

Análisis biofísico de alternativas para uso forestal en el municipio de San Miguel, Santander.

Javier Augusto Meléndez Rodríguez

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Forestal

Director

Ricardo Andrés Oviedo Celis

MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Codirector

Sandra Milena Díaz López

MSc. Manejo, uso y conservación del Bosque

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Ingeniería forestal

Bucaramanga - Santander.

2025

### **Dedicatoria**

En primera instancia a DIOS por permitirme afrontar todos obstáculos, por darme la sabiduría y la resistencia para haber llegado a esta etapa en mi formación profesional.

De igual manera a mi madre, por haberme apoyado durante todo el proceso de mi formación profesional, y haberme enseñado los valores los cuales me han ayudado para afrontar situaciones difíciles a lo largo de la vida.

Ah mi padre por nunca desampararme, e impulsarme a salir adelante por enseñarme a trabajar y ser responsable de mis actos, y que junto con sus consejos ha sabido guiarme para la culminación de mi carrera.

*Javier*

### **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al MSc. Ricardo Andrés Oviedo Celis y MSc. Sandra Díaz López por su dedicación y paciencia. Su guía académica ha sido clave para el desarrollo de este proyecto. No hay palabras suficientes para transmitir cuánto aprecio su apoyo y orientación durante este camino académico.

A mi alma mater, la Universidad Industrial de Santander, le agradezco sinceramente por darme la oportunidad de ser parte de esta reconocida institución. La excelencia de su educación ha sido crucial para el desarrollo de mis habilidades y conocimientos.

Agradezco a todos mis profesores por su dedicación y compromiso. Su experticia y conocimientos, han tenido un impacto significativo en mi formación académica. Estoy profundamente agradecido por la transferencia de su saber y por la orientación brindada a lo largo de mi trayectoria.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al señor Gonzalo Barajas por el valioso acercamiento con la universidad y por brindarme la oportunidad de hacer parte de este proyecto en su finca El Moralito. Su confianza y apertura han sido fundamentales para enriquecer mi formación y experiencia profesional.

Finalmente, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos mis familiares y amigos, quienes, de diversas maneras, han brindado su apoyo y aliento incondicional. Su respaldo ha sido fundamental para superar los desafíos y culminar con éxito mi formación profesional.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	14
1.1 Objetivo General .....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Marco teórico .....	15
2.1 Recursos Forestales.....	15
2.2 Manejo y conservación del suelo .....	16
2.3 Agroforestería .....	17
2.4 Índice de calidad de suelo aditivo.....	18
3. Metodología .....	19
3.1 Área de estudio .....	19
3.2 Caracterización edáfica y florística.....	20
3.3 Análisis oferta ambiental y forestal .....	23
3.4 Análisis de alternativas de uso forestal sostenible .....	25
3.5 Análisis y procesamiento de datos .....	27
4. Resultados .....	28
4.1 Caracterización edáfica y florística finca Moralito.....	28
4.1.1 Características edáficas .....	28
4.1.2 Características florísticas .....	30

4.2	Análisis oferta ambiental finca Moralito .....	33
4.2.1	Recursos forestales comerciales .....	33
4.2.2	Análisis PFNM.....	34
4.2.3	Calidad del suelo.....	37
4.3	Alternativas productivas de enfoque forestal.....	38
4.3.1	Priorización sistemas de producción.....	38
4.3.2	Usos del suelo forestal y agroforestal .....	41
4.3.3	Acciones para implementación modelos de producción priorizados.....	42
5.	Discusión.....	44
6.	Conclusiones .....	46
7.	Recomendaciones .....	47
	Referencias Bibliográficas .....	49

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Propiedades físicas y químicas analizadas para suelos finca Moralito Municipio de San Miguel Santander.</i> .....	22
Tabla 2. <i>Clasificación del suelo según la condición de calidad estimada.</i> .....	24
Tabla 3 <i>Criterios de análisis para calificación y selección alternativas de uso forestal en finca Moralito Municipio de San Miguel.</i> .....	25
Tabla 4. <i>Escala de valoración criterios análisis de alternativas.</i> .....	27
Tabla 5. <i>Criterios para evaluación viabilidad especies forestales</i> .....	27
Tabla 6. <i>Resultados análisis de suelo finca Moralito Municipio de San Miguel Santander.</i> .....	28
Tabla 7. <i>Índice aditivo calidad del suelo finca Moralito – San Miguel Santander.</i> .....	38
Tabla 8. <i>Análisis viabilidad cultivos forestales finca Moralito</i> .....	41
Tabla 9. <i>Análisis viabilidad sistemas agroforestales finca Moralito</i> .....	41
Tabla 10. <i>Acciones para la implementación modelos de producción priorizados finca Moralito.</i> .....	42

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. <i>Ubicación finca Moralito municipio San Miguel departamento de Santander</i> .....	20
Figura 2. <i>Clasificación propiedades físicas y químicas del suelo según condición de favorabilidad para actividades productivas.</i> .....	30
Figura 3. <i>Características copas – tallo – hojas vegetación arbórea finca Moralito San Miguel Santander. Histogramas A) Hojas, B) Tallos, C) Copas.</i> .....	31
Figura 4. <i>Distribución de familias según la clasificación de la pendiente</i> .....	32
Figura 5. <i>Mapa de pendientes finca Moralito Municipio de San Miguel</i> .....	33
Figura 6. <i>Diagrama de cajas para altura de Bixa orellana finca Moralito</i> .....	36
Figura 7. <i>Diagrama de cajas para diámetros de Bixa orellana finca Moralito</i> .....	36
Figura 8. <i>Diagrama de cajas para hojas de Bixa orellana finca Moralito</i> .....	37
Figura 9. <i>Diagrama de radar para priorizar sistemas de producción.</i> .....	39
Figura 10. <i>Diagrama de radar valoración criterios para modelos productivos priorizados</i> .....	40

### Glosario

**Agroforestería:** práctica que combina la agricultura y la silvicultura para aprovechar los beneficios de los árboles y arbustos. Se trata de un sistema de producción sostenible que busca obtener beneficios ambientales, económicos y sociales(Silva Pando & Rozados Lorenzo, 2002)

**Escenario:** una secuencia hipotética de eventos que permite centrar la atención en los procesos causales y apoyar la toma de decisiones(Vergara Schmalbach et al., 2010)

**Gestión del suelo:** Proceso de aplicar prácticas, normas, leyes e instrumentos para el uso y la ocupación del suelo. Esto incluye la protección del suelo, su mejora y su conservación.(Hawker et al., 2020)

**Modelo de producción:** conjunto de datos e información que se utiliza para fabricar un producto, como parte de un esquema de aprovechamiento de los recursos naturales. (Martinez Pastour et al., 2002)

**Patrimonio ambiental:** conjunto de recursos naturales, paisajes, ecosistemas y biodiversidad que son importantes cultural, histórica y ecológicamente. (IUCN & UNESCO, n.d.)

**Plantaciones forestales comerciales:** Uso del terreno donde se cultivan árboles con fines económicos. Se realizan en terrenos que han perdido su vegetación natural o en terrenos de uso agropecuario(Fedemaderas, 2022)

**Sector forestal:** actividades relacionadas con la gestión, conservación y explotación de los recursos forestales, con el fin de promover el uso sostenible de los bosques y la dinámica económica. (Neriz et al., 2005)

**Sistema productivo:** conjunto de elementos que se organizan para transformar materias primas en productos o servicios, destinados a la comercialización y uso de las personas.(Carro & González Gómez, 2012)

## Resumen

**Título