de 46 cm, indicando que las condiciones climáticas de la zona favorecieron el desarrollo del cultivo, permitiendo su adaptación al terreno.



*Ilustración 22.* Altura del cacao a los 3, 6 y 9 meses. Autoría propia

### 6.2.2 Crecimiento del nogal

El crecimiento del nogal fue satisfactorio (Ilustración 6), presentando alturas promedio de 20,7, 23,4 y 42,3 cm, a los 3, 6 y 9 meses de trasplante, respectivamente. Esto quiere decir que las condiciones climáticas favorecieron el desarrollo de esta especie forestal, lo cual indica que puede ser una alternativa para ser empleada en sistemas agroforestales con Cacao en la región del Magdalena Medio.

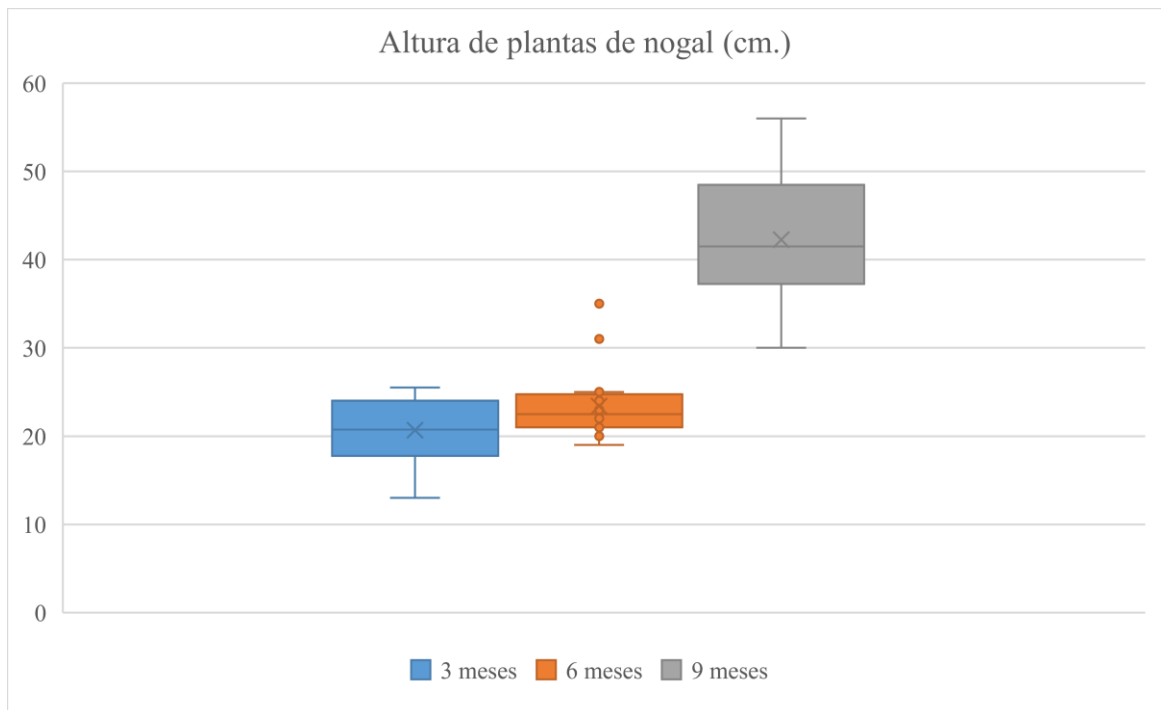


Ilustración 23. Altura del nogal a los 3, 6 y 9 meses. Autoría propia.

### 6.2.3 Crecimiento de la paulonia

En el caso de la especie Paulonia, su desarrollo dejó muchas dudas, pues las expectativas frente a la especie eran mayores, pues según Abellán, M; et al (2011) las

condiciones agroclimáticas del corregimiento Colorados se asemejaban las condiciones necesarias para el desarrollo de la planta.

Inicialmente, la procedencia de las semillas no fue adecuada, pues esta especie es introducida en el país y su reproducción está restringida por la normatividad colombiana. En segunda instancia, se optó por la compra de esquejes pregerminados, mostrando un porcentaje de desarrollo regular, por no presentar condiciones favorables en la fase de vivero, alta humedad y exceso de sombrero, por lo que a la fase de trasplante solo sobrevivieron 15 plantas de 55. Una vez en terreno (Ilustración 7), la planta mostró alturas promedio de 14,1 y 26,5 cm, a los 3 y 6 meses de trasplantadas, respectivamente; es decir, que el crecimiento no era representativo para la edad de la planta según la investigación de Abellán, et al. (2009). Concluyendo que las condiciones edafológicas de la zona no favorecieron el desarrollo de esta especie para ser implementados en SAF para la región.

