



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

**Establecimiento de un Sistema Agroforestal (SAF) asociado al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia, provincia de Loja, Ecuador**

Trabajo de integración curricular previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal

**AUTORA:**

Leslye Michelle Hurtado Trejo

**DIRECTORA:**

Ing. Narcisa Urgiles Gómez PhD

Loja – Ecuador  
2023

## Certificación

Loja, 15 de agosto de 2022

Ing. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez PhD.,

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### Certifico:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del trabajo de Integración Curricular denominado: **Establecimiento de un Sistema Agroforestal (SAF) asociado al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia, provincia de Loja, Ecuador** de autoría de la estudiante Leslye Michelle Hurtado Trejo, con cédula de identidad Nro. 1104683618 previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los trámites de titulación.



Firmado electrónicamente por:  
NARCISA DE JESUS  
URGILES GOMEZ

---

Ing. Narcisa Urgiles Gómez PhD.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, **Leslye Michelle Hurtado Trejo**, declaro ser autora del presente trabajo de integración curricular y dispenso expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicional acepto y autorizo a las Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de integración curricular en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula:** 1104683618

**Fecha:** 01/12/2022

**Correo electrónico:** leslye.hurtado@unl.edu.ec / leslyemichelle1902@outlook.es

**Teléfono:** 0989379904

**Carta de autorización del trabajo de integración curricular por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Leslye Michelle Hurtado Trejo**, declaro ser el autor del trabajo de integración curricular denominado **Establecimiento de un Sistema Agroforestal (SAF) asociado al cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia, provincia de Loja, Ecuador**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de integración curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a veintisiete días del mes de enero de dos mil veinte tres.

**Firma:**



**Autor:** Leslye Michelle Hurtado Trejo

**Cédula:** 1104683618

**Dirección:** George Whatshingo y José de Dios Maldonado, Loja

**Correo electrónico:** [leslye.hurtado@unl.edu.ec](mailto:leslye.hurtado@unl.edu.ec)

**Celular:** 098 937 9904

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Directora del Trabajo de Integración Curricular:**

Ing. Narcisa Urgiles Gómez PhD.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mis padres, a mi madre Verónica Trejo Charcopa y al tiempo que tuvimos que estar separadas para conseguir llegar a este punto, por la fuerza que me enseñaste a tener para soportar nuestra distancia física y soportar los obstáculos siempre con la cabeza en alto, aprendiendo todo lo posible y siendo siempre fiel a mis valores. A mi padre, Rafael Hurtado Quiñonez por siempre darme la mano y caminar conmigo en esta larga senda, por siempre apoyarme y confortarme, por tu paciencia y amor. A mis hermanas Karen y Stefany, que son el motor mismo de mi pasión para seguir adelante, por brindarme siempre fuerzas y estar ahí incondicionalmente motivándome a llegar a donde estoy hoy y a donde me falta llegar. A mi amado sobrino Aaron, quien siempre me alegro en mis peores momentos académicos, quien siempre sostuvo mi mano y limpió cada lágrima derramada para alcanzar este punto, a él que se desveló conmigo en muchas ocasiones escuchándome estudiar y teclear. Y a mí, por tener mis propias batallas por luchar, batallas que gane contra mí misma, por demostrarme que soy capaz y superar mis propios autosabotajes.

*Para ustedes, con cariño...*

*Leslye M. Hurtado Trejo*

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a Dios por todas sus bendiciones, por guiarme en este largo camino académico y darme la fortaleza para continuar.

A mi familia, por haberme dado todo su apoyo incondicional en cada etapa cursada y por estar ahí para cada obstáculo que tube que pasar, por cuidar de mí y velar por mi bienestar todo el tiempo, por motivarme, apoyarme y confiar en cada decisión.

A mis docentes de la carrera de Ingeniería Forestal por haberme impartido tanto conocimiento y solventar todas mis dudas permitiendo mi crecimiento personal y académico, que me permitieron vislumbrarme como una futura profesional.

Agradezco a mi directora de trabajo de integración curricular Ing. Narcisa Urgiles Gómez PhD., quien con su experiencia, conocimiento, motivación e infinita paciencia me orientó en mi camino de investigación y redacción y me ha apoyado en muchos otros proyectos. Al Ing. Dario Veintimilla e Ing. Victor Hugo Eras por sus consejos, enseñanzas y apoyo en este trabajo.

Agradezco a mis compañeros, que con cada palabra de aliento me han motivado a seguir adelante y también a mis amigos que me acompañaron en este proceso y me brindaron apoyo cuando lo necesite motivándome siempre a alcanzar mis metas.

***“A todos ustedes, mil gracias por estar ahí conmigo”***

# Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iii
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenidos</b> .....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xii
<b>1. Título</b> .....	1
<b>2. Resumen</b> .....	2
2.1. Abstract.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
<b>4. Marco Teórico</b> .....	6
4.1. Generalidades de los Sistemas Agroforestales .....	6
4.1.1. Características.....	6
4.1.2. Establecimiento de Sistemas Agroforestales .....	7
4.1.3. Enfoque de sistemas.....	7
4.2. Tipos de Sistemas Agroforestales.....	8
4.2.1. Sistemas silvoagrícolas .....	8
4.2.2. Sistemas agrosilvopastoriles .....	8
4.2.3. Sistemas silvopastoriles .....	8
4.3. Importancia de los Sistemas Agroforestales.....	9
4.4. Ventajas de los Sistemas Agroforestales .....	9
4.4.1. Sobre el suelo.....	9
4.4.2. Sobre plaga, enfermedades y malezas .....	9

4.4.3. Sobre los rendimientos.....	10
4.5. Desventajas de los Sistemas Agroforestales.....	10
4.6. Especies leñosas más utilizadas en Sistemas Agroforestales en el sur del Ecuador.....	10
4.7. Descripción de las especies arbóreas y arbustiva empleadas en el sistema Agroforestal.....	11
4.7.1. <i>Cedrela montana</i> L.....	11
4.7.2. <i>Alnus acuminata</i> Kunth.....	11
4.7.3. <i>Inga edulis</i> Mart.....	12
4.7.4. <i>Citrus reticulata</i> Blanco.....	12
4.7.5. <i>Coffea arabica</i> L.....	13
4.6. Estudios similares desarrollados en Sistemas Agroforestales con café.....	14
<b>5. Metodología .....</b>	<b>16</b>
5.1. Área de estudio .....	16
5.2. Establecimiento de un Sistemas Agroforestal utilizado para generar sombra en el cultivo inicial de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) en la Quinta Experimental La Argelia.....	17
5.2.1. Diseño del Sistema Agroforestal: Sistema Silvoagrícola .....	17
5.2.2. Estudio de las condiciones del suelo.....	17
5.2.3. Establecimiento del Sistema Silvoagrícola.....	22
5.3. Condiciones micro climáticas iniciales y de crecimiento inicial de las especies que conforman el Sistema Agroforestal en asociación con un cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) en la Quinta Experimental La Argelia.....	23
5.3.1. Condiciones micro climáticas .....	23
5.3.2. Sobrevivencia.....	24
5.3.3. Crecimiento inicial.....	24
<b>6. Resultados.....</b>	<b>26</b>
6.1. Establecimiento del Sistema Agroforestal utilizado para generar sombra en el cultivo inicial de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) en la Quinta Experimental La Argelia.....	26
6.1.1. Condiciones físico, químicas y biológicas del suelo .....	26
6.1.2. Sistema agroforestal establecido.....	28
6.2. Condiciones micro climáticas y de crecimiento inicial de las especies en el Sistema Agroforestal en asociación con un cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> L.) en la Quinta Experimental La Argelia.. ..	29

6.2.1. Condiciones micro climáticas .....	29
6.2.2. Supervivencia.....	30
6.2.3. Crecimiento inicial.....	31
<b>7. Discusión .....</b>	<b>33</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>37</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>38</b>
<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>39</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>44</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Hoja de campo para registro de datos físicos de suelos en las calicatas.....	18
<b>Tabla 2.</b>	Hoja de campo para la recopilación de datos biológicos y químicos de suelo de las calicatas.....	18
<b>Tabla 3.</b>	Matriz de campo para registro de datos .....	19
<b>Tabla 4.</b>	Requerimientos edafoclimáticos de las especies .....	20
<b>Tabla 5.</b>	Descripción de los componentes del SAF, conforme el arreglo espacial y temporal..	22
<b>Tabla 6.</b>	Hoja de campo para la recopilación de datos climáticos .....	23
<b>Tabla 7.</b>	Hoja de campo para la recopilación de datos de crecimiento inicial, de los individuos que componen el SAF.....	25
<b>Tabla 8.</b>	Fórmulas para el cálculo de parámetros evaluados.....	25
<b>Tabla 9.</b>	Valores máximos, mínimos y promedios de temperatura y humedad registrado en el área de estudio a 10 y 30 cm.....	29
<b>Tabla 10.</b>	Sobrevivencia de las especies incorporadas en el SSA desde los 0 a los 180 días de establecimiento. ....	30
<b>Tabla 11.</b>	Crecimiento en diámetro a la base de las especies incorporadas en el SSA.....	31
<b>Tabla 12.</b>	Crecimiento en altura de las especies incorporadas en el SSA.....	32

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Esquema de un Sistema. Adaptada de Torquebiau (1993).....	7
<b>Figura 2.</b> Ubicación espacial del Sistema Silvoagrícola en la quinta experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja .....	16
<b>Figura 3.</b> Distribución espacial del Sistema Silvoagrícola en la Quinta Experimental La Argelia.....	21
<b>Figura 5.</b> Análisis de textura, partículas minerales, en porcentaje de cada calicata. ....	26
<b>Figura 6.</b> Análisis de pH del suelo .....	27
<b>Figura 7.</b> Contenido de MO del suelo.....	27
<b>Figura 4.</b> Sistema silvoagrícola en el área de estudio .....	28
<b>Figura 8.</b> Velocidad del viento dentro del sistema agroforestal en promedio .....	30

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Especies comunes para uso en sistemas agroforestales .....	44
<b>Anexo 2.</b> Lista de especies implementadas en el Sistema Agroforestal: aportes y beneficios al sistema.....	45
<b>Anexo 3.</b> Establecimiento del Sistema Agroforestal en la Quinta Experimental La Argelia.....	45
<b>Anexo 4.</b> Categoría para la evaluación de la sobrevivencia de las plantas.....	46
<b>Anexo 5.</b> Datos de parámetros biológicos y químicos del suelo .....	46
<b>Anexo 6.</b> Datos de la caracterización física del suelo .....	46
<b>Anexo 7.</b> Fotografías de los perfiles .....	47
<b>Anexo 8.</b> Base de datos de clima .....	47
<b>Anexo 9.</b> Registro de variables de crecimiento inicial de las especies del SAF .....	53
<b>Anexo 10.</b> Certificado de traducción del resumen.....	56

## **1. Título**

**Establecimiento de un Sistema Agroforestal (SAF) asociado al cultivo de café (*Coffea arabica* L.)  
en la Quinta Experimental La Argelia, provincia de Loja, Ecuador**

## 2. Resumen

Los sistemas agroforestales se enmarcan dentro de actividades de restauración activa que favorecen a alcanzar la seguridad alimentaria y reducir el uso de pesticidas en las organizaciones agrícolas, esta forma de manejo y uso de los recursos ancestral no ha sido reconocida como eje de investigación formal que reflejen sus ventajas en el aspecto social, ecológico y económico que conlleva. Es por ello, que la presente investigación tuvo como objetivo fundamental generar información científica técnica con especies arbóreas nativas en una plantación de café de 960 m<sup>2</sup>, realizada en la Quinta Experimental La Argelia, provincia de Loja-Ecuador durante el periodo abril-septiembre del año 2022. La metodología empleada consistió en establecer un sistema agroforestal, iniciando con el estudio de las condiciones de suelo para plantear la línea base de trabajo, y poder seleccionar las especies que cumplan con las características edáficas del área de trabajo. Estas especies fueron sometidas a un proceso de aclimatación quince días antes de ser trasplantadas con su respectivo distanciamiento con el fin de evitar la mortalidad de las mismas. En cuanto al tipo de suelo de estudio es ácido de textura franco arcillosa, en donde se incorporaron las especies en hilera de 4 m. Luego de conocer el tipo de suelo se determinó las condiciones microclimáticas y de crecimiento inicial registrando los datos con apoyo de equipos portátiles en dos horarios diferentes (10 am y 4 pm) se escogió estos periodos de tiempo debido a la posición del sol, considerando las variables como: temperatura, velocidad del viento y humedad relativa ya que estas detallan las características biofísicas del área y son las que mejor aportan al análisis. Por otro lado, el crecimiento se registró en base a dos variables, cualitativas y cuantitativas, de cada una de las cinco especies asociadas que son: *C. montana*, *I. edulis*, *A. acuminata*, *C. reticulata*, *C. arabica*. Así entonces, los resultados muestran que el distanciamiento al que se establecieron las especies favoreció al crecimiento de las mismas; es por esto, que el porcentaje de sobrevivencia obtenido del 87% que se categoriza en un rango bueno, comprobando el potencial de estas especies para ser asociadas en sistemas agroforestales con café. Un dato destacable es que la especie *C. montana* alcanzó una altura de 39,1 cm y un diámetro a la base de 24,4 mm o 2,4 cm, presentando el mayor incremento tanto para altura como para diámetro a la base para la especie *I. edulis*. En síntesis, la optimización del uso de suelo para prevenir competencia entre las cinco especies incorporadas y la evaluación de su comportamiento en cuanto al crecimiento, son una alternativa para el establecimiento de sistemas agroforestales, ya que contribuye a incrementar un mayor número de puntos que sirvan como conectores de paisaje y aumento de la productividad, con especies de múltiples usos.

**Palabras clave:** especies forestales, agroforestería, crecimiento inicial

## 2.1 Abstract

Agroforestry systems are part of active restoration activities that favor achieving food security and reducing the use of pesticides in agricultural organizations, this form of management and use of ancestral resources has not been recognized as an axis of formal research that reflects its advantages in the social, ecological and economic aspect that it entails. In this context, the main objective of this research was to generate scientific and technical information with native tree species in a coffee plantation, which was developed in the Quinta Experimental La Argelia, province of Loja, Ecuador during the period April-September of the year 2022. The methodology for the first objective was to establish an agroforestry system, for this began with the study of soil conditions to raise the baseline of work, once with this the species were selected, based on the edaphic characteristics of the effective work area which were subjected to an acclimatization process fifteen days before being transplanted with their respective distancing. In the second objective, data on the microclimate and growth of the species was recorded, the microclimate was monitored with the use of portable equipment at two different times (10 am and 4 pm) these periods of time due to the position of the sun in them, considering the variables of temperature, speed of seeing and relative humidity. As for growth, it was recorded based on two variables, qualitative and quantitative, of each of the five associated species that are: *C. montana*, *I. edulis*, *A. acuminata*, *C. reticulata*, *C. arabica*. The results show that the distance to which the species were established is favoring their growth; That is why the survival percentages obtained was 87%, which is categorized in good way, the potential of these species to be associated in agroforestry systems with coffee could be verified. On the other hand, species *C. montana* reached a height of 39.1 cm and a diameter at the base of 24.4 mm or 2.4 cm, there was the greatest increase in both height and diameter at the base for species *I. edulis*, a result that was corroborated by studies developed in the same species for initial development after being transplanted to a given area that also reflects its agroforestry potential.

The optimization of land use to prevent competition between the five incorporated species and the evaluation of their behavior in terms of growth, are an alternative for the establishment of agroforestry systems, since it contributes to increase a greater number of points that serve as landscape connectors and increase productivity, with species of multiple uses.

**Key words:** forest species, agroforestry, coffee cultivation

### 3. Introducción

La agroforestería es una alternativa de uso de suelo en la que se combina la producción de bienes y servicios con la conservación del recurso natural (López y Musálem, 2007). Establecer sistemas agroforestales representa promover la conservación del estado productivo de los suelos agrícolas o recuperar los suelos degradados, al tiempo que incrementan la biodiversidad y garantiza una producción sostenible diversificando los alimentos en la comunidad (Castillo et al., 2021).

Así entonces, los sistemas Agroforestales (SAF); Cañarte (2016) refiere que son formas de uso y manejo de los recursos forestales, en los cuales las especies leñosas (árboles, arbustos, palmas) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos o animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal. La producción en sistemas agroforestales requiere de buenas prácticas agrícolas que conlleven a transformar las Unidades de Producción Agropecuarias (UPAs) en fondos integrales sostenibles, sin la influencia de agroquímicos, permitiendo el manejo del territorio a pequeña y mediana escala.