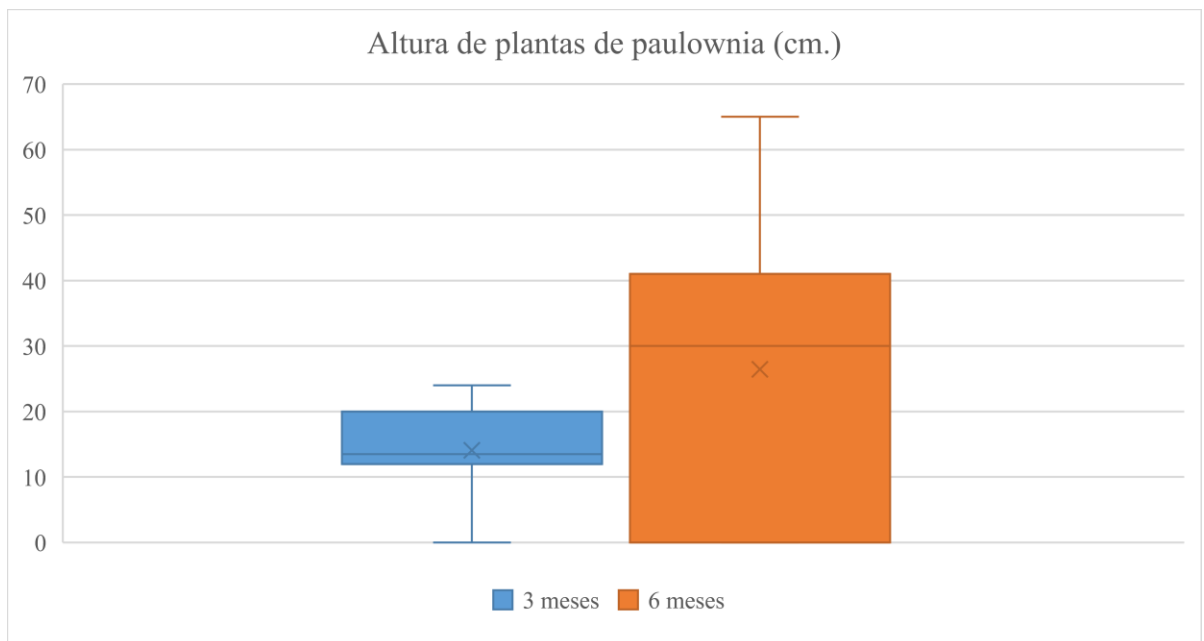


Ilustración 24. Altura del paulonia a los 3 y 6 meses. Autoría propia.



*Tabla 2. Porcentaje de germinación y tasas de mortalidad de las especies*

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la germinación de las especies y la tasa de mortalidad de plantas en el terreno definitivo.

<i>Especie</i>	<i>Total semillas o esquejes sembrados</i>	<i>Total semillas o esquejes germinados</i>	<i>Total plantas muertas</i>	<i>Porcentaje de germinación</i>	<i>Tasa de mortalidad</i>
Cacao	700	562	34	80,28%	6,05%
Nogal	N/A*	55	6	N/A	10,91%
Paulonia	55	15	9	27,27%	60%

\* No fue posible la reproducción sexual ni asexual, por lo que se compraron plantas listas para sembrar en terreno.

## 7. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema agroforestal, donde se logró documentar el establecimiento y comportamiento de las especies en su etapa inicial bajo las condiciones ambientales de la finca el Porvenir en la vereda Colorados Municipio de Puerto Salgar Cundinamarca.
- Mediante la implementación del vivero, se obtuvieron las plántulas requeridas de cacao, permitiendo observar el crecimiento y desarrollo de la etapa inicial de esta especie. Por otro lado, no fue posible la reproducción sexual del moncoro y paulonia, por lo que se precisó comprar plantas listas para trasplantes y esquejes pregerminados, respectivamente.
- La falta de análisis de suelos actualizados puede repercutir negativamente en la ejecución de algunos procesos, como en la preparación del suelo y manejo adecuado a los requerimientos nutricionales de las especies del sistema.
- La especie *T. cacao* mostró un desarrollo adecuado durante su crecimiento inicial. La especie evidenció un buen porcentaje de germinación y su tasa de mortalidad en campo fue baja (Tabla 3). Además, su desarrollo en campo fue satisfactorio teniendo en cuenta las condiciones ambientales presentadas durante los meses posteriores a su siembra en terreno definitivo.
- La especie *C. gerascanthus* presentó algunas dificultades en la fase de vivero, puesto que la reproducción sexual de la especie fue improductiva, se usaron diferentes sustratos como arena, turba y tierra de jardín, pero no se obtuvieron resultados deseados en la germinación. No fue posible conseguir material vegetal para la reproducción sexual, por lo que se opta por comprar las plantas de un vivero certificado, las cuales se evidenciaron

sanas y su desempeño en campo fue satisfactorio, mostrando una tasa de mortalidad baja del 10,91% y una altura promedio de 42,3cm a los 9 meses.

- Teniendo en cuenta que la especie *P. tomentosa* es foránea, no existe información o bibliografía precisa para su establecimiento y manejo en nuestro país, lo que se transforma en un problema grande, pues a pesar de sus numerosas ventajas y usos, por el momento no se pueden conocer los requerimientos específicos de la especie, su mantenimiento, las condiciones ambientales que lo pueden afectar, entre otros aspectos, que permitan mejorar los procesos de producción de esta y otras especies del género *Paulownia*.
- Teniendo en cuenta los resultados de crecimiento y mortalidad de las especies, podemos inferir que de los arreglos agrosilvícolas diseñados e implementados en este proyecto, el que tuvo mejor desempeño fue el arreglo 2, cacao-nogal, pues ambas especies tuvieron un crecimiento parejo y bajas tasas de mortalidad en terreno, lo que evidencia su adaptación al terreno, además, sus requerimientos agroclimáticos son compatibles con las condiciones ambientales de la zona.
- Como cualquier en cualquier otro sistema, el éxito o no de los SAF depende de las relaciones entre sus componentes; pues cada uno cumple una función necesaria para que el sistema funcione adecuadamente, y como resultado se ofrece un servicio y/o producto para nuestro beneficio. Sin embargo, entender la importancia de estas relaciones demuestra que mantener el equilibrio, aunque delicado, es posible y que contribuir con ello brindará grandes recompensas.
- La principal desventaja de los sistemas convencionales de producción es el mínimo aprovechamiento del suelo, pues la actividad se centra en un espacio limitado y a un solo tipo de producción, ganadería, cultivo, arboles, etc., cuando es posible combinar estos

componentes para crear un sistema de producción más rentable y que aporte a diferentes necesidades de la zona. Los sistemas agroforestales son la respuesta a esta desventaja, pues ofrece al mediano y pequeño productor abrir su brecha productiva, diversificando su producción y evitando la dependencia a un solo producto. Estos sistemas no solo contribuyen a mejorar la economía del productor, también otorgan grandes beneficios ambientales por la incorporación de especies forestales, los cuales son la clave para mitigar el cambio climático.