También es importante señalar que la agroforestería es una forma de manejo de los recursos, conocida y transmitida por muchas generaciones de campesinos de diferentes partes del mundo. Se ha documentado y demostrado que la incorporación de elementos vegetales leñosos brinda múltiples beneficios en las huertas o chacras campesinas, entre los que sobresalen: provisión de forraje, frutos, leña, madera, sombra, humedad, captura de CO<sub>2</sub>, control de la erosión y división de fincas (Yaguachi y Carrión, 2000).

A pesar de que la agroforestería ha sido reconocida como una importante alternativa, con suficiente justificación social, ecológica y económica para la región, no se ha convertido en objeto de investigación formal y desarrollo en la escala que merece (Saucedo et al., 2020). Varias instituciones tanto públicas como privadas, entre ellas CARE, INEFAN, MAE, junto con organizaciones campesinas, han promovido la agroforestería como una práctica viable (Arévalo, 2012). Sin embargo, la adopción de esta práctica acarrea ciertas limitaciones para los productores ya que hace interferencia con las labores agrícolas convencionales como: manejo de maquinaria pesada, riego intensivo, aplicación de pesticidas; sumado a esto, la falta de información que muestre las ventajas tanto económicas como de relación de competencia árbol-cultivo cultivo (Nieto et al., 1999). Por ello, afianzar el desarrollo de los sistemas agroforestales cafetaleros sobre bases agroecológicas, es una alternativa tecnológica que garantiza diversidad productiva y contribuye afianzar la seguridad agroalimentaria y nutricional de la población rural y campesina.

Particularmente en Ecuador, se han identificado 181 sistemas agroforestales, que corresponden a sistemas simultáneos, de los cuales el 48% son agrosilviculturales, 32% agrosilvopastoriles y 20% silvopastoriles (Checa et al., 2010). En el contexto de la caficultura mundial, Ecuador aparece como productor, exportador y consumidor de *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre ex Froehner., dichas plantaciones confortan sistemas de producción agroforestales cafetaleros, donde predomina el café sembrado bajo sombra y asociado a plantas arbóreas, (cedro, aliso, guaba y naranja). En el sur del Ecuador, es común aplicar esta alternativa tecnológica ya que es más viable para recuperar las condiciones del suelo, mitigar el cambio climático y contribuir con la preservación del agua, ya que se enmarca a una práctica de restauración activa garantizando la seguridad agroalimentaria de las personas.

Bajo esta perspectiva, la presente investigación tiene como finalidad la ampliación y desarrollo de conocimientos sobre la agroforestería con especies arbóreas nativas en el sur del Ecuador, con base a los siguientes objetivos.

#### Objetivo General

- Generar información científico-técnica con especies arbóreas nativas en una plantación de café en la Quinta Experimental La Argelia.

#### Objetivos Específicos

- Establecer un Sistema Agroforestal empleado para generar sombra en el cultivo inicial de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia, y;
- Determinar las condiciones micro climáticas y crecimiento inicial de las especies en el Sistema Agroforestal en asociación con un cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Generalidades de los Sistemas Agroforestales

La agroforestería es un conjunto de prácticas y sistemas de producción en los que se combina la siembra de cultivos y árboles, con la aplicación de prácticas de conservación del suelo que se diseñan y ejecutan en un plan de manejo de finca (Mendieta y Rocha, 2007). Los objetivos son la diversificación de la producción, la mejora de la agricultura, aumentar los niveles de materia orgánica del suelo, mejorar la fijación de nitrógeno atmosférico, reciclar los nutrientes y optimizar la productividad del sistema bajo el marco de producción sostenible (Javier et al., 2014).

#### 4.1.1. Características

En base al conjunto de definiciones del Sistema Agroforestal (SAF) se pueden englobar en cuatro características esenciales:

- **Estructura:** se incorporan especies arbóreas, cultivos e incluso animales según el requerimiento o decisión del propietario de tierra. La combinación y organización de las especies incluidas en el diseño puede adoptar cualquier forma de ordenación espacial o temporal según el objetivo del SAF.
- **Sustentabilidad:** se procura interacciones ecológicas y socioeconómicas significativas, ya sea positivas o negativas (Silva y Rozados, 2002), como permitir la entrada de agentes polinizadores y depredadores dentro del sistema. Debe ser estable y sostenible en el tiempo (Moreno et al., 2014) y además se da un manejo de la tierra para incrementar el rendimiento integral, combinar la producción de cultivos, plantas forestales y/o animales, simultánea o secuencialmente en la misma unidad de tierra (Pérez y García, 2021).
- **Incremento de la productividad:** busca reducir riesgos de plagas y enfermedades e incrementar la producción y productividad global, tanto de las especies arbóreas, el cultivo y/o los animales (Nicholls et al., 2015).
- **Adaptabilidad cultural y socioeconómica:** empleo de especies autóctonas para tomar en consideración los valores socioculturales de la población (Silva y Rozados, 2002) y asegurar la participación en la implementación de estos sistemas confirmando que se preserven estas prácticas ancestrales.

#### **4.1.2. Establecimiento de Sistemas Agroforestales**

Se inicia con la selección de los componentes según los objetivos del productor, de las características del terreno (suelo, clima, vegetación, otros), las condiciones socioeconómicas, tiempo y los productos que se esperan conseguir. Hay que recordar que muchas veces se implementan como una respuesta a las particularidades del sitio, por ende no hay un manual de pasos a seguir para el establecimiento de un SAF (Jiménez et al., 2001).

Sin embargo, Moncayo (2013) en la guía para el establecimiento de SAF menciona algunas recomendaciones para esta actividad, realizando la importancia de conocer las condiciones particulares del sitio, para luego poder implementar un sistema que se adapte a los intereses del propietario. Para la correcta selección del sistema a implementar es importante realizar algunas preguntas como ¿qué quiero producir? ¿qué necesito para realizar la plantación? ¿dónde la voy a establecer? ¿Cuáles son los riesgos, daños o pérdidas que se pueden dar? y otras.

En el caso particular de los cultivos en asocio con árboles maderables, se debe tener en cuenta que estos cultivos sean compatibles con las especies a plantar, mismas que no deben brindar sombra densa, evitar el uso de árboles si el cultivo es de especies trepadoras durante los primeros años de crecimiento, evitar la sobre densidad ya que en caso contrario habría una fuerte competencia por nutrientes y agua, cuando se use especies arbóreas perennes los cultivos asociados deben ser tolerantes a la sombra o en su defecto necesitar de ella como en el caso del cultivo de café y cacao (López y Molina, 2007).

#### **4.1.3. Enfoque de sistemas**

Es una herramienta que permite el estudio de situaciones reales en una práctica de campo y se emplea como guía para facilitar la descripción y análisis de SAF (Figura 1), Torquebiau, (1993) emplea este enfoque para diagnosticar los sistemas del uso de tierra y así formular las intervenciones de tipo agroforestal.



Figura 1. Esquema de un Sistema. Adaptada de Torquebiau (1993)

## **4.2. Tipos de Sistemas Agroforestales**

### **4.2.1. *Sistemas silvoagrícolas***

También conocidos como siembra en callejones o cultivo intercalado, son una práctica agroforestal que consiste en combinar árboles y/o arbustos con cultivos en la misma unidad agrícola. Los cultivos se pueden vincular en callejones entre hileras de árboles y/o arbustos. El espacio en el que se pueden desarrollar los cultivos debe ser amplio y puede variar entre 4 y 25 m, dependiendo del tipo de árboles y cultivos a utilizar (Tintaya, 2015).

En Ecuador, un sistema silvoagropecuario con la producción de café y cacao en modalidad orgánica es una opción alentadora, como alternativa a la instalación de potreros en zonas de alta vulnerabilidad (Saravia, 2009).

### **4.2.2. *Sistemas agrosilvopastoriles***

Sistema donde se combinan árboles con cultivos agrícolas y pastos para producción animal, en forma simultánea o en forma secuencial. Se puede combinar con el uso de cortinas rompevientos, árboles en hileras o cercas vivas (FAO, 2001).

En las zonas semi secas del Ecuador sobresalen estos sistemas con *Hyparrhenia rufa* con *Guazuma ulmifolia* y *Samanea saman* ya que se le atribuyen gran variedad de usos: producción de forraje y frutos para ganado bovino, frutos para fauna silvestre, tiene un néctar valioso para la producción de miel de alta calidad, leña de buena calidad, el fruto, hoja, corteza, raíz y la flor poseen propiedades medicinales, tienen múltiples efectos restauradores del medio ambiente y presta muchos servicios ambientales (Ruíz et al., 2019).

### **4.2.3. *Sistemas silvopastoriles***

Puede definirse en términos generales como un sistema de gestión de la tierra, en el que los bosques se gestionan para la producción de madera, alimentos y forraje, y para la cría de Ganado (Luna y Morillo, 2009). Son la asociación de árboles maderables o frutales con animales, haya o no cultivos. Se implementan en diferentes niveles, desde grandes fincas forestales comerciales que incluyen ganado hasta la complementación con agricultura de subsistencia.

Desde un punto de vista ecológico, el uso de legumbres puede mejorar la productividad y la sostenibilidad, aumentando el rendimiento de los pastos asociados o alimentando animales que se alimentan de frutos y hojas de los árboles (Federal, 2002).

### **4.3. Importancia de los Sistemas Agroforestales**

Encaminada bajo cuatro ejes principales, cultural, económico, ambiental y social (Silva y Rozados, 2002). Culturalmente, se registra que los sistemas agroforestales han sido estructurados por los pueblos indígenas, además que estos sistemas conservan e incrementan la biodiversidad promoviendo la aparición de especies tanto animales como vegetales (Mendoza, 2009). Socialmente, promueven las formas de trabajo que conllevan al fortalecimiento de las conexiones de familias, comunidades y parroquias, además que si se desarrollan con el fin de protección de cuencas hidrográficas (en zonas de laderas o suelos descubiertos) el interés de la comunidad por la conservación de recursos como el suelo, agua, polinizadores y cuidado activo los lleva a participar de la aplicación de esta práctica (Saborío, 2016).

En el aspecto ambiental, las técnicas agroforestales regresan biomasa al agroecosistema, esta biomasa es de buena calidad y conlleva a la recirculación eficiente de los nutrientes (Estrada et al., 2003), lo cual resulta en la disminución de efectos perjudiciales del sol, viento, lluvia directa en el suelo (escorrentía) y sumado a esto, favorece el paso de fauna silvestre (Aguirre y Aguirre, 2015). En cuanto al aspecto económico, presentan mayor producción, mayor calidad y menores costos de producción en relación a los sistemas convencionales, por ejemplo, la integración de pastos en plantaciones donde el ganado contribuye a reducir la necesidad de desyerbar. En vista que se reduce los costos en evitar el uso de agroquímicos (Graus, 2019).

### **4.4. Ventajas de los Sistemas Agroforestales**

Entre las más destacadas Arévalo, (2012), menciona algunas ventajas de los SAF:

#### **4.4.1. Sobre el suelo**

- Incremento del contenido de materia orgánica, ya que estimula la actividad biológica e incrementa la mineralización de los nutrientes.
- Disminución de la erosión, contribuye a la conservación de agua y suelo.
- Mejoramiento de la estructura y de las condiciones generales del suelo, mediante el mejoramiento de la retención y reciclaje de nutrientes y el balance positivo de nutrientes.
- Fomento de la actividad micorrítica y antagonista.

#### **4.4.2. Sobre plaga, enfermedades y malezas**

- La diversificación afecta las plagas de insectos, reduciendo a los herbívoros y estimulando a los enemigos naturales.
- Las multilíneas y las variedades mezcladas reducen los patógenos.

- Los policultivos de elevada cobertura vegetal del suelo suprimen las malezas.
- Los cultivos de cobertura en huertos frutales disminuyen las infecciones de insectos y malezas.

- La labranza mínima puede reducir las enfermedades del suelo.

#### **4.4.3. Sobre los rendimientos**

- Los rendimientos por unidad de área pueden ser 5 a 10 % menores, pero los rendimientos en relación con otros factores (por unidad de energía, de pérdida del suelo) son mucho mayores.

- Los policultivos tienen mayor rendimiento en los monocultivos.

- Una pérdida inicial de protección puede ocurrir durante la conservación al manejo orgánico, pero puede ser minimizada a través de la sustitución de insumos.

- La variabilidad de rendimientos es más baja, la estabilidad de los rendimientos es mayor y existen menos riesgos en el proceso.

#### **4.5. Desventajas de los Sistemas Agroforestales**

- Desconocimiento por la mayoría de los productores agropecuarios.

- En áreas totalmente deforestadas la recuperación y reforestación para estos fines es lenta y costosa.

- Escasa información sobre integración de sistemas y la utilización y producción de árboles forrajeros en la alimentación animal.

#### **4.6. Especies leñosas más utilizadas en Sistemas Agroforestales en el sur del Ecuador**

Existe tradición agroforestal en la zona, situación que se demuestra con el uso de especies como linderos, cerca de las casas y árboles de sombra, que da como resultado el uso de la práctica agroforestal tradicional: árboles en linderos con cultivos permanentes y perennes (Aguirre y Aguirre, 2012).

Entre las especies con alto potencial para implementar en SAFs asociados con cultivos agrícolas anuales, se encuentran *Inga edulis*, *Acacia macracantha*, *Citrus lemon*, *Erythrina poeppigiana*, *Cedrela montana*, *Tectona grandis*, *Swietenia macrophylla* y otras (Farfán, 2014), mismas que se incorporan con los monocultivos, especialmente, según el objetivo del SAF (López y Molina, 2007). Entre otras especies encontramos que para SAF con cultivos perennes se utilizan mayormente *Prosopis juliflora*, *Acacia macracantha*, *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*,

*Tectona grandis*, *Samanea saman*, *Citrus lemon*, *Mangifera indica*, *Inga* sp., entre otras (Aguirre y Aguirre, 2015). Estas especies son de uso múltiple, aceptadas y apreciadas por la población local.

#### **4.7. Descripción de las especies arbóreas y arbustiva empleadas en el sistema Agroforestal**

##### **4.7.1. *Cedrela montana* L**

Árbol de entre 20 a 45 m de altura, diámetro a la base de hasta 1,7 m y tronco recto . La corteza externa es fisurada longitudinalmente de color pardo grisáceo. Presenta una copa grande, redonda, robusta extendida. Hojas color verde en el haz y café oscuro en el envés, alternas paripinadas y foliolos opuestos (Conabio, 2008). Se registra un crecimiento inicial para cedro de 1,08 m en altura y 1,2 cm de diámetro a la base en promedio anual (Sánchez et al., 2003).

##### **4.7.1.1. Distribución en Ecuador.**

Es nativa de Ecuador, el rango altitudinal varía entre los 0 a 2 000 m s.n.m. y se encuentra en las provincias de Esmeraldas, Guayas, Loja, Los Ríos, Morona Santiago, Napo, Pastaza y Sucumbíos (Jorgensen y León, 1999).

##### **4.7.1.2. Usos.**

Se usa principalmente su madera con fines artesanales, para construcción, aromatizante, medicinal para aliviar dolor de muelas y oídos, disentería. Tallo: antipirético, abortivo, y melífera. Además, se implementa en SAF asociado a cultivos de café y cacao, como árbol tutor e incentivador de polinización (Conabio, 2008).

##### **4.7.2. *Alnus acuminata* Kunth**

Árbol monoico de entre 10 a 30 m de altura con un diámetro a la base de hasta 1 m. La copa es angosta piramidal de forma irregular. Tronco ligeramente ovalado que generalmente se bifurca o da lugar a varios troncos con mucha ramificación. Corteza lisa a rugosa (ligeramente), puede presentar arrugas transversales. Hojas ovadas con margen agudo biserrado con haz y envés glabro. En plantación, se registran valores de altura de hasta 1,32 m con un área basal de 23,92 mm en un lapso de 9 meses (Revelo, 2007).

##### **4.7.2.1. Distribución en Ecuador.**

Especie nativa que se encuentra distribuida en una altitud entre 500 a 2 800 m s. n. m., en las provincias de Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Imbabura, Loja, Morona-Santiago, Napo, Pichincha y Tungurahua (Jorgensen y León, 1999).

##### **4.7.2.2. Usos.**

Se usa principalmente como especie forrajera, fijadora de nitrógeno, en procesos de restauración, la madera es utilizada como herramienta artesanal, combustible y construcción. Se emplea en medicina tradicional debido a sus propiedades antifúngicas y antibacteriales (C. Vázquez et al., 1999). Se desarrollan bien en sitios perturbados y favorecen el establecimiento de otras especies dada su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, esta característica la hace una especie importante en los procesos de regeneración de los bosques (Escobar et al., 2019).

#### **4.7.3. *Inga edulis* Mart**

Especie leguminosa de entre 4 a 30 m de altura, diámetro a la base de  $\pm 1$  m, con una copa aplanada. Tronco recto con corteza gris pálida con presencia de lenticelas y finos surcos. Hojas alternas, pinadas, vellosas, lanceoladas y deciduas, presentan peciolo de entre 18 a 30 cm, raquis alado largo y margen liso. Se registra una tasa de crecimiento de 0,13 a 0,26 cm/día en altura y aumento en diámetro a la base de entre 0,016 a 0,042 mm/día (Saltos et al., 2018).

##### **4.7.3.1. Distribución en Ecuador.**

Especie nativa y cultivada (Jorgensen y León, 2009). En el país se distribuye ampliamente a una altitud de 0 a 1800 msnm, en las provincias de Imbabura, Los Ríos, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Pichincha, Sucumbíos y El Oro (Tropicos, 2012b).

##### **4.7.3.2. Usos.**

Principalmente se emplea como uso comestible por el fruto, ya sea cocido o no, también se emplea con fines ornamentales, protección de cuencas, leña, carbón y como especie forrajera (Alvarado et al., 2020).

#### **4.7.4. *Citrus reticulata* Blanco**

Perteneciente a la familia Rutaceae (Tropicos, 2012a). Planta perenne, árbol de entre 2 a 6 m de altura, tronco levemente a muy torcido. Hojas oblongo ovals color verde oscuro brillante en el haz y verde amarillento en el envés, elípticas a lanceoladas, la base de la hoja y el ápice es obtuso, margen aserrado sobre la base. Presencia de aroma al triturar sus hojas. Peciolo con ala muy corta. Inflorescencias axilares o terminales con 1-4 flores pentámeras, de color blanco, olorosas. Frutos globosos color entre amarillo verdoso a naranja. Pulpa jugosa y dulce, refrescante. Para el género *Citrus* se registra un crecimiento sigmoide simple (Jiménez y Pérez de Camacaro, 2009) con crecimiento lento en los primeros días (20 a 30 días) y un incremento sostenido hasta los  $\pm 151$  días (DAB=  $\pm 55$  mm) (Laskowki et al., 2006).

##### **4.7.4.1. Distribución en Ecuador.**

Especie introducida y cultivada, se distribuye en las provincias de Los Ríos, Manabí y Napo (Tropicos, 2012a), en un rango altitudinal entre 200 a 2 500 m s.n.m. (Villada et al., 2021).

#### **4.7.4.2. Usos.**

Se consume el fruto debido a su pulpa jugosa y dulce, medicinalmente se consume debido a su bajo índice glucémico que ayuda a prevenir la diabetes y refuerza el sistema inmunológico. Usada comúnmente en procesos de restauración ecológica para alimento de fauna silvestre (Jiménez y Pérez de Camacaro, 2009).

#### **4.7.5. *Coffea arabica* L**

El café de especie *arabica* es nativa de África, no se conoce con exactitud cuándo fue introducido a Ecuador, árbol de características conocidas desde tiempos coloniales por sus usos y su papel en la economía. Entre las más importantes están la comercialización de granos de café para el consumo, agricultura (como abono), tinte de muebles, aromatizador, y otros usos, además de su utilización en cosmetología (Pineda, 1974). A libre crecimiento, la planta comienza a producir frutos en ramas de un año de edad y alcanza su máxima productividad entre los 6 y 8 años de edad. En el desarrollo del cultivo de café, libre o en sistema, las fases de crecimiento vegetativo y reproductivo transcurren simultáneamente durante la vida de la planta (Arcilla, 2007).

##### **4.7.5.1. Distribución en Ecuador.**

Se encuentra en las provincias de Loja, Napo, Pichincha, Galápagos, El Oro, Manabí, Guayas, Zamora Chinchipe, Los Ríos, Santa Elena, Guayas, Orellana y Sucumbíos. En altitudes de 400 a 1 500 m s.n.m. (Alvarado y Rojas, 2007). Según Gómez (2010) en alturas superiores a 1 000 m s.n.m. se logra el desarrollo del cafeto, pero no se obtiene una buena producción. Siendo la altitud más conveniente para el cultivo de café de 800 a 900 m s. n. m., ya que se obtiene la mayor producción.

##### **4.7.5.2. Usos.**

Potencial para consumo humano, cosmetología, conservación (compostaje) y protección de suelos (Novib et al., 2014). Las semillas trituradas se usan para consumo humano en cocina cotidiana así como en repostería, de igual manera se emplea como aromatizante para limpieza del hogar y como exfoliante en cosmetología (Mora y Acosta, 2001).

## **4.6. Estudios similares desarrollados en Sistemas Agroforestales con café**

### ***4.6.1. Sistemas Agroforestales: Potencialidades para el caso del Ecuador***

Sarango (2015) menciona que, si bien los SAF's son una opción de producción no convencional para conservación del suelo y del agua, proporcionan nutrientes y el contribuyen al mejoramiento de las condiciones ambientales del ecosistema, combinando procesos de conservación y generación de bienes y servicios de manera secuencial en una parcela, proporcionando seguridad al agricultor. Además, constituyen una alternativa viable de producción para un país tropical como Ecuador, cuyas diferentes composiciones pueden ser aplicables en las tres regiones del país, a fin de revertir el impacto de la erosión del suelo en la Sierra, recuperar los bosques húmedos tropicales en la Costa y recuperar el suelo compactado por la actividad ganadera en la Amazonia a la vez de generar ingresos.

Sin embargo, la implementación de un SAF requiere de una inversión inicial por parte de los productores y minimiza las ganancias monetarias a corto plazo frente a la producción monocultivo. Esto puede representar una dificultad sobre todo para pequeños productores que dependen de sus ganancias diarias, de ahí que sea importante la documentación e información de los beneficios socio-económicos para la promoción de SAF's. El manejo del sistema agroforestal tiene una gran relación con el conocimiento tradicional, permitiendo el intercambio de saberes entre el técnico y la comunidad.

### ***4.6.2. Caracterización de sistemas agroforestales (SAF's) en la subregión sierra centro del Ecuador***

Se identifico y caracterizo los sistemas agroforestales promisorios que promueven el incremento y diversificación de la producción de fincas que a la vez fomenten el manejo sostenible de los recursos naturales en la subregión sierra centro del ecuador, para lo cual se dividió en tres subregiones, sierra norte, sierra centro y sierra sur, específicamente se estudió la subregión sierra centro como área de estudio, constituida por las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi y parte de Bolívar. Los tipos de sistemas agroforestales más frecuentes y que se practican en orden de importancia en la subregión son sistemas agrosilviculturales, agrosilvopastoriles y silvopastoriles, independientemente del tipo de sistema se observó que predominan los huertos de plantación frutal, cortinas rompevientos, linderos, cercas vivas y huertos caseros, por el contrario, árboles en pasturas, cultivos en callejones son menos frecuentes. Esta caracterización permite comprobar la interacción entre la situación e intereses socioeconómicos y conocimientos locales

de los productores con las condiciones climáticas del sitio, mismas que son determinantes para la adaptación y elección de especies y las tecnologías agroforestales acordes con los objetivos y el entorno en donde se desenvuelven el productor y el sistema de producción (Checa et al., 2010).

#### **4.6.3. Especies leñosas y cultivos objetivos para sistemas agroforestales en bosque andino del Ecuador**

Se realizó la caracterización de los principales sistemas agroforestales (SAF) en los cantones Zapotillo y Macará (Ecuador), donde la práctica agroforestal tradicional más exitosa y difundida en la zona, es la integración de árboles en linderos y/o cercas vivas con cultivos anuales, debido al poco espacio que usan las especies utilizadas y a los beneficios que obtiene el propietario. Las principales especies arbóreas utilizadas en las diferentes prácticas son: *Swietenia macrophylla*, *Azederachta indica*, *Inga edulis*, *Spondias purpurea*, *Leucaena leucocephala*, *Citrus sinensis*, *Citrus lemon*; las especies arbustivas usadas son: *Jatropha curcas* e *Hibiscus rosa-sinensis*; y, los cultivos comunes: *Zea mays*, *Coffea robusta*, *Manihot sculenta*, *Phaseolus vulgaris*, *Cajanus cajan*, *Lablad purpureus* e *Ipomoea batatas*. Luego de la calificación se definieron como las especies claves para impulsar los SAF en zonas semiáridas del sur de la provincia de Loja, las siguientes: *Prosopis juliflora*, *Acacia macracantha*, *Switenia macrophylla*, *Albizia multiflora*, *Cordia lutea* y *Jatropha curcas* y, cinco cultivos: *Cajanus cajan*, *Manihot sculenta*, *Musa sapientum* y *Panicum maximum* (Aguirre y Aguirre, 2015).

#### **4.6.4. Adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café (*Coffea arabica* L.)**

Según Sarango, (2018), se analizaron la interacción entre el cultivo y las especies arbóreas que constituyen el sistema forestal, las ventajas y desventajas de la agroforestería en las plantaciones del café (*Coffea arabica*). En el caso de implementar un SAF, se permite mitigar la transformación de los recursos naturales generados por la acelerada ampliación de la frontera agrícola, que ha llevado a talas indiscriminadas y a la pérdida de la biodiversidad. Los SAF's generan grandes bondades para la conservación de los recursos naturales. En consecuencia, no es un imposible optar por esta opción debido a que contribuye de manera eficaz a la conservación de la naturaleza y provoca resultados favorables a los pequeños y medianos productores, quienes obtendrán múltiples beneficios a través de la adopción de los SAF's en sus cultivos de café (*Coffea arabica* L.), como certificaciones en cafés especiales.

## 5. Metodología

### 5.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la Quinta Experimental La Argelia, ubicada al sureste del cantón Loja, parroquia Punzara, Ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa”, a 5 km del centro de la ciudad, posee un área de 1 052,14 ha, con las siguientes condiciones climáticas: temperatura media de 16 °C, precipitación media anual de 750 mm, humedad relativa del 65 % y una formación ecológica: bosque seco Montano Bajo (bs – MB) (Arrobo, 2013), a una altitud de 2 141 m s.n.m. (Inamhi, 2019) (Figura 2).

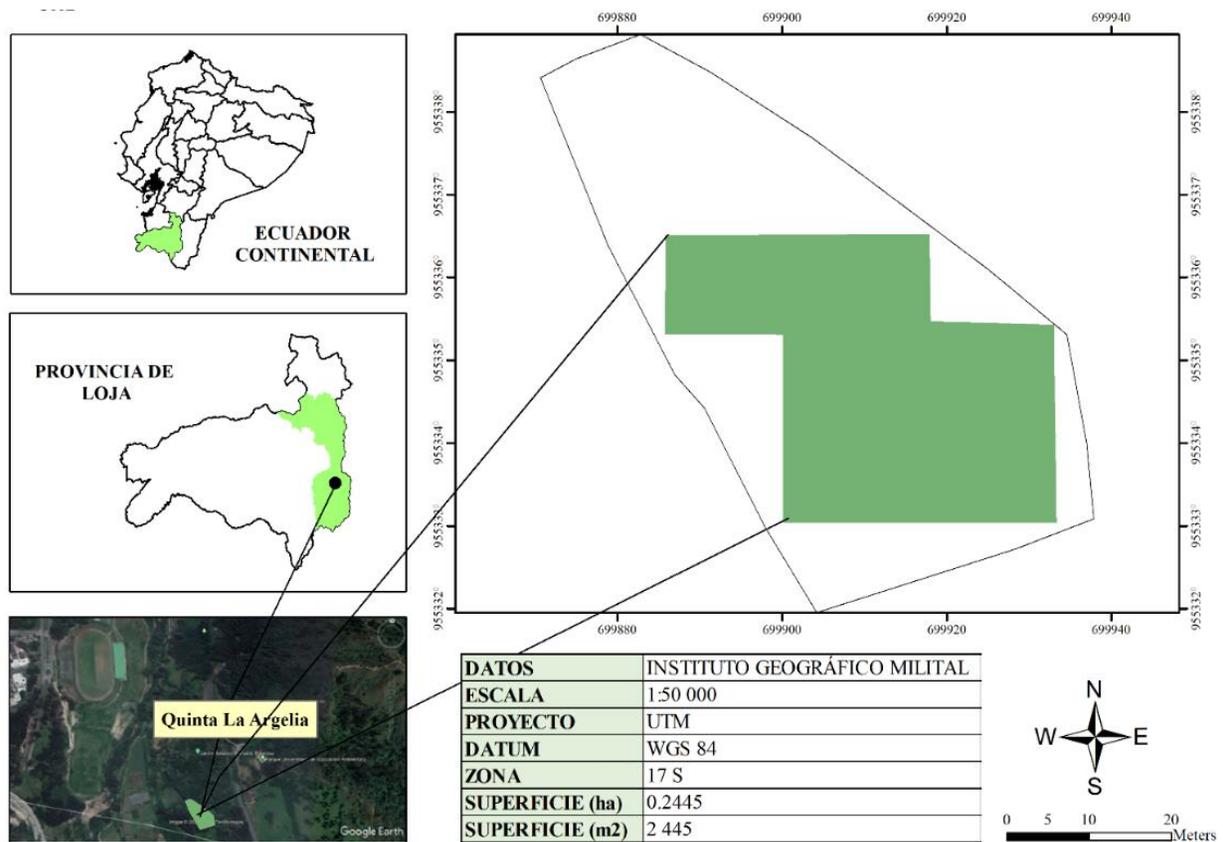


Figura 2. Ubicación espacial del Sistema Silvoagrícola en la quinta experimental La Argelia de la Universidad Nacional de Loja

El presente estudio se enmarca en el proyecto de investigación de la Universidad Nacional de Loja denominado: “Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y hongos micorrízicos sobre la macroporosidad del suelo y el crecimiento inicial del caféto (*Coffea arabica* L.) en dos agroecosistemas de la provincia de Loja, Ecuador” del periodo 2021-2023.

### **5.1.1. Tipo de investigación**

El alcance de la presente investigación es del tipo no experimental con diseño longitudinal descriptivo, con un muestreo sistemático, puntualizando las características de crecimiento de las especies de estudio (*Cedrela montana*, *Alnus acuminata*, *Inga edulis*, *Citrus reticulata*, y *Coffea arabica*), mismas que representan la unidad de monitoreo, es decir, se analizó los cambios a través del tiempo de las variables de interés, dasométricas y calidad de la planta a través de la recopilación de información cuantificable en doce periodos específicos, en un intervalo de quince días la medición (abril a septiembre). Con este diseño se busca probar la existencia de la relación causal entre las variables.

## **5.2. Establecimiento de un Sistemas Agroforestal utilizado para generar sombra en el cultivo inicial de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia.**

### **5.2.1. Estudio de las condiciones del suelo**

Previo al establecimiento del SAF, se realizó la caracterización física (Tabla 1), química y biológica (Tabla 2) del área de implementación; se recogieron tres muestras de cada una de puntos ligeramente variables en cuanto a su topografía total de la parcela con el objetivo de que la muestra total sea homogénea y por lo tanto representativa del suelo de toda la unidad de estudio. Cada punto elegido se georreferenció, y se eliminó la cobertura vegetal, limpiando la superficie del suelo, las dimensiones de las calicatas fueron de 2x2x1,30 m respectivamente, donde se realizó la descripción de cada horizonte, en base a las normas de la “Guía y Claves para la Descripción de Perfiles de Suelos” de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2009). La designación de los horizontes y capas se realizó siguiendo la nomenclatura contenida en el USDA Soil Taxonomy (2014).

Para cada uno de los horizontes del suelo identificados se tomó 1 Kg en fundas plásticas transparentes, etiquetada respectivamente del perfil del que se extrajo y se trasladó al laboratorio especializado de suelos de la Universidad Nacional de Loja.

Tabla 1. Hoja de campo para registro de datos físicos de suelos en las calicatas.

**Afloramientos rocosos:** \_\_\_\_\_ **Tipo:** \_\_\_\_\_  
**Profundidad de la capa freática:** \_\_\_\_\_ **fluctuación N°:** 0 cm  
**Presencia de Sales o Alcalis:** \_\_\_\_\_

**Sitio:** Molinos **Pendiente:** \_\_\_\_\_ **Paisaje:** \_\_\_\_\_ **Tipo de relieve:** \_\_\_\_\_  
**Forma del terreno:** \_\_\_\_\_  
**Uso** Cultivo **Humedad** \_\_\_\_\_ **Material parental:** \_\_\_\_\_

Nro.	Altitud	Coordenada	Drenaje*
1			
2			
3			

NOTA. \*Drenaje= Bueno, Regular, Pobre, Muy pobre

Tabla 2. Hoja de campo para la recopilación de datos biológicos y químicos de suelo de las calicatas.