## 8. RECOMENDACIONES

- Para la siembra de cacao y/o de cualquier otro cultivo, se recomienda realizar un análisis de suelo antes de proceder al establecimiento de la plantación; con el fin de conocer las características físico- químicas de este.
- Para la reproducción sexual de las especies siempre es recomendable usar semillas nativas de los arboles más saludables que tengan o semillas certificadas, y que estas últimas provengan de un proveedor confiable, que brinde información sobre porcentaje de germinación y que garantice su calidad productiva.
- En la etapa de semillero o vivero, se recomienda seleccionar sustratos teniendo en cuenta los requerimientos edafológicos germinativos de las especies, controlando la humedad y los cambios bruscos de temperatura.
- Antes de iniciar la siembra del cacao es importante planificar y adecuar el sombrío. En el caso de los SAF que incluyan el cacao, se puede observar si en el lote existen árboles o rastrojos que se puedan aprovechar para atenuar el impacto de los rayos solares sobre las plantas, reemplazando la siembra de sombríos temporal; como el plátano, minimizando de esta forma costos de establecimiento del cultivo.
- Se recomienda continuar con la documentación, estudio y divulgación de este tipo de iniciativas productivas, como los sistemas agroforestales (SAF), que se ajusten no solamente a las condiciones sociales y económicas del productor, sino también de las condiciones agroecológicas de la zona de trabajo. Estas prácticas agropecuarias, buscan proporcionar un mayor beneficio, prestando a su vez, servicios ambientales que favorecen a la mitigación del cambio climático y protegen la biodiversidad.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Abellán, M.; Del Cerro, A.; García, F.; López, F.; Lucas, M.; Martínez, E. & Pérez, D. (2011). *El cultivo de Paulonia (Paulonia elongata x fortunei) para la obtención de madera y biomasa en Castilla-La Mancha: Primeros resultados*. Revista Foresta. Recuperado de: <http://www.redforesta.com/blog/2011/02/02/la-gestion-forestal-el-cultivo-de-paulonia-paulonia-elongata-x-fortunei-para-la-obtencion-de-madera-y-biomasa-en-castilla-la-mancha-primeros-resultados/>
- Abellán, M.; Del Cerro, A.; García, F.; López, F.; Lucas, M. & Martínez, E. (2009). *Adaptación de las especies del género paulownia para su uso como cultivos forestales en el ámbito mediterráneo*. 5º Congreso Forestal Español. Recuperado de: [http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos\\_forestales/article/download/17257/17092/](http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/download/17257/17092/)
- Agudelo, M. (2016). *Crecimiento y sostenibilidad de sistemas agroforestales (SAF) con cacao en estados tempranos de desarrollo en el bosque seco tropical (bs-T) del departamento de Antioquia*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/55458/1/43725027.2016.pdf>
- Álvarez, I.; Dovale, C. y Rosell, W. (2001). *Morfología Humana I: Generalidades y Sistemas Sómaticos*. Recuperado de: <https://medicpress.files.wordpress.com/2010/10/morfologia-humana-tomo-1.pdf>
- Aristizábal, J; Guerra, A. (2002). *Estimación de la tasa de fijación de Carbono en el Sistema Agroforestal Nogal Cafetero (Cordia alliodora) – Cacao (Theobroma cacao L) – Plátano (Musa paradisiaca)*. (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Recuperado de: <http://www.sidalc.net/repdoc/A4836e/A4836e.pdf>

Benavides, H. & León, G. (2007). *Información Técnica Sobre Gases De Efecto Invernadero Y El Cambio Climático*. Pág. 25. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado de:  
<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>

CABI. (2008) *Invasive Species Compendium*. Recuperado de:

<https://www.cabi.org/isc/datasheet/39100>

Campo, A. y Duval, V. (2014). *Variaciones microclimáticas en el interior y exterior del bosque de caldén (Prosopis caldenia), Argentina*. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v26n1/v26n1a04.pdf>

CATIE Y OFI. (2014). *Arboles de Centroamérica*. Págs. 489-492. Recuperado de:

<http://www.arbolesdecentroamerica.info/index.php/es/species/item/305-cordia-gerascanthus>

Castañeda-Álvarez, N.P.; Álvarez, F.; Arango, J.; Chanchy, L.; García G.F.; Sánchez, V.;

Solarte, A.; Sotelo, M.; Zapata, C. (2016). *Especies vegetales útiles para sistemas silvopastoriles del Caquetá, Colombia*. Deutsche Gesellschaft für Internationale

Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Cali, Colombia. Recuperado de: <http://ciat->

[library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/biblioteca/Especies\\_vegetales\\_utiles\\_para\\_sistemas\\_silvopastoriles\\_del\\_caqueta.pdf](http://ciat-library.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Especies_vegetales_utiles_para_sistemas_silvopastoriles_del_caqueta.pdf)

- Castañeda, J.; Gallego, A.; González, G. y Hernández, E. (s.f.). *Determinación de Gremios Ecológicos de Ocho Especies Arbóreas de un Bosque Tropical de Jalisco, México*. Recuperado de:  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/training\\_material/docs/t1c1\\_08.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/t1c1_08.pdf)
- Castro, A., Mazo, N. y Rubiano, J. (2016). Sistemas agroforestales como estrategia para el manejo de ecosistemas de Bosque seco Tropical en el suroccidente colombiano utilizando los SIG. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, volumen (25), 67-68. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v25n1/v25n1a5.pdf>
- Ciprés, B. (2017). *La Ganadería Extensiva como Herramienta de Gestión Ambiental para la Prevención de Incendios en Cataluña: Un Análisis Preliminar*. Pág. 13. (Tesis de pregrado). Univeristat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech. Recuperado de:  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/107368/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CONAFOR (2013). *Sistemas Agroforestales Maderables en México*. Recuperado de:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126296/Sistemas\\_agroforestales\\_maderables\\_en\\_Mexico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126296/Sistemas_agroforestales_maderables_en_Mexico.pdf)
- Emanuelli, M., Jenson, J. y Monsalve, S. (2009). *Azúcar Roja, Desiertos Verdes*. Recuperado de  
[http://web.archive.org/web/20130620132506/http://www.agroeco.org/socla/pdfs/Azucar\\_Roja\\_Desiertos\\_Verdes.pdf](http://web.archive.org/web/20130620132506/http://www.agroeco.org/socla/pdfs/Azucar_Roja_Desiertos_Verdes.pdf)
- EPEC (s.f.). *Energía Renovable: La Biomasa*. Recuperado de:  
<https://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/biomasa.pdf>
- Esparza, F. (s.f.). *El Fuego o Combustión*. Recuperado de:



[http://www.bomberosdenavarra.com/documentos/ficheros\\_documentos/fuego.pdf](http://www.bomberosdenavarra.com/documentos/ficheros_documentos/fuego.pdf)

FAO (1991). *Guía para la Manipulación de Semillas Forestales*. Recuperado de:

<http://www.fao.org/3/ad232s/ad232s00.htm#TOC>

FEDECACAO y FNC. (2013). *Guía Ambiental Para El Cultivo Del Cacao*. Recuperado de

[http://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub\\_doctecnicos/fedecacao-pub-doc\\_05B.pdf](http://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_05B.pdf)

García, G. y García, N. (s.f.). *Biología II - Fascículo5: Reproducción Animal*. Recuperado de:

[https://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material\\_bachilleres/cb6/5sempdf/biologia2/bio2\\_fasc5.pdf](https://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5sempdf/biologia2/bio2_fasc5.pdf)

Guías para el Establecimiento y Manejo de Viveros Agroforestales. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/278679789\\_GUIA\\_PARA\\_EL\\_ESTABLECIMIENTO\\_Y\\_MANEJO\\_DE\\_VIVEROS\\_AGROFORESTALES](https://www.researchgate.net/publication/278679789_GUIA_PARA_EL_ESTABLECIMIENTO_Y_MANEJO_DE_VIVEROS_AGROFORESTALES)

Guía Práctica de Plantación Forestal. (s.f.). El Semillero. Recuperada de:

[http://elsemillero.net/nuevo/semillas/guia\\_basica5.html](http://elsemillero.net/nuevo/semillas/guia_basica5.html)

Hall, T. (2008). *Paulownia: an agroforestry gem*. *Trees for Life Journal*. Recuperado de

[http://www.tfljournal.org/images/articles/20080418100402327\\_3.pdf](http://www.tfljournal.org/images/articles/20080418100402327_3.pdf)

IDEAM (2007). *Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático*.

Recuperado de:

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>

Jiménez, C; Torres-Orozco, R. y Martínez, P. (s.f.). *Biodiversidad Una Alarma*. Recuperado de:

[http://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/36\\_iv\\_oct\\_2010/casa\\_del\\_tiempo\\_eIV\\_num\\_36\\_09\\_16.pdf](http://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/36_iv_oct_2010/casa_del_tiempo_eIV_num_36_09_16.pdf)

Jiménez, G.; Lerner, M. y Soto, L. (2008). *Diseño de Sistemas Agroforestales para la Producción y la Conservación: Experiencia y Tradición en Chiapas*. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/284304882\\_Disenio\\_de\\_Sistemas\\_Agroforestales\\_para\\_la\\_Produccion\\_y\\_la\\_Conservacion\\_Experiencia\\_y\\_Tradicion\\_en\\_Chiapas](https://www.researchgate.net/publication/284304882_Disenio_de_Sistemas_Agroforestales_para_la_Produccion_y_la_Conservacion_Experiencia_y_Tradicion_en_Chiapas)

Landaeta, L. (2016). *Potencialidades De La Asociación De Cacao En Sistemas Agroforestales Para El Piedemonte Y La Sabana Inundable Del Municipio De Paz De Ariporo Casanare-Colombia*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Recuperado de:

<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/6412/1/7.364.039.pdf>

Mahecha, L. (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16(1), 11-18. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2950/295026121002.pdf>

Moráes, M. (2003). *Flora del Mundo*. Recuperado de:

[http://speciesplantarum.net/sites/default/files/attachments/flora\\_del\\_mundo-glosario.pdf](http://speciesplantarum.net/sites/default/files/attachments/flora_del_mundo-glosario.pdf)

Naciones Unidas (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Ortiz, R. (2007). Módulo de Agroforestería. UNAD. Bogotá, D.C.