Muestra N°	Coordenada		Parámetros biológicos		Parámetros químicos		Observaciones
			Presencia de animales		MO (%)	pH	
	X	Y	Si	No			

NOTA. MO= Materia Orgánica

Para los parámetros químicos se siguió la metodología de Baquero (2015), tomando en cuenta la textura y contenido de nutrientes, mientras que para el pH se determinó por método electroquímico. Los parámetros biológicos se realizaron siguiendo la metodología propuesta por García et al (2012) mediante la observación de la superficie tomando en cuenta la presencia o ausencia de animales, ya que la parte superior del suelo actúa como almacén de nutrientes, y provee de energía necesaria para impulsar la actividad de los microorganismos.

### 5.2.2. *Diseño del Sistema Agroforestal: Sistema Silvoagrícola*

- **Selección de especies**

Para la selección de las especies primero se realizó una revisión de información secundaria sobre la importancia: económica, social y ecológica de las mimas, y su distribución en el cantón Loja, se continúa con la recopilación de información de campo mediante recorridos y observación en las parroquias Zapotillo y Macará, ya que para estos dos cantones se registran prácticas de agroforestería en mayor porcentaje en comparación a otros cantones. En los recorridos de campo

se pudo identificar especies con una serie de usos y beneficios para las familias como ornamentación de sus predios, uso de cercas vivas, obtención de madera para construcciones, postes, extracción de leña, y producción melífera, posterior a ello para identificar las especies en el área se utilizó una hoja de campo, y se consideró una base de un mínimo de 25 registros:

Tabla 3. Matriz de campo para registro de datos

Hoja De Campo Para El Registro De Las Especies Mas Utilizadas							
Nro. Hoja			Fecha				
Localización			Evaluador				
Nro. Registro	Nombre Común	Nombre Científico	SAF+ C anuales	SAF+C perenn e	Cop a	Crecimiento radicular	Distanciamiento

Del listado realizado, se seleccionaron cuatro especies en función de sus características ecológicas y las características edafológicas del área, para aportar con los nutrientes necesarios al suelo por medio de la especies arbóreas y que a su vez estos mejoren el crecimiento del cultivo de café. En el anexo 2 se enlista las especies observadas en campo y su uso.

- **Especies evaluadas**

Las especies evaluadas fueron: *Cedrela montana*, *Alnus acuminata*, *Inga edulis*, *Citrus reticulata*, y *Coffea arabica*, de las cuales cuatro de las cinco que integran el sistema, son de tipo arbórea debido a que se asocian con el cultivo de la última especie (*C. arabica*). Esta selección se dio para procurar la diversificación del sistema y optimizar el área efectiva de estudio.

- **Requerimientos nutricionales de las especies**

En la tabla 4 se muestran los requerimientos edafoclimáticos de las especies seleccionadas, considerando el tipo de suelo óptimo, pH, así como el clima en el que estas se desarrollan naturalmente.

Tabla 4. Requerimientos edafoclimáticos de las especies

Especie	Requerimientos edafoclimáticos			
	Suelo	pH	Clima	
			T° (°C)	PP (mm)
<i>Alnus acuminata</i>	Profundos, húmedos, ricos en humos, de textura arenosa hasta arcillosa. Crece bien en suelos de origen volcánico o aluvial	ácido	10,8 - 21,8	636 - 1 285
<i>Cedrela montana</i>	Profundos, húmedos, con sustancial cantidad y materia orgánica; crece bien suelo de origen aluvial, entre texturas franco arcillosas a franco arenosas	ácido - neutro	18 - 30	1 200 - 2 000
<i>Inga edulis</i>	Suelos arcillosos, con un horizonte de hojarasca y abundante materia orgánica, profundos	ácido	> 20	1 000 - 5 000
<i>Citrus reticulata</i>	Suelos permeables y poco calizos, húmedo, con poca pendiente de textura franco arenosa, profundos.	ácido - neutro	12 - 26	250 - 4 00
<i>Coffea arabica</i>	Suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado.	ácido	15 - 24	750 - 3 000

- **Diseño**

El diseño seleccionado es un Sistema Silvoagrícola, este sistema es una combinación del cultivo con árboles, considerando el tamaño del área de estudio (2 245 m<sup>2</sup>) se espera lograr la integración de árboles a la organización productiva de café. Se tomó en cuenta ciertas características de cada especie a implementar como: el tamaño de copa, el crecimiento radicular y usos (forraje, sombra, fijación de nitrógeno y demás), junto con los requerimientos edafoclimáticos.

Una vez evaluadas dichas características se seleccionaron cuatro especies arbóreas con las que se realizó el diseño del Sistema Agroforestal (SAF), a escala 1:1,5 cm y se determinó el número de individuos por especie para abarcar el cultivo de café, este diseño se realizó en el software PowerPoint y se presenta en formato .jpg (Figura 3).

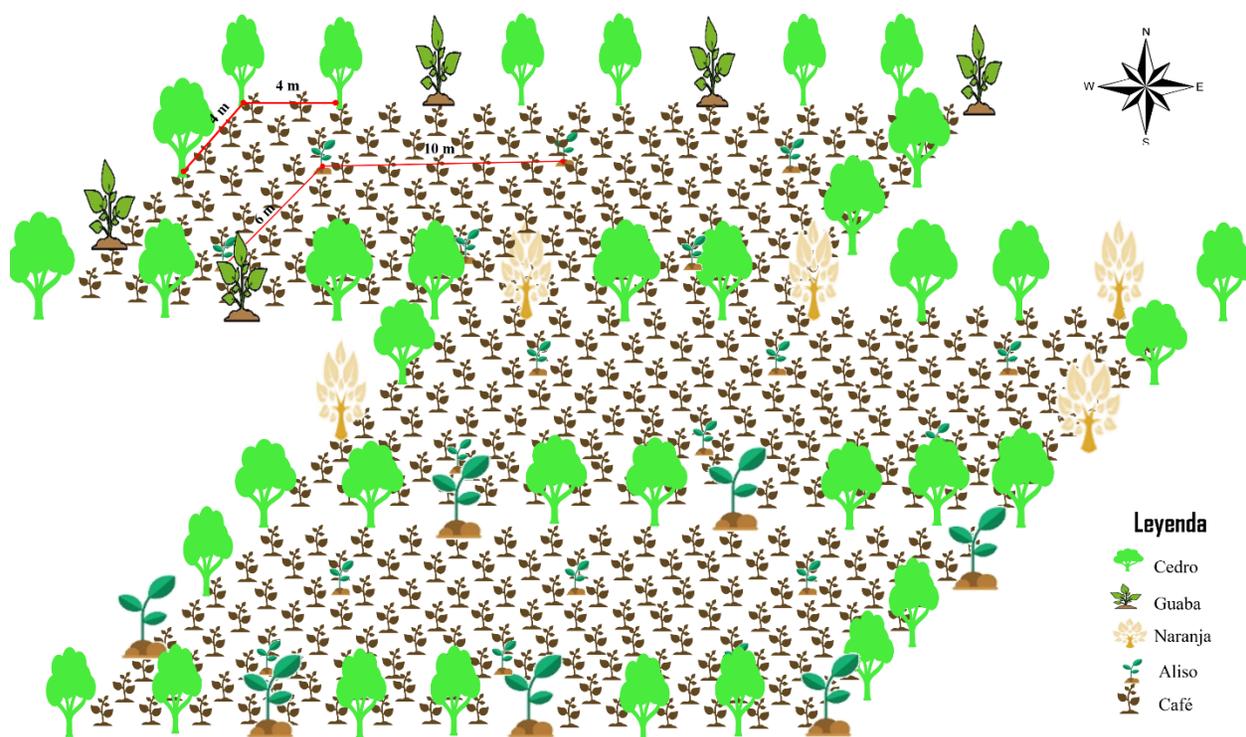


Figura 3. Distribución espacial del Sistema Silvoagrícola en la Quinta Experimental La Argelia.

Las especies fueron incorporadas sistemáticamente en hilera con un distanciamiento cada 4 m y en marco rectangular de 6 x 10 m dentro del cultivo para los individuos de *Alnus acuminata*, junto con el cultivo de *C. arabica* en marco de plantación de 1 x 1,25 m.

Las especies arbóreas implementadas fueron: *Alnus acuminata* Kunth (aliso), *Cedrela montana* L. (cedro), frutales arbóreas *Citrus reticulata* Blanco (naranja) e *Inga edulis* Mart. (guaba), junto con el cultivo de *Coffea arabica* L. (café) y el espaciamento entre especies se describen en la tabla 5.

El sistema cuenta con 35 individuos son de *C. montana*, 6 individuos de *I. edulis*, 22 individuos de *A. acuminata*, 5 individuos de *C. reticulata*; y 384 individuos de *C. arabica* (Figura 3) (Anexo 4).

Tabla 5. Descripción de los componentes del SAF, conforme el arreglo espacial y temporal

Nombre común	Nombre científico	Estrato	Espaciamiento
Aliso	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Árbol	4 m 6 x 10 m
Cedro	<i>Cedrela montana</i> L.	Árbol	4 m
Naranja	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Árbol	4 m
Guaba	<i>Inga edulis</i> Mart.	Árbol	4 m
Café	<i>Coffea arabica</i> L.	Arbusto	1 x 1,5 m

### 5.2.3. Establecimiento del Sistema Silvoagrícola

- **Proceso de preparación y mejora del terreno**

Para la preparación y mejora del terreno se comenzó con el deshierbe, procurando la limpieza del área al cien por ciento, luego se procedió a realizar la poda de árboles dentro del terreno, con la hojarasca restante se picó con ayuda de un machete y se distribuyó por toda el área en forma uniforme, para que esta se descomponga y se convierta en materia orgánica.

- **Plantación**

La plantación se realizó en base a la distribución espacial temporal realizada (Figura 3), iniciando con la delimitación del área efectiva a trabajar con piola de color rojo y estacas, posteriormente se realizó el hoyado en cada sitio previamente marcado, se siguió las curvas de nivel respetando la topografía del terreno para contener la erosión y que la planta aproveche con mayor eficacia la precipitación. Una vez trasplantadas cada uno de las especies, se identificaron con un código rotulado en una tira de 1 cm de cinta plástica color amarillo, en este código constó la inicial del nombre de científico de la especie y número de planta, es decir, para *Cedrela montana* L., y número de planta 1, su código fue: *Cm-1*; esto con el propósito de llevar un control de los individuos para evaluar la sobrevivencia.

### 5.3. Condiciones micro climáticas y de crecimiento inicial de las especies que conforman el Sistema Agroforestal en asociación con un cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia

#### 5.3.1. Condiciones micro climáticas

Para determinar las condiciones del micro clima del SAF, se monitoreo la plantación diariamente durante seis meses (abril a septiembre), dos veces al día (mañana a las 10H00 y tarde a las 4H00). Se consideraron las siguientes variables: a) temperatura haciendo uso del anemómetro, b) humedad relativa con el uso higrómetro digital, c) y para la velocidad del viento se utilizó un anemómetro (Tabla 6), las mediciones se realizaron a 10 cm dentro del SAF y fuera del mismo a 30 cm de altura, con estos dos datos se obtuvo un promedio de las variables, permitiendo levantar una línea base sobre las condiciones del área de estudio.

Tabla 6. Hoja de campo para la recopilación de datos climáticos

DATOS GENERALES							
Lugar	Quinta experimental La Argelia						
Ficha N°	_____						
DATOS CLIMÁTICOS							
N°	Fecha	Hora		HR (%)	Temperatura (°C)	Viento (m/s <sup>-1</sup> )	Observaciones
		Inicio	Fin				

#### 5.3.1.1. Evaluación de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento

Para evaluar la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, se realizó un registro de datos cada 7 horas de 10 am – 4 pm durante 180 días (abril-septiembre). El seguimiento de esta evaluación permite conocer los puntos que mayor radiación recibe la tierra, dando los valores máximos de todas las variables. Una vez obtenida la información, se la organizo en hojas de cálculo según se indica en la tabla 6, representados a través de un análisis estadístico descriptivo (media, desviación estándar, mínima, máxima), mismos que forman parte de una línea base de las condiciones iniciales del área de estudio.

### 5.3.2. *Sobrevivencia*

Al hablar de sobrevivencia en ecología de las especies, se hace referencia al porcentaje de individuos vivos desde el momento que se establecen hasta el último periodo de monitoreo de su crecimiento. En base a lo antes mencionado para determinar la sobrevivencia de especies se uso la unidad muestral de monitoreo, la cual permite identificar el número de individuos establecidos y el número de estos vivos a los seis meses de plantación, el resultado de esta variable se la presenta en porcentaje, haciendo uso de la ecuación establecida por Linares (2005):

$$\% \text{ sobrevivencia} = \frac{pv}{pv + pm} * 100$$

En donde:

- pv: plantas vivas
- pm: plantas muertas

Para la sobrevivencia se consideró qué, si el daño mecánico es igual a 0 y el estado fitosanitario igual a “a” se considerará como viva, y si el daño mecánico es igual a 1 y el estado fitosanitario igual a “b” o “c” se consideró como muerta. Una vez determinado este porcentaje se categorizó la adaptación de las especies en el SAF siguiendo la metodología de Centeno (1993) (Anexo 5).

### 5.3.3. *Crecimiento inicial*

Con relación al crecimiento inicial se registraron datos en el periodo de tiempo antes mencionado, siguiendo la metodología de Sánchez y Murillo (2004) registrando valores dasométricos, es decir, dar a conocer el diámetro a la base (DAB) con el uso de un calibrador (mm) (0,05 mm de exactitud); la altura con un flexómetro (cm); y la calidad de plantas: que engloba a) topófisis (0: ausencia, 1: presencia), b) daño mecánico (0: sin daño, 1: con daño) y, c) estado fitosanitario (a: bueno, b: regular, c: malo) (Tabla 7).

Tabla 7. Hoja de campo para la recopilación de datos de crecimiento inicial, de los individuos que componen el SAF

<b>Lugar</b>	_____	<b>Nro.</b>	_____	<b>Pendiente (%)</b>	_____
<b>Fecha</b>	_____	<b>Altitud</b>	_____		

---

Nro. Ind.	Lat.	Long.	Nombre científico	Código	Variables dasométricas		T	DM	EF	Obs
					DAB (mm)	Altura (cm)				

NOTA. T= Topofisis (0-1), DM= Daño Mecánico (0-1), EF= Estado fitosanitario (a, b, c); a) plantas en buenas condiciones, b) plantas que presentan hasta el 25% del área foliar comidas por insectos y muestran síntomas leves de marchitez, c) plantas con más del 50% del área foliar afectado por insectos.

Con los datos obtenidos de los registros iniciales y finales, se calculó el crecimiento e incremento, por cada especie (Tabla 8). Para esto se consideró como crecimiento inicial la primera medición (al instalar) y como crecimiento final la última medición (seis meses después de plantación). Los cálculos se realizaron para cada individuo mediante la aplicación de las fórmulas planteadas y los valores que comprenden los promedios por especie se presentan en la sección de resultados.

Tabla 8. Fórmulas para el cálculo de parámetros evaluados en el seguimiento de la investigación

Parámetro	Formula	Descripción
Crecimiento en diámetro (mm)	$Cr.D = Df - Di$	Cr.d=crecimiento en diámetro Df= diámetro al final de la medición Di= diámetro al inicio de la medición
Crecimiento en altura (cm)	$Cr.H = Hf - Hi$	Cr.h= crecimiento en altura Hf=altura final de la medición Hi= altura al inicio de la medición

NOTA. Formulas tomadas en base a Quesada et al., (2012) adaptada de Aguirre et al., (2019)

El análisis del crecimiento inicial arroja dos resultados, expresados de manera cualitativa y cuantitativa, para las variables cuantitativas (diámetro y altura) se utilizó la estadística descriptiva (media, máxima, mínima, desviación estándar); y para la variable cualitativa (sobrevivencia) se determinó en base a la relación porcentual entre el número de plantas establecidas y el número de plantas vivas al momento de la última medición, luego de esto se clasificó el resultado por especie en base a la categorización de Centeno (1993).

## 6. Resultados

### 6.1. Establecimiento del Sistema Agroforestal utilizado para generar sombra en el cultivo inicial de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia.

#### 6.1.1. Condiciones físico, químicas y biológicas del suelo

- **Textura**

La superficie en estudio muestra un relieve de terraza aluvial, de pendiente suave (3%), paisaje plano, con material parental de depósito aluvial. En base al análisis textural del suelo, se determinó un suelo Franco Arcillo Arenoso (Figura 5) (Anexo 6, 7 y 8).

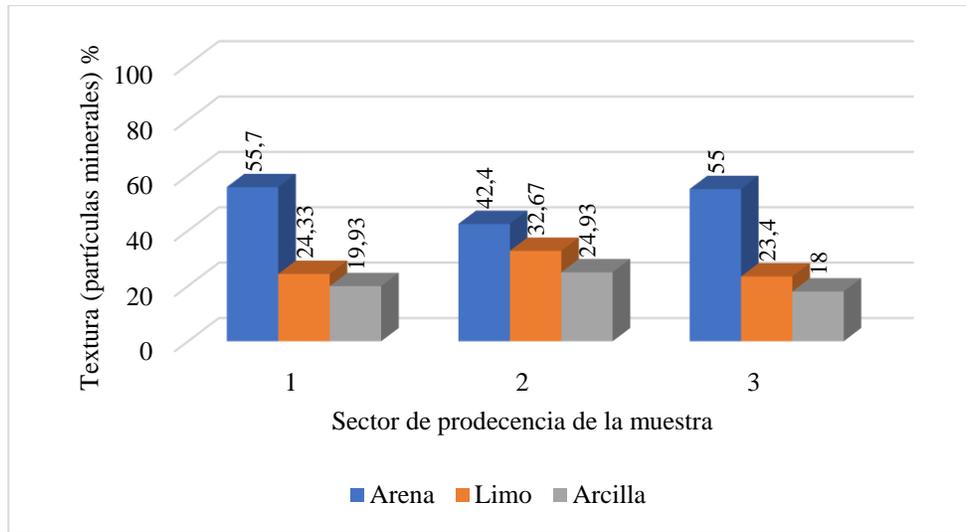


Figura 4. Análisis de textura, partículas minerales, en porcentaje de cada calicata.

De acuerdo al análisis de la textura, se refleja que en las tres calicatas estudiadas no se registra una variación significativa con respecto a la textura de las mismas, ya que los valores porcentuales no fluctúan de manera agresiva, obteniendo valores poco dispersos.

- **pH**

El pH es una de las propiedades más importantes del suelo que afectan la disponibilidad de los nutrientes, controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas. A continuación, se prestan el grado de acidez y alcalinidad de los suelos en el sector de estudio (Figura 6).

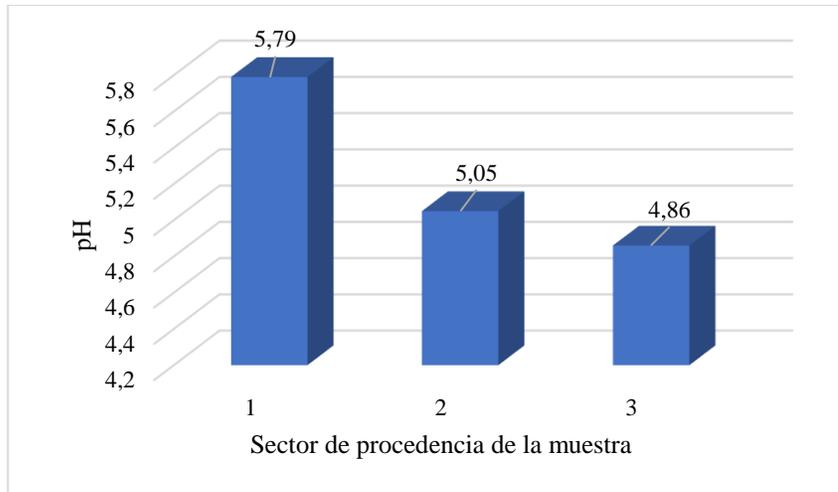


Figura 5. Análisis de pH del suelo

Para determinar el análisis de pH del suelo se promedió las tres calicatas, dando un resultado de 5,3, es decir, es un suelo ácido (Anexo 8).

- **Materia orgánica**

La materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad, el área de estudio cuenta con gran cantidad de materia orgánica de 3,65 %.

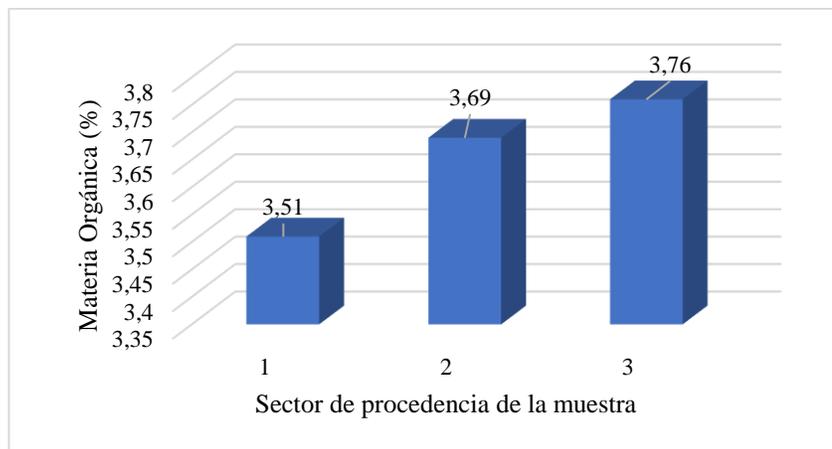


Figura 6. Contenido de MO del suelo

El resultado obtenido en el análisis de materia orgánica indica un 3,65 %, que se enmarca dentro de los porcentajes encontrados en las áreas agrícolas de la provincia, siendo algo favorable para el sistema aunque este se pretende aumentar para mejorar la disponibilidad de los nutrientes para las especies incorporadas.

De manera que, el sitio donde se desarrolló el ensayo presenta un horizonte Ap (00 - 20 cm), de textura Franco, con densidad aparente de  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ , con una capacidad de campo de 42,2 %; punto de marchitez permanente de 9,6 %; con respecto a la aireación es de 5 %, y el agua aprovechable de 32,6 %, que según el diagrama triangular se encuentra en la zona II, correspondiente a una categoría pobre, debido a la muy baja CA, que presenta el suelo. Las condiciones químicas del suelo presentan un pH ácido (5,3), los niveles del nitrógeno, y fósforo los cuales son muy bajos según el análisis químico realizado, considerados como un factor limitante para el desarrollo del cultivo de café en la fase de desarrollo vegetativo, por ello se utiliza especies leguminosas que aportan fósforo al suelo y para contrarrestar el nivel bajo de nitrógeno se plantó aliso.

### ***6.1.2. Sistema agroforestal establecido***

En la figura 4 se muestra el sistema silvoagrícola establecido en el área.



Panorámica vertical



Panorámica lateral



Panorámica horizontal

Figura 7. Sistema silvoagrícola en el área de estudio

Hecho ya el sistema agroforestal, detallado en la figura 4, se continuo con actividades de mantenimiento que incluyen chaspea y limpia del área, procurando eliminar todas las malezas que crecieron durante el desarrollo del cultivo.

## 6.2. Condiciones micro climáticas y de crecimiento inicial de las especies en el Sistema Agroforestal en asociación con un cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia.

### 6.2.1. Condiciones micro climáticas

#### 6.2.1.1. Temperatura, humedad y precipitación

Es importante conocer las condiciones micro climáticas en el que se desarrollan las especies ya que esto permite determinar la proyección de crecimiento de la especie. En la Tabla 9 se presenta la estadística descriptiva de temperatura y humedad registrado en el periodo diurno a dos alturas (10 y 30 cm) como se muestra en la base de datos en el Anexo 9.

Tabla 9. Valores máximos, mínimos y promedios de temperatura y humedad registrado en el área de estudio a 10 y 30 cm.

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)		
	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.
Abril	16,6	21,2	12,0	84	98	44
Mayo	16,5	21,3	11,7	81	99	49
Junio	15,7	20,4	11,1	79	98	45
Julio	15,3	20,1	10,6	78	95	33
Agosto	16,2	21,7	10,8	74	96	34
Sep.	16,9	22,6	11,3	72	94	38

La temperatura registró el rango de 15,7 a 16,9 °C, con máximos de 22,6 °C (Anexo 9), el mes más frío fue Julio con 15,35 °C, y el más cálido Septiembre con 16,95 °C. El mes con la humedad relativa más alta es Abril (84%). El mes con la humedad relativa más baja es Septiembre (72%).

### 6.2.1.2. Velocidad del viento

Otra variable importante que influye en el proceso de polinización, distribución de semillas y otros propágulos de ciertas especies es la velocidad del viento. Por ello, de acuerdo al seguimiento que se realizó a esta variable, se conoció que el rango promedio de velocidad del viento fue de 1,23 a 2,79 m/s, así como se presentaron mínimos de 0 m/s (Anexo 10), y la variación de viento es de 0,10 a 0,57 m/s.

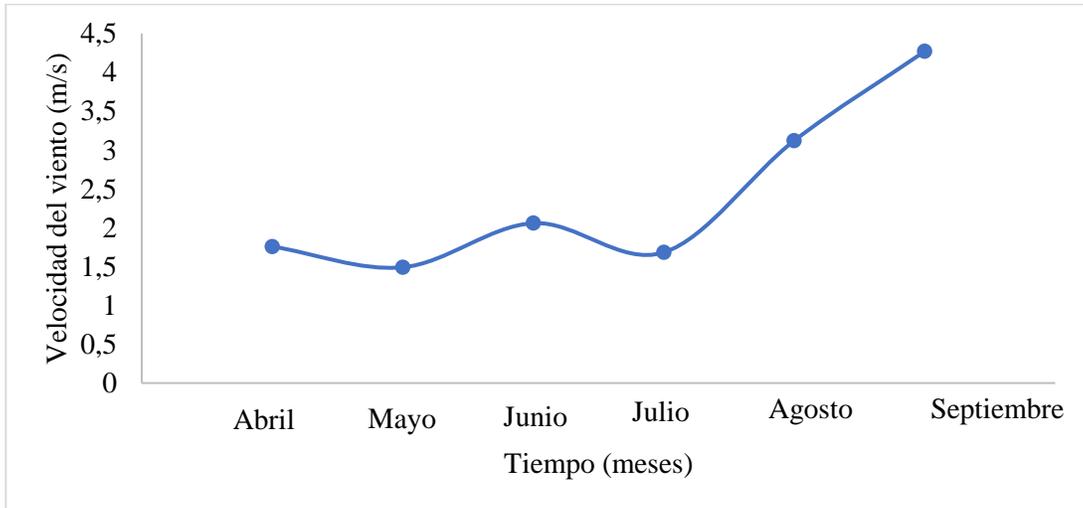


Figura 8. Velocidad del viento dentro del sistema agroforestal en promedio por meses de medición

### 6.2.2. Sobrevivencia

Continuando con las condiciones micro climáticas y de crecimiento inicial de las especies en el Sistema Agroforestal, el resultado de la sobrevivencia fue de 87 %, que es buena según la clasificación de Centeno (1993), considerando las condiciones iniciales del experimento, que es un terreno aluvial de pH ácido. En la Tabla 11 se observa los resultados de cada especie plantada.

Tabla 10. Sobrevivencia de las especies incorporadas en el SSA desde los 0 a los 180 días de establecimiento.

Especies	Plantas			Sobrevivencia %
	Sembradas	Vivas	Muertas	
<i>Cedrela montana</i>	33	32	1	97 %
<i>Alnus acuminata</i>	22	19	3	86 %
<i>Inga edulis</i>	5	3	2	60 %
<i>Citrus reticulata</i>	6	6	0	100 %
<i>Coffea arabica</i>	383	354	29	92 %
<b>Total</b>	<b>452</b>			

El 100 % de sobrevivencia para *C. reticulata*, seguida de *C. montana* con el 97 %, *C. arabica* con el 92 %, *A. acuminata* con el 86 % y finalmente *I. edulis* con el 60 %.

### 6.2.3. Crecimiento inicial

En este apartado se hace referencia al desarrollo de las especies establecidas en el área de estudio, analizando el crecimiento exponencial hasta alcanzar la estabilidad para efectos de estudio se consideró una evaluación 180 días para las cinco especies incorporadas en el SAF, considerando las variables dasométricas: crecimiento en diámetro a la base (cm) y altura total (cm) (Anexo 10).

#### 6.2.3.1. Crecimiento en diámetro a la base

En la tabla 11 se registra el crecimiento promedio en diámetro a la base obteniendo lo siguiente: la especie *I. edulis* registro un incremento de 15,8 mm lo que equivale a 1,58 cm, *C. arabica* un aumento de 10,5 mm (o 1,05 cm). *C. montana* un incremento de 14,9 mm (1,49 cm), *C. reticulata* con 10,4 mm (1,04 cm) y, finalmente *A. acuminata* un crecimiento final de 23,6 mm , presentado un incremento de 13,9 mm (1,3 cm)) a los seis meses de establecidas (Anexo 10).

Tabla 11. Crecimiento en diámetro a la base de las especies incorporadas en el SSA.

Especie	Diámetro a la base (mm)		Crecimiento en diámetro (mm)
	Inicial	Final	
<i>Cedrela montana</i>	9,5	24,4	14,9
<i>Citrus reticulata</i>	9,6	20	10,4
<i>Inga edulis</i>	5,7	21,5	15,8
<i>Coffea arabica</i>	9,8	21	11,2
<i>Alnus acuminata</i>	9,7	23,6	13,9

#### 6.2.3.2. Crecimiento en altura

En la tabla 12, se observa el crecimiento en altura de las cinco especies desde su establecimiento. *C. reticulata* alcanzo los 46,7 cm, y un incremento en altura de 12,3 cm, *I. edulis* que inicio con 21,2 cm de altura finalizo con 34,7 cm, *C. montana* con 39,1 cm y, *A. acuminata* presentó un crecimiento de 29,4 cm con un incremento de 8,4 cm.

Tabla 12. Crecimiento en altura de las especies incorporadas en el SSA

<b>Especie</b>	<b>Altura (cm)</b>		<b>Crecimiento en altura (cm)</b>
	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	
<i>Cedrela montana</i>	33,8	39,1	8,3
<i>Citrus reticulata</i>	34,4	46,7	12,3
<i>Inga edulis</i>	21,2	34,7	13,5
<i>Coffea arabica</i>	26,7	31,0	4,2
<i>Alnus acuminata</i>	20,9	29,4	8,4

## 7. Discusión

### 7.1. Establecimiento del Sistema Agroforestal utilizado para generar sombra en el cultivo inicial de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se considera importante resaltar que la incorporación de un sistema silvoagrícola (SSA), permite optimizar el espacio disponible del área, que de acuerdo a Checa et al., (2010) en la provincia de Loja solo se ha registrado un 48% de este tipo de sistema. El área efectiva de estudio es de 960 m<sup>2</sup> por lo que, en comparación a otros sistemas encontrados en la provincia, es un espacio pequeño que no da apertura a la incorporación de animales para crianza, por ende, buscar el establecimiento de otro tipo de sistema como agrosilvopastoril no sería posible. Así entonces, dando cumplimiento al primer objetivo planteado se busca que el cultivo de café se desarrolle en un ambiente que le prevea la sombra suficiente para su desarrollo, y esto se obtiene con un sistema silvoagrícola.

La selección de especies para la incorporación del sistema, se basó en las condiciones edafoclimáticas del sitio en contraste con las requeridas por cada una de ellas, holísticamente las especies se adaptan al tipo de suelo del área de estudio, ya que estas se desarrollan en suelos ácidos (pH 5,3), de textura franco arcillo arenosa, el distanciamiento asignado fue de 4 m con distribución sistemática, ya que *A. acuminata* y *C. montana* requieren un espacio que sea profundo y rico en materia orgánica para el desarrollo de sus raíces, y así cumplir con algunas funciones como: a) conservación de la biodiversidad en paisaje, b) y captura de carbono, entre otros. En varios proyectos de restauración activa se enlistan estas dos especies debido a su capacidad de adaptación, sin embargo, Navarro y Hernández (2001) exponen que, si bien estas especies ayudan a diversificar la producción y reducir los costos de manejo para mejorar la calidad el café se debe tener en cuenta una serie de aspectos para introducirlas, en particular la densidad de siembra para evitar la competencia con el cultivo al que se asocian.