Palomeque, E. (2009). *Sistemas Agroforestales*. Recuperado de <https://www.socla.co/wp->

<content/uploads/2014/sistemas-agroforestales.pdf?iv=112>

Porras, A. (s.f.). *Tipos de Muestreo*. Recuperado de:

<https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/163/1/19->

[Tipos%20de%20Muestreo%20-](#)

[%20%20Diplomado%20en%20An%C3%A1lisis%20de%20Informaci%C3%B3n%20Ge](#)

[oespacial.pdf](#)

PRODESOC. (2016). *Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales*. Recuperado de

[http://www.iica.int.ni/IICA\\_NICARAGUA/Publicaciones/Estudios\\_PDF/Guia\\_Cacao\\_Pa](http://www.iica.int.ni/IICA_NICARAGUA/Publicaciones/Estudios_PDF/Guia_Cacao_Pa)

[ra\\_Promotores.pdf](#)

Reynosa, E. (2015). *Crisis Ambiental Global: Causas, Consecuencias y Soluciones*

*Prácticas*. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/321085498\\_CRISIS\\_AMBIENTAL\\_GLOBAL](https://www.researchgate.net/publication/321085498_CRISIS_AMBIENTAL_GLOBAL)

[CAUSAS CONSECUENCIAS Y SOLUCIONES PRACTICAS](#)

Reyes, J. (2013). *Desarrollo e Implementación de la Ganadería Intensiva, Para una Mejor*

*Comercialización de Carne Bovina en la Finca “El Cortijo Las Marías*). (Tesis de

Grado). Universidad Autónoma del Occidente. Recuperado de:

[https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/ECONOMICAS\\_6/Administracion\\_de\\_E](https://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/ECONOMICAS_6/Administracion_de_E)

[mpresas/12.pdf](#)

Rivera, O. y Valle, O. (s.f.). *Monitoreo e Indicadores*. OEI. Pág. 2.

Rojas, A. (s.f.). *Paulownia: Valioso Género Que Conquista El Mercado*. Revista M&M.

Recuperado de <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev59/paulownia.pdf>

Rubiano, A. (2015). *Diseño E Implementación De Una Alternativa De Arreglo Agroforestal En Pequeñas Unidades Productivas Caso De Estudio Finca El Venado Vereda Los Puentes Municipio De Umbita, Boyacá*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de: <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/3794>

Sáez, A. (s.f.). La Agricultura y su Evolución a la Agroecología. Pág. 3.

Salgado, R. (2013). Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos. *Estudios Sociales 45, volumen (23)*, 122. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v23n45/v23n45a5.pdf>

Secretaria de Planeación Municipal (2018). *Revisión General del Esquema Básico de Ordenamiento Territorial – EOT, Tomo I: Diagnóstico*. Recuperado de [http://puertosalgarcundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/puertosalgarcundinamarca/content/files/000204/10151\\_2dts-diagnostico.pdf](http://puertosalgarcundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/puertosalgarcundinamarca/content/files/000204/10151_2dts-diagnostico.pdf)

SEMARNAT (2003). *Introducción a los Servicios Ambientales*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/304629727\\_Introduccion\\_a\\_los\\_servicios\\_ambientales](https://www.researchgate.net/publication/304629727_Introduccion_a_los_servicios_ambientales)

Sistema de siembra agroforestal cacaotal. (s.f.) *Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental: Biblioteca Agroecológica*. Recuperado de: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3869>

Universidad de Antioquia (s.f.). *Catálogo Virtual de Flora del Valle de Aburrá*. Recuperado de: <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/111>

Universidad de Caldas y Unión Europea. (2011). *Edafología 1*. Recuperado de:

<https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

Universidad del Valle (2015). *Impactos Ambientales de los Monocultivos*. Recuperado de:

<https://www.univalle.edu.co/medio-ambiente/impactos-ambientales-de-los-monocultivos>

Vásquez, A. (2001). *Silvicultura de Plantaciones Forestales en Colombia*. Recuperado de:

<https://www.yumpu.com/es/document/view/15650049/silvicultura-de-plantaciones-forestales-en-colombia-universidad-del->

ZHU ZHAO-HUA, XIONG YAO GUO.; LU XIN-YU. (1986) *Paulownia in China: cultivation*

*y utilization*. The Chinese Academy of Forestry Beijing, China. Recuperado de <https://hdl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/8226/71235.pdf>

Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad.

Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/tara/n28/1794-2489-tara-28-00409.pdf>