Otra de las especies analizadas es *I. edulis* la cual aporta materia orgánica al cultivo por ser una especie forrajera (Benedetti y Espinoza, 2009) esta posee la capacidad de fijación de nitrógeno, con lo que mejora las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo, en el SSA se la incorporó en forma lineal a 4 m. Su plantación al sistema permite favorecer la actividad microbiana del suelo para facilitar la biodisponibilidad y absorción de nutrientes para el cultivo de café; esta especie naturalmente se desarrolla mejor en climas más cálidos con temperaturas de entre 12 a 26 °C, sin embargo, Quijia et al., (2020) en su artículo titulado Fenología floral de la guaba muestra

que esta especie también se desarrolla de manera favorable en rangos de entre 18 a 22 °C. , además varios estudios demuestran que es usada para brindar sombra a cultivos de café y cacao (Alvarado et al., 2020). A pesar de ello, el uso de esta especie requiere mayor cuidado silvicultural especialmente alrededor de los 2 a 3 años, ya que deben ser removidos para evitar la competencia y que causen daños al cultivo por caída de ramas. Por ello, en el área de trabajo se incorporaron cinco individuos intercalados con dos de cedro, para que la especie *Inga* beneficie proveyendo sombra al cedro y café, además de aportarle materia orgánica por la defoliación, esta práctica ayuda a mejorar la estructura del suelo, su capacidad de almacenamiento de agua y controlar su temperatura. Checa et al., (2010) y Muñoz (2012) mencionan que la incorporación de especies frutales beneficia al productor en cuanto a garantizar una mejor producción.

En cuanto a *C. reticulata* presenta una gran capacidad de adaptación a varios tipos de suelos (Gonzales y Tullo, 2019), y esto permite que contribuya a regular el pH del suelo; el distanciamiento favoreció la menor competencia entre las especies, desde este preámbulo Cagua y Rodriguez (2016) afirman que el incorporar especies del género *Citrus* en distanciamientos inferiores a 4 m provoca la eventual muerte de los individuos por falta de acceso a los nutrientes y luz solar, en cambio, con el distanciamiento correcto y el número de individuos esta especie tendrá un efecto positivo posiblemente en la eficiencia de la interceptación de la radiación solar reflejada.

La integración de naranja y guaba en la región sierra del Ecuador puede verse afectada por las condiciones climáticas características de la zona en cuanto a sus rendimientos productivos debido a que son cultivos característicos de climas cálidos por lo cual sus rendimientos no serán iguales (Pérez y Domínguez, 2019), sin embargo, Prado, (2009) menciona que la integración de individuos de *Citrus* a una organización productiva agrícola, favorece el recurso hídrico del área debido a que su crecimiento radicular ayuda a potencializar la generación de macroporos estables que sirven para el desarrollo de cultivos, respaldando esto Ramos y Grijalva (2008) exponen que en la región sierra del país el género *Citrus* se ve mayormente representado por las especies *Citrus lemon* y *C. reticulata* por su habilidad de llamar insectos polinizadores, y evitar estancamientos de agua luego de las lluvias.

En cambio, *A. acuminata* es otra de las especies analizadas que aporta al sistema con la fijación de nitrógeno atmosférico por medio de la formación de nódulos radiculares, y establece relación tripartita con actinomicetos del género *Frankia*, estos se asocian con hongos endomicorrízicos y ectomicorrízicos (Molina et al., 2006; Palacios y García, 2021; Urgiles et al.,

2021; Urgiles et al., 2020). El arreglo espacial y temporal para *A. acuminata* es de 6 x 10 m, con lo cual se busca que el aliso al crecer brinde sombra al cafetal sin comprometer los rendimientos productivos del café (Garza et al., 2020). Esto lo corrobora Arcilla (2007) al mencionar que con una sombra prudente el café presenta una buena producción aconsejando que la sombra proporcionada a un cafeto no sobrepase el 55% de la cobertura foliar del café.

## **7.2. Condiciones micro climáticas y de crecimiento inicial de las especies en el Sistema Agroforestal en asociación con un cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la Quinta Experimental La Argelia.**

En la presente investigación las condiciones micro climáticas alcanzaron los 17,03 °C, que concuerda con los datos registrados en el mismo periodo de tiempo (abril – septiembre) en años anteriores. Para el registro de temperatura los intervalos de tiempo fueron de 2 a 3 min. Sin embargo, Sarango, (2018) asegura que las variaciones de los datos tomados en campo están ligados a las variaciones de las condiciones externas al sistema, y que para conocer las condiciones del clima en zonas rodeadas de vegetación el monitoreo debe ser con un intervalo de mínimo 2 minutos durante un tiempo continuo, para efectos de estudio se tomaron estos intervalos a las 10 am y 4 pm, con el uso de equipos de monitoreo, este horario se estableció debido a que el sol se encuentra en su punto más alto (10 am) y antes de empezar a ocultarse (4pm) (Mathez y Rist, 2015).

Por otro lado, al hablar de la sobrevivencia de las especies se registró un promedio de 87 % en un terreno aluvial de pH ácido. De estos el 100 % de los individuos de *C. reticulata* sobrevivió con un estadio fitosanitario bueno y categorizándose según la clasificación de Centeno como muy buena, y esto concuerda con lo registrado por Gonzales y Tullo (2019) en su guía técnica de cultivo de cítricos que se desarrolló en el mismo tipo de suelo, este valor porcentual de sobrevivencia puede cambiar cuando existe variaciones en las condiciones ambientales donde se desarrolla la especie (Vázquez, 2015) tomando en consideración que la mayor mortalidad se ve sujeta a la falta de luz, y poco distanciamiento en combinación con otras especies.

Por otro lado, al hablar del crecimiento de las especies, *C. montana* mostro un 97 % de sobrevivencia, con un incremento de 14,9 mm de diámetro a la base, lo cual difiere con lo encontrado por López y Musálem, (2007) que registran una sobrevivencia del 72,30 %, esta diferencia está sujeta al contexto ambiental donde se establecieron ambos experimentos, ya que para este sistema se estableció un distanciamiento de 4 m que le permite a la especie tener espacio

para crecimiento radicular y altura, aportando disponibilidad de nutrientes y sistema de riego continuo, mientras que López y Musálem, (2007) establecieron un distanciamiento de 2 m con el propósito de cumplir como cerca viva, otro factor de lleva a la variación porcentual es el tiempo de evaluación, para el proyecto se evaluó por un lapso de seis meses mientras que autores como López y Musálem, (2007) evalúan durante un tiempo de doce meses con mediciones cada tres meses.

Simultáneamente al hablar de la especie *C. arabica* se registró el 92 % de sobrevivencia y un incremento en diámetro a la base de 11,2 mm, lo cual se entra en el rango presentado en los resultados encontrados por Mora y Acosta, (2001) con un 90 % de sobrevivencia, así mismo estos autores muestran que el incremento para esta especie en altura es de 3 a 4 cm y 12 a 15 mm en diámetro luego de seis meses de evaluación. Córdova et al., (2016) en su estudio realizado en condiciones de vivero con la utilización de plántulas híbridas de café de 2.0 a 2.5 cm de altura alcanzaron una supervivencia de 85.0%. De igual forma, Barbón et al., (2018) determinaron un 78% de supervivencia en las plantas de café cultivadas en asociación a otras especies.

La tercer especie *A. acuminata* es un árbol de rápido crecimiento que alcanza una altura total promedio de 26,5 m a los 23 años (Domínguez y Rosero., 2013). Muestra un incremento en altura de 8,4 cm en un lapso de seis meses de evaluación, en contraste a ello, para esta especie autores como Aguirre et al., (2022) en su estudio denominado dinámica de crecimiento de especies forestales en el bosque andino muestra un incremento de entre  $1,3 \pm 0,2$  m al año de establecimiento. Para finalizar la especie *I. edulis* registro una altura final de 34,7 cm con un incremento en diámetro a la base de 15,8 mm a los seis meses de medición, esto lo corrobora Abril et al., (2018) en su publicación donde muestran que el desarrollo de esta especie es lento, para la variable de altura hasta los 270 días después de haber sido establecida presentando aumentos de 0,26 cm/día, en cuanto al diámetro presenta una tasa de 0,083 mm/día hasta los 150 días de evaluación en condiciones frías, todo lo mencionado anteriormente reafirma lo encontrado durante el periodo de evaluación considerado en esta investigación.

## 8. Conclusiones

Una vez culminada la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- La incorporación de sistemas agroforestales con especies nativas promueve el favorable e idóneo crecimiento de las mismas, entre sus principales beneficios se destaca la diversificación asignada debido a que esta ayuda a tener un menor número de individuos con ataque de plaga.

- El uso de los sistemas agrícolas sostenibles, busca la restauración de la diversidad en el paisaje agrícola, sin afectar la producción del cultivo, creando beneficios estables a través del tiempo para los productores y el medio ambiente.

- El tipo de suelo estudiado es de textura franco arcillo arenosa, el cual se caracteriza por ser de origen aluvial, con pH ácido, así también presentó un 3,6 % de materia orgánica, con un horizonte Ap (00 - 20 cm), densidad aparente de  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ , con una capacidad de campo de 42,2 %; punto de marchitez permanente de 9,6 %; con respecto a la aireación es de 5 %, y el agua aprovechable de 32,6 %,

- Las especies seleccionadas, fueron: *C. montana*, *C. reticulata*, *I. edulis*, *A. acuminata* y *C. arabica*, ya que sus requerimientos edafoclimáticos se acoplan al tipo de suelo ácidos a neutros del área de estudio, además que proporcionan condiciones más óptimas para la adaptación de las mismas y mejora del suelo. Su asociación y distribución en el Sistema Silvoagrícola favorece la sobrevivencia y crecimiento, ya que el distanciamiento influye en un rápido desarrollo inicial de las especies.

- En cuanto a la temperatura se registró valores entre 15,7 a 16,9 °C; en cambio la humedad relativa presentó máximos de 84 %. Estos valores se registraron durante el tiempo de evaluación (6 meses) los cuales proporcionaron las condiciones adecuadas para el desarrollo inicial de todas las especies ya que estas naturalmente crecen en temperaturas en rangos de entre 10,8 a 30 °C.

- En conclusión, este estudio aportó con información relevante sobre las prácticas en sistemas agroforestales, ya que es un estudio teórico – práctico que contribuye con ventajas en aspectos ecológicos, y sociales. Entre las principales características se destaca la diversificación de las especies, las cuales contribuyen a promover la actividad de restauración activa, la conectividad del paisaje y la seguridad alimentaria en el cantón. Además, esta investigación permitió tener una línea base sobre los valores de crecimiento inicial y dio a conocer las condiciones micro climáticas características del área de trabajo, sirviendo de apoyo para futuras investigaciones.

## 9. Recomendaciones

- Se recomienda que antes de iniciar un Sistema Agroforestal se determine el tipo que se va a utilizar para que aporte de manera positiva al objetivo propuesto ya sea cultural, social, económico o ambiental.
- Es importante que los proyectos agroforestales locales promuevan el uso de especies nativas, y en casos particulares se incorporen especies exóticas que son apropiadas en el contexto sociocultural y ecológico. Y que el diseño del sistema agroforestal sea detallado cuidadosamente para asegurar el buen uso de la tierra y brindar seguridad alimentaria.
- También se aconseja que en base a las características del suelo se seleccionen especies que contribuyan a mejorar las condiciones del mismo como, por ejemplo: especies leguminosas.
- Para la plantación, de las especies se recomienda incorporar estas por lo menos 15 días antes en el terreno para evitar el estrés que pueda afectar de manera significativa su normal desarrollo.
- Además, se recomienda integrar sistemas de monitoreo de clima para dar un mejor seguimiento a las condiciones micro climáticas, así mismo tener en cuenta los distanciamientos en el que se incorporan las especies para no compitan entre ellas.
- Por último, se recomienda mantener el monitoreo de las variables dasométricas para poder dar un correcto manejo de la parte arborea de tipo silvicultural, para evitar daños por caída de ramas y exceso de sombra que brinda al cultivo.

## 10. Bibliografía

- Aguirre, T., Granda, V., y Carrión, J. (2019). Sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 325–340.
- Aguirre, Z, y Aguirre, C. (2015). Especies leñosas y cultivos objetivos para sistemas agroforestales en zonas semiáridas del sur del Ecuador. *Bosques*. *Latitud Cero*, September 2013, 21–30.
- Aguirre, Z., y León, N. (2012). Conocimiento inicial de la fenología y germinación de diez especies forestales nativas de El Padmi, Zamora Chinchipe. *Revista Cedamaz*, 2, 63.
- Aguirre, Z., Granda, J., & López, G. (2022). Dinámica de crecimiento de especies forestales en el bosque andino del Parque Universitario " Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(3), 292-306
- Abril, R., Ruiz, E., Lazo, J., Cabrera, M., y Meric, O. A. (2018). Crecimiento inicial de *Eugenia stipitata*, *Inga spectabilis* e *Inga edulis* en Napo, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 275-291.
- Alvarado, Carrera, B., Pilaloo, W., y Carrera, D. (2020). Desarrollo comparativo de dos especies Inga en base a su potencial agroforestal. *Revista Alfa*, 4(12), 186–199. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v4i12.83>
- Alvarado, M., y Rojas, G. (2007). El Cultivo y Beneficiado del Café. Universidad Estatal a Distancia: San José, Costa Rica.
- Arcilla, J. (2007). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. *Sistemas de Producción de Café En Colombia*, 22–60. [Http://www.cenicafe.org/es/documents/librosistemasproduccioncapitulo2.pdf](http://www.cenicafe.org/es/documents/librosistemasproduccioncapitulo2.pdf)
- Arévalo, C. (2012). Técnicas y prácticas agroforestales validados para el Ecuador. 110. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3076/1/mag133.pdf>
- Arrobo, P. A. (2013). Evaluación de diferentes alternativas de la mezcla Maralfalfa (*Pennisetum* sp) - alfalfa (*Medicago sativa*) en el crecimiento y engorde de cobayos en la Quinta Experimental 'La Argelia' de la UNL. 1–86.
- Baquero, G. (2015). Determinación De La Calidad De Suelos, Mediante La Caracterización Físico - Químico, Biológico Para Proponer Un Plan De Recuperación De Suelos En La Comunidad Porotoyacu.
- Barbón, R., Ortiz, N., Capote, A., & Pérez, A. (2018). Efecto de la altura de las plantas de Coffea arabica cv. Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática en la adaptación ex vitro. *Biotecnología Vegetal*, 18(2).
- Benedetti, S., y Espinoza, N. (2009). Sistemas agroforestales. *Ciencia y Investigación Forestal*, 30. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1992.174>
- Cagua, D., y Rodríguez, J. (2016). Efecto de distancias de plantación sobre el rendimiento y crecimiento vegetativo de la naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) en el trópico bajo húmedo. *Orinoquia*, 20(1), 19-27.
- Castillo, K. D., Rincón, K. L., Yela, S. Del M., y Ordoñez, H. R. (2021). Especies forestales con potencial agroforestal en el Consejo Comunitario Alto Mira y Frontera (Tumaco, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 39(1), 123–137.
- Centeno, M. (1993). Inventario nacional de plantaciones forestales en Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, UNA.
- Checa, X., Ramos, R., y Grijalva, J. (2010). Caracterización de sistemas agroforestales (safs) en la Sub-región Sierra centro del Ecuador. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Conabio, (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2008). *Cedrela*

- odorata*. In *Systema Naturae* (Vol. 10, Issue 1759).
- Córdova, M., Soto, F., y Morales, D. (2016). Crecimiento de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.) Con cuatro niveles de sombra en dos condiciones edafoclimáticas de Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 72–78.
- Domínguez, J., y Rosero, J. (2013). Análisis del crecimiento de *Alnus acuminata* (Aliso) en bosque natural y plantado en la margen izquierda del Valle del Mantaro a través de técnicas dendrocronológicas (No. F01. U55c-F). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru).
- Escobar, L. D., Guatusmal, C., Meneses, D. H., Cardona, J. L., y Castro, E. (2019). Evaluation of arboreal and shrub strata in a silvopastoral system in Colombian high Andean tropics. *Agronomy Mesoamerican*, 30(3), 803–819. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35645>
- Estrada, J. F., Restrepo, J. M., Villada, D. E., y Ojeda, P. A. (2003). Agroforestería: opción tecnológica para el manejo de suelos en zonas de ladera. Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola-FIDAR.
- Fao. (2001). Sistemas agroforestales. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y Agricultura, 1–2.
- Farfán, F. F. (2014). Agroforestería y sistemas agroforestales con café.
- Federal, D. (2002). Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. *Revista Chapingo : Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 8(2), 91–100.
- García, Y., Ramírez, W., y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125–138. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?Script=sci\\_arttextypid=S0864-03942012000200001ylng=esynrm=isoytlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?Script=sci_arttextypid=S0864-03942012000200001ylng=esynrm=isoytlng=es)
- Garza, R., Maldonado, R., Álvarez, M., y Torres, J. (2020). Caracterización de especies arbóreas asociadas al cultivo de café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 25–32. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2210>
- Gómez, O. (2010). Guía para la innovación de la caficultura. El Salvador, 30.
- Gonzales, R., y Tullo, C. (2019). Guía Técnica cultivo de Cítricos. In Proyecto Paquetes Tecnológicos - PPT. [https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_03.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_03.pdf)
- Graus, R. (2019). Caraterización de prácticas agroforestales en el caserío de Nuñumabamba, Cajabamba.
- Inamhi. (2019). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 1–2.
- Javier, L., Buitrago, T., Roberto, C., y Montoya, R. (2014). Agroforestería y sistemas agroforestales con café. *Cenicafé*.
- Jiménez, A., y Pérez de Camacaro, M. (2009). Crecimiento y abscisión del fruto de naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en un huerto del estado Portuguesa, Venezuela. *Bioagro*, 21(2), 0. [http://ve.scielo.org/scielo.php?Script=sci\\_arttextypid=S1316-33612009000200008](http://ve.scielo.org/scielo.php?Script=sci_arttextypid=S1316-33612009000200008)
- Jiménez, F., Muschler, R., y Köpsell, E. (2001). Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales (Issue 6). *Bib. Orton IICA/CATIE*.
- Jorgensen, P., y León, S. (1999). Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.*, 75(i–viii), 1182.
- Jorgensen, P., y León-Yáñez, S. (2009). Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. *Flora*.

- Laskowki, L., García, A., y Torres, J. (2006). Desarrollo del fruto de *Citrus sinensis* cv. Salustiana. *Bioagro*, 18(1), 15–23. [Http://ve.scielo.org/scielo.php?Script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612006000100002&lng=es&synrm=isoyt&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S1316-33612006000100002&lng=es&synrm=isoyt&lng=es)
- Linares, E. (2005). Instructivo para determinar la supervivencia en plantaciones forestales (Instrucción Técnica No. 6). MINAG.
- López, E., y Musálem, M. (2007). Sistemas Agroforestales Con Cedro Rojo , Desarrollo De Plantaciones Forestales Comerciales En Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 13(1), 59–66.
- López, M., y Molina, L. R. (2007). Sistemas agroforestales. Universidad Nacional Agraria.
- Luna, W., y Morillo, G. (2009). Implantación del sistema silvoagrícola café y cacao con árboles maderables Guayacán y Caoba, en la estación experimental el Padmi. 62. [Http://dspace.unl.edu.ec:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4343/Arellano Washington - Jimenez Galo.pdf?Sequence=1](http://dspace.unl.edu.ec:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4343/Arellano%20Washington%20-%20Jimenez%20Galo.pdf?Sequence=1)
- Mathez, S., y Rist, S. (2015). Ciencias de la sostenibilidad y sistemas socio-ecológicos: Un marco conceptual para la investigación sobre bosques andinos.
- Mendieta, M., y Rocha, L. (2007). Sistemas agroforestales. Universidad Nacional Agraria.
- Mendoza, R. (2009). La agroforestería pre hispánica y la domesticación de los bosques amazónicos. ¿ Un modelo de desarrollo sustentable? *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 5, 6–8.
- Molina, M., Medina S., M., y Orozco, H. (2006). El efecto de la interacción Frankia - micorrizas - micronutrientes en el establecimiento de árboles Aliso (*Alnus acuminata*) en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19, 39–48. [Http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n1/v65n1a17.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n1/v65n1a17.pdf)
- Moncayo, F. (2013). Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables. ONF.
- Mora, J., y Acosta, L. (2001). Uso, clasificación y manejo de la vegetación asociada al cultivo de café (*Coffea arábica*). *Agroforestería En Las Américas* v. 8 (32) p. 20-27.
- Moreno, A., Toledo, V., y Casas, A. (2014). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375. [Https://doi.org/10.17129/botsci.419](https://doi.org/10.17129/botsci.419)
- Navarro, C., y Hernández, G. (2001). Cómo introducir cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) dentro de cafetales: consejos prácticos para promover sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas (CATIE) Volumen 8, número 30 (2001)*, páginas 52-54.
- Nicholls, C. I., Henao, A., y Altieri, M. A. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1), 7–31.
- Nieto, C., Córdova, J., y Ramos, R. (1999). Evaluación parcial de tres sistemas agroforestales como alternativa de producción sostenible para la zona Andina de Ecuador. INIAP, 12. [Http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf](http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf)
- Novib, O., Sjoerd, P., y Joost, P. (2014). Barómetro de Café 2014. Ensayos Sobre Economía Cafetera, 30, 99–125. [Https://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/quienes\\_somos/publicaciones/](https://www.federaciondecafeteros.org/particulares/es/quienes_somos/publicaciones/)
- Palacios, J., y García, V. (2021). Influence of Dosages of Biofertilizers Composed of Mycorrhizae and Diazotrophs on the Corn Productivity. *Epoch Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 1(2), 953–961. [Https://doi.org/10.18502/epoch.v1i2.9513](https://doi.org/10.18502/epoch.v1i2.9513)

- Pérez, R., y Domínguez, J. (2019). El régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador: propuesta para cinco cultivos permanentes. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(4).
- Pérez, U., y García, M. (2021). Evaluación del sistema agroforestal una alternativa para el desarrollo local sostenible , en la localidad de San Francisco Cheje, municipio de Jocotitlán. 1–16.
- Pineda, A. (1974). Algunos usos del café y de sus subproductos. Reunion Internacional Sobre La Utilización de Subproductos Del Café En La Alimentación Animal y Otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales, 1. Turrialba (Costa Rica), Junio 11-14, 1974. Informe Final..
- Prado, N. (2009). Identificación de sistemas agroforestales tradicionales y seleccion de las mejores prácticas para enfrentar la desertificación en el cantón Macará.
- Quesada, M., Vargas, L., Chavarría, M., y Ugalde, M. (2012). Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 25(5), 55–66.
- Quijia, M., Castillo, S., Vasquez, W., y Racines, M. (2020). Fenología floral de la guaba (*Inga edulis*) en un valle interandino del Ecuador. *Enfoque UTE*, 11(3), 25-34.
- Revelo, S. (2007). Evaluación del crecimiento inicial de aliso (*Alnus acuminata* h.b.k) en plantación sola y asociado con fréjol (*Phaseolus vulgaris*), arveja (*Pisum sativum* L.) con y sin fertilizante, provincia de Imbabura. *Universidad Técnica Del Norte*, 11.
- Ruíz, E. R. J., González, W. F., y Pesantez, L. P. (2019). Silvopasture systems and climate change: Estimate and prediction of arboreal biomass. *Granja*, 29(1), 44–45. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.04>
- Saborío, M. (2016). Agroforestería y biodiversidad: La importancia de los sistemas agroforestales en la conservación de especies. *Repertorio Científico*, 19(1), 1-4. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/2526%0Ahttps://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/2526/3214>
- Saltos, R., Vázquez, T., Lazo, J., Murillo, G., y Meric, O. (2018). Crecimiento inicial de *Eugenia stipitata*, *Inga spectabilis* e *Inga edulis* en Napo, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 275. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.28759>
- Sánchez, S., y Murillo, O. (2004). Desarrollo de un método patra controlar la calidad de producción de plantulas en viveros forestales. *Agronomía Costarricense*, 28(2), 95–106.
- Sánchez, V., Salazar, G., Vargas, J., López, J., y Jasso, J. (2003). Parametros geneticos y respuesta ala seleccion en características del crecimiento de cedrela odorata. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 26(1), 19–27.
- Sarango, F. (2015). Sistemas agroforestales potencialidades para el caso del Ecuador. *Revela*. <http://revelaaustria.com/sistemas-agroforestales-potencialidades-para-el-caso-del-ecuador/>
- Sarango, T. (2018). Caracterización de la vegetación y el microclima en sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* L.) En tres pisos altitudinales en la zona cafetalera chaguarpambalmedo. 110.
- Saravia, M. (2009). Sistema silvoagrícola en la comunidad de Iscaypata, municipio de Vinto. *Acta Nova*, 4(2–3), 230–235.
- Saucedo, J., Oliva, M., Maicelo, J., Quispe, H., y Meléndez, J. (2020). Arreglos silvopastoriles con especie arbórea *Alnus acuminata* (aliso) y su efecto sobre los factores ambientales de sistemas ganaderos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 46(3), 323–328.

- Silva, F., y Rozados, M. (2002). Agroselvicultura, agroforestería, prácticas agroforestales, uso múltiple: una definición y un concepto. Cuadernos de La Sociedad Española de Ciencias Forestales, 14(14), 9–22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?Codigo=2975988>
- Tintaya, M. (2015). Evaluación de especies en sistemas agroforestales de la comunidad Capellanía, municipio de Coroico del departamento de La Paz.
- Torquebiau, E. (1993). Conceptos de agroforestería: una introducción (9789688842522).
- Tropicos. (2012a). *Citrus reticulata*. Missouri Botanical Garden. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4053-2\\_86](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4053-2_86)
- Tropicos. (2012b). *Inga edulis*. Missouri Botanical Garden. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-1764-0\\_80](https://doi.org/10.1007/978-94-007-1764-0_80)
- Urgiles, N., Avila, M., Loján, P., Encalada, M., Hurtado, L., Araujo, S., Collahuazo, Y., Guachanamá, J., Poma, N., y Granda, K. (2021). Plant Growth-Promoting Microorganisms in Coffee Production: From Isolation to Field Application. *Agronomy*, 11(8), 1531.
- Urgiles, N., Guachanamá, J., Granda, I., Robles, Á., Encalada, M., Loján, P., Avila, M. E., Hurtado, L., Poma, N., y Collahuazo, Y. (2020). Caracterización morfológica de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) asociados al café en sistemas agroforestales de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latid. Cero*, 10, 137–145.
- Vázquez, C., Batis, A., Alcocer, M., Gual, M., y Sanchez, C. (1999). *Alnus acuminata*. 45–48. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/9-betullm.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/9-betullm.pdf)
- Vázquez, D. (2015). Enfermedades y su control enfermedades causadas por hongos mancha negra de los citricos. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_manual\\_citricultura\\_cap12.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap12.pdf)
- Villada, J., Vargas, A., y G, G. (2021). Lista anotada de las especies forestales sembradas en el programa de restauración ecológica participativa reverdec. Celsia Colombia S.A., 6. <https://doi.org/10.15472/epdesv>
- Yaguachi, L. y Carrión, R. 2000. Establecimiento de Plantaciones. RAFE/CAMAREN. Quito, Ecuador. 91 p

## 11. Anexos

### Anexo 1. Especies comunes para uso en sistemas agroforestales

Hoja De Campo Para El Registro De Las Especies Mas Utilizadas							
Nro. Hoja	1			Fecha	marzo, 26		
Localización	Zapotillo			Evaluador	Leslye Hurtado		
Nro. Registro	Nombre Común	Nombre Científico	SAF+Cultivos anuales	SAF+Cultivos perennes	Copa (%)	Crecimiento radicular (%)	Distanciamiento (m x m)
1	Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i>	x	x	65	25	3 x 3
2	Amarillo	<i>Centrolobium paraibum</i>			40	30	4 x 4
3	Angolo	<i>Albizia multiflora</i>	x		40	30	4 x 4
4	Ceibo	<i>Ceiba trichistandra</i>			20	15	2 x 2
5	Faique	<i>Acacia macracantha</i>	x		90	45	10 x 10
6	Guaba	<i>Inga sp.</i>	x		75-80	65	12 x 12
7	Guápala	<i>Simira sp.</i>	x	x	14	10	3 x 3
8	Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	x	x	70-80	65	12 x 12
9	Guázimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>		x	35	25	14 x 14
10	Laritaco	<i>Vernonanthura patens</i>	x		40-45	30	10 x 10
11	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>		x	60	35	5 x 5
12	Mango	<i>Manguijera indica</i>		x	15	10	2 x 2,25
13	Overall	<i>Cordia macracantha</i>	x	x	60	35	4 x 4
14	Polo polo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>					
15	Pretino	<i>Cavanillesia platanifolia</i>					
16	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>					
17	Vainillo	<i>Senna mollissima</i>					

Hoja De Campo Para El Registro De Las Especies Mas Utilizadas							
Nro. Hoja	2			Fecha	abril, 2		
Localización	Macará			Evaluador	Leslye Hurtado		
Nro. Registro	Nombre Común	Nombre Científico	SAF+Cultivos anuales	SAF+Cultivos perennes	Copa (%)	Crecimiento radicular (%)	Distanciamiento (m x m)
18	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	x	x	65	25	3 x 3
19	Cedro	<i>Cedrela montana</i>			40	30	4 x 4
20	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	x		40	30	4 x 4
21	Banana	<i>Musa sp.</i>			20	15	2 x 2

22	Algarrobo	<i>Prosopis juliflora</i>	x		90	45	10 x 10
23	Arabisco	<i>Acacia macracantha</i>	x		75-80	65	12 x 12
24	<i>Inga edulis</i>	Guaba	x	x	70-80	65	12 x 12
25	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel		x	35	25	14 x 14
26	<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	x		40-45	30	10 x 10

**Anexo 2.** Lista de especies implementadas en el Sistema Agroforestal: aportes y beneficios al sistema

Nombre común	Nombre científico	Estrato	Potenciales usos/roles en un SAF					
			Forraje	Sombra	Cultivo	Fijadora de nitrógeno	Maderable	Melífera
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	Árbol	x	x		x	x	
Cedro	<i>Cedrela montana</i> L.	Árbol		x			x	
Naranja	<i>Citrus reticulata</i>	Árbol			x			x
Guaba	<i>Inga edulis</i>	Árbol		x	x		x	x
Café	<i>Coffea arabica</i>	Arbusto			x			

**Anexo 3.** Establecimiento del Sistema Agroforestal en la Quinta Experimental La



1. Calicata



2. Reunión con el equipo de trabajo en el SAF



3. Preparación del terreno



4. Plantación



5. SSA establecido

**Anexo 4.** Categoría para la evaluación de la sobrevivencia de las plantas

<b>Categoría</b>	<b>Porcentaje de sobrevivencia</b>
Muy bueno	80 – 100%
Bueno	60 – 79%
Regular	40 – 59%
Malo	< 40%

NOTA. Tabla adaptada de Centeno (1993) para categorización de la sobrevivencia de las especies vegetales en base a su porcentaje.

**Anexo 5.** Datos de parámetros biológicos y químicos del suelo

Muestra N°	Coordenada		Parámetros biológicos		Parámetros químicos		Observaciones	
			Presencia de animales		MO (%)	T °		pH
	X	Y	Si	No				
1	699895,3	446616,6	Si		3,51	16,2	5,79	
2	699864,4	446677,9	Si		3,69	16	5,05	
3	699926,1	446647,3	Si		3,76	16,7	4,86	Suelo mayor mente arcilloso con mal drenaje

NOTA. Mo= Materia Orgánica

**Anexo 6.** Datos de la caracterización física del suelo

**Pedregosidad superficial:** 0%

**Afloramientos rocosos:** No      **Tipo:** No

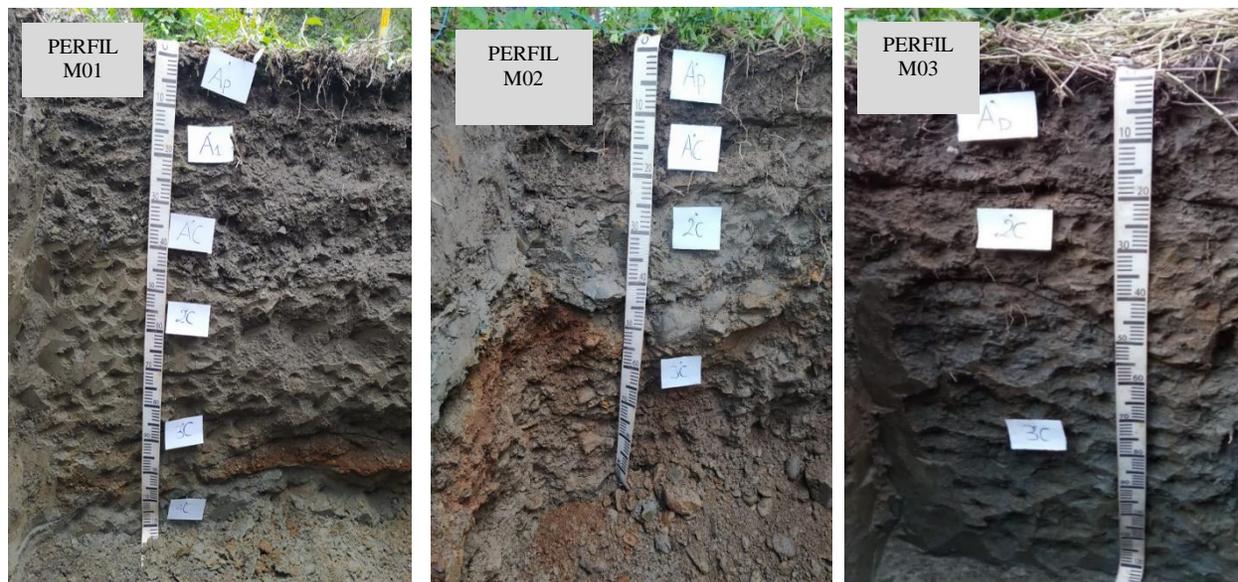
**Profundidad de la capa freática:** no visible      **fluctuación N°:** 0 cm

**Presencia de Sales o Alcalis:** libre

<b>Sitio:</b> Molinos	Pendiente: 3%	Paisaje: plano	<b>Tipo de relieve:</b> terraza aluvial <b>Forma del terreno:</b> pendiente baja.	
<b>Uso</b> Cultivo	<b>Humedad</b> Húmedo	<b>Material parental:</b> Depósito aluvial.		
Nro.	Altitud	Coordenada		Drenaje
		X	Y	
1	2160	699895,3	446616,6	Pobre

2	2160	699864,4	446677,9	Pobre
3	2177	699926,1	446647,3	Muy pobre

### Anexo 7. Fotografías de los perfiles



### Anexo 8. Base de datos de clima

Día	T (°C)	HR (%)	Velocidad del viento (m/s)
1	17,8	62,0	3,3
2	15,6	99,1	3,0
3	16,2	90,0	2,3
4	16,4	65,7	2,3
5	17,3	89,3	2,9
6	15,9	94,2	3,1
7	16,0	98,4	2,7
8	16,2	138,0	1,9
9	15,5	63,5	2,0
10	16,3	94,0	2,4
11	17,6	97,3	1,6
12	17,5	98,4	2,4
13	16,2	90,0	2,8
14	17,6	84,3	2,8
15	15,8	91,0	3,0
16	16,5	94,3	2,5
17	16,5	99,0	2,4

18	17,2	84,3	1,9
19	16,2	91,2	1,4
20	15,8	98,4	1,2
21	15,4	65,7	0,9
22	17,5	121,0	1,7
23	15,8	122,0	1,9
24	16,4	80,0	0,9
25	17,3	92,3	2,6
26	16,4	85,4	1,8
27	15,9	94,0	1,6
28	16,9	106,0	2,2
29	17,5	97,6	3,3
30	16,3	95,0	4,1

Mayo

1	18,8	74,0	1,3
2	16,8	80,0	0,1
3	18,8	76,0	0,6
4	17,4	73,0	1,1
5	14,3	94,0	1,0
6	13,8	96,0	2,8
7	13,7	92,0	1,7
8	14,2	94,0	1,2
9	14,9	85,0	2,0
10	13,8	93,0	3,1
11	13,8	94,0	3,5
12	14,6	90,0	1,2
13	18,3	74,0	0,2
14	16,9	79,0	1,1
15	17,5	74,0	1,3
16	18,7	73,0	0,7
17	18,4	74,0	0,3
18	18,1	75,0	0,2
19	16,6	79,0	0,5
20	17,3	72,0	0
21	16,8	74,0	3,1
22	15,0	85,0	2,1
23	12,7	98,0	1,5
24	15,4	83,0	2,2
25	14,3	84,0	3,4
26	15,0	99,0	

27	15,4	85,0	1,1
28	14,5	85,0	3,0
29	17,0	74,0	2,6
30	12,7	100,0	2,2
31	15,3	32,0	1,8

Junio

1	14,8	95,0	1,5
2	15,0	77,0	1,4
3	18,0	65,0	1,1
4	15,4	60,5	0,9
5	17,3	65,0	2,7
6	18,3	50,0	2,5
7	24,4	50,8	0,7
8	15,5	68,0	1,0
9	19,5	71,0	1,1
10	25,5	48,0	1,4
11	14,5	65,0	2,6
12	13,2	32	4,4
13	13,5	30	4,6
14	14,2	45,0	1,8
15	16,5	54,0	2,8
16	17,8	72,0	1,0
17	15,1	37	1,7
18	14,9	60,0	0,9
19	14,9	65,0	2,4
20	14,9	60,0	2,8
21	15,2	34,0	3,1
22	15,0	30,0	2,4
23	16,4	68,0	2,6
24	11,2	32,0	2,3
25	13,6	29	3,5
26	13,1	29	3,8
27	14,5	37	2,3
28	14,9	53,0	1,3
29	15,9	55,0	2,3
30	15,9	62	2,3

Julio

1	11,6	100,0	2,1
2	11,9	98,0	3,1
3	14,6	68,0	2,1

4	14,7	60,0	2,0
5	13,8	59,0	1,9
6	13,6	59,0	2,0
7	14,9	94,0	2,1
8	15,2	62,0	2,8
9	14,6	68,0	2,1
10	17,0	60,0	4,8
11	17,6	62,0	1,2
12	17,6	68,0	1,6
13	14,1	62	0
14	14,7	84	1,1
15	15,0	92	1,2
16	14,9	80	0,1
17	14,0	82	1,3
18	13,5	87,3	0
19	13,4	59	0
20	13,1	94,3	0
21	12,0	78,5	0
22	13,8	30,0	0
23	16,0	81,0	0
24	15,3	20,0	0
25	14,1	45,0	0
26	15,0	20,0	0
27	19,3	65,5	1,3
28	14,2	84,0	0
29	13,2	30,0	0
30	15,8	30,0	0
31	14,0	72,0	0

Agosto

1	16,5	20,0	0
2	15,3	32,0	0
3	15,7	32,0	0
4	14,0	65,0	0
5	14,1	72,0	0
6	15,8	85,0	2,6
7	13,7	82,0	0
8	15,8	80,0	0
9	15,8	94,0	0
10	19,1	64,0	1,7
11	14,6	45,0	3,3

12	15,0	64,0	4,4
13	14,8	60,0	3,7
14	15,2	89,0	3,2
15	12,3	92,0	4,4
16	15,1	64,0	3,6
17	16,0	36,0	2,7
18	16,6	72,0	2,5
19	15,6	90,0	4,5
20	11,1	84,0	2,1
21	15,8	51,5	1,5
22	13,1	82,0	3,0
23	10,4	90,0	5,2
24	13,2	78,0	4,3
25	10,7	92,0	2,8
26	13,9	52,0	1,8
27	14,6	45,0	1,8

Septiembre

1	10,3	74,0	2,5
2	7,4	72,0	2,9
3	12,5	49,0	3,9
4	13,1	86,2	3,6
5	12,7	86,9	3,6
6	11,8	85,6	3,5
7	11,0	88,1	3,1
8	10,5	88,8	2,5
9	14,5	85,9	3,1
10	13,5	84,1	3,4
11	11,8	82,3	3,0
12	10,4	82,4	1,3
13	12,6	94,0	1,9
14	10,5	85,0	1,9
15	14,1	92,0	2,2
16	13,5	82,0	1,8
17	10,9	76,0	2,2
18	10,5	72,3	1,9
19	11,8	84,0	1,4
20	11,9	81,0	1,1
21	11,6	92,0	1,4
22	11,3	74,0	1,5
23	10,2	86,0	2,3

24	13,4	80,0	2,4
25	10,9	78,0	2,8
26	10,5	77,4	2,9
27	12,4	87,0	2,9
28	8,2	56,0	1,9
29	11,3	69,0	1,1
30	11,1	46,0	2,0
<b>Resumen</b>			
Máximo	25,5	138,0	5,2
Mínimo	7,4	20,0	0,1
Coeficiente de variación	0,2	0,4	0,5
Promedio	14,4	65,9	2,2

### Anexo 9. Registro de variables de crecimiento inicial de las especies del SAF

<i>Cedrela montana</i>	Variables Dasométricas																									
	6/4/2022		20/4/2022		4/5/2022		18/5/2022		1/6/2022		15/6/2022		29/6/2022		13/7/2022		27/7/2022		10/8/2022		24/8/2022		7/09/2022		21/09/2022	
	M0		M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9		M10		M11		M12	
	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L
Prom	9,50	33,0	9,7	33,5	10,4	34,0	11,1	34,8	14,4	35,6	15,6	34,1	17,8	34	18	33,7	18,2	35,1	21,3	36,7	21,9	36,8	23,64	38,7	24,4	39,1
Máx.	10,6	45,9	13	45,3	16,8	46,2	17,6	46,2	20,9	54	23	47,2	28,3	51,3	28,2	50,9	29	52	29	56	32	73	43	42	36	53
Mín.	6,3	18,2	4,2	19	5	19,1	9,7	21,8	10,6	10	6	5,4	16,8	17,6	17,2	17,6	15	18,7	16	22	18	22	30	22	21,3	32
D.E	0,80	6,84	1,25	6,60	1,6	6,6	1,9	5,8	3	9	3,9	8,8	2,6	6,7	2,6	7,5	3,4	7,6	2,9	7,28	3,0	14,60	3,30	3	2,3	8,4
C.V	8%	21%	13%	20%	16%	20%	18%	17%	21%	25%	25%	26%	12%	20%	12%	22%	15%	22%	13%	20%	13%	30%	10%	-	14%	22%

Nota: Prom.: promedio; Máx.: máximo; Mín.: mínimo; D.E.: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variación. El D (diámetro a la base) se presenta en milímetros y la L (Longitud) en centímetros.

<i>Alnus acuminata</i>	Variables Dasométricas																									
	6/4/2022		20/4/2022		4/5/2022		18/5/2022		1/6/2022		15/6/2022		29/6/2022		13/7/2022		27/7/2022		10/8/2022		24/8/2022		7/09/2022		21/09/2022	
	M0		M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9		M10		M11		M12	
	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L
Prom	9,7	20,9	9,9	21,3	11,3	22,6	12	21,4	12,6	21,8	13,1	23,7	13,9	24,7	14,8	22,8	15	24,2	15,3	26,8	18,5	29,4	23,8	26,7	23,9	29,4
Máx.	12,7	34,9	12,7	35,7	10,2	36,1	10,2	35,2	11,2	47,2	12,8	45	18	41,6	18	40,4	17	42	18	44,5	20,8	46	31,8	38	31,8	38
Mín.	7,6	11	8,4	11,8	9	12,2	11,8	12,2	11,8	10	12,3	13	13	19,5	13,2	8,4	13,4	10	12	15,6	17	16,8	21,6	22	21,9	22
D.E	1,90	8,25	1,94	8,11	2,63	7,99	1,49	7,27	2,45	9,15	2,13	9,27	2,14	9,31	4,33	7,37	1,49	7,39	1,54	7,21	2,56	8,3	5,1	4	4,7	4,2
C.V	22%	39%	23%	38%	36%	35%	18%	34%	28%	42%	21%	39%	17%	38%	40%	32%	11%	30%	11%	27%	16%	28%	21%	16%	20%	16%

<i>Inga edulis</i>	Variables Dasométricas																										
	6/4/2022		20/4/2022		4/5/2022		18/5/2022		1/6/2022		15/6/2022		29/6/2022		13/7/2022		27/7/2022		10/8/2022		24/8/2022		07/09/2022		21/09/2022		
	M0		M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9		M10		M11		M12		
	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D
Prom	5,7	21,2	4,0	19,9	4,2	20,0	4,3	20,3	11,0	23,4	10,8	20,8	13,0	22,5	15,8	33,9	18,2	34,9	19,3	37,3	19,3	39,4	21	42,6	21,5	34,7	
Máx.	6,3	28,1	5	28,9	5	29,3	5	29,3	14,9	35	13	28,7	14	30	17	35,9	26	37	22	44	25	45	30	49	30,0	49,5	
Mín.	5,2	19,8	3	10,6	3,3	10,7	3	11	6,2	11,5	6,5	12	12	15,6	14,4	27,9	13,2	29	17	30	17	35	19	37	20,0	39,0	
D <sub>E</sub>	1,1	7,7	1,0	7,7	0,9	7,8	1,0	7,7	3,8	10,3	2,9	8,4	0,8	7,3	1,3	4,0	6,4	4,0	2,6	5,7	3,7	4,9	4,1	5,3	3,7	4,8	
C.V	29%	40%	26%	39%	22%	39%	23%	38%	35%	44%	27%	40%	6%	33%	8%	12%	32%	11%	14%	15%	17%	13%	16%	13%	15%	11%	

<i>Citrus reticulata</i>	Variables Dasométricas																										
	6/4/2022		20/4/2022		4/5/2022		18/5/2022		1/6/2022		15/6/2022		29/6/2022		13/7/2022		27/7/2022		10/8/2022		24/8/2022		07/09/2022		21/09/2022		
	M0		M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9		M10		M11		M12		
	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D
Prom	9,6	34,4	9,7	35,2	10	25,5	12,4	25,6	14,2	26,5	15,2	27	16,4	27,3	17,3	30,5	18,5	31,8	18	38,3	19,3	40,7	19,8	43,7	20	46,7	
Máx.	10	61,1	10,2	61,9	10,4	22	15	22,3	16,1	31	16	34,7	17	33,8	22	56,4	19,2	58	21,4	40,9	22,4	52	22,3	54,0	29,7	55,0	
Mín.	9,0	11,9	9,0	12,7	8,5	12,4	11	13,1	11,2	20,0	15,3	19	15,7	21,3	9,3	25,4	16,4	27,0	17,4	22,4	17	29,4	17	32	17	36	
D <sub>E</sub>	0,4	18,0	0,4	18,0	1,4	18,0	1,4	18,0	2,7	10,5	3,3	10,9	3,7	8,5	4,6	17,5	3,0	17,5	3,5	16,7	2,9	14,8	2,6	14,7	2,7	14,7	
C.V	4%	52%	4%	51%	15%	51%	15%	51%	21%	32%	26%	22%	21%	16%	27%	43%	15%	42%	17%	36%	14%	29%	11%	27%	11%	27%	

Coffea arabica	Variables Dasométricas																									
	6/4/2022		20/4/2022		4/5/2022		18/5/2022		1/6/2022		15/6/2022		29/6/2022		13/7/2022		27/7/2022		10/8/2022		24/8/2022		07/09/2022		21/09/2022	
	M0		M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9		M10		M11		M12	
	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D	L
Prom	9,1	26,7	9,1	27,1	10,0	27,5	10,3	28,0	10,3	28,8	12,0	27,6	13,2	27,5	14,1	26,6	15,0	28,0	15,6	29,6	17,3	31,0	19,2	27,3	21	31
Máx.	10,0	39,0	10,0	39,1	10,0	39,3	11,7	40,0	12,0	40,2	14,0	41,0	15,0	39,4	15,7	36,9	36,9	38,0	17,2	42,0	18,4	42,7	17,8	30,0	17,8	32,0
Mín.	3,1	9,4	3,1	12,7	10	13,2	10,1	12,7	10,1	13,1	10	13,8	11	14,8	10	12,4	12,402	14	12	15,5	12,0	16,2	14,9	25,0	15,4	26,0
D. E	1,5	5,1	1,5	5,0	-	5,0	0,1	5,5	0,1	5,5	1,0	5,0	0,8	4,7	0,8	4,1	4,1	4,1	0,8	4,0	0,8	4,1	1,1	2,1	0,8	2,2
C.V	17%	19%	16%	18%	0%	18%	1%	20%	1%	19%	9%	18%	6%	17%	6%	15%	15%	15%	6%	14%	5%	13%	7%	13%	5%	7%

## Anexo 10. Certificado de traducción del resumen



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza  
Licenciada en Ciencias de Educación mención  
Inglés  
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: +593989805087  
Email: [yaniges@icloud.com](mailto:yaniges@icloud.com)  
Loja, Ecuador 110104

Loja, 13 de octubre de 2022

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador conregistro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen de trabajo de integración curricular, **Establecimiento de un Sistema Agroforestal (SAF) asociado al cultivo de café (*Coffea arabica L.*) en la Quinta Experimental La Argelia, Provincia de Loja, Ecuador**, cuya autoría dela estudiante Leslye Michelle Hurtado Trejo, con cédula 1104683618, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA  
BELEN  
QUIZHPE  
ESPINOZA  
Firmado digitalmente por  
YANINA BELEN  
QUIZHPE  
ESPINOZA  
Fecha: 2022.10.13  
11:23:09 -05'00'

Yanina Quizhpe Espinoza.

**Traductora**

*Full text translator: servicios de traducción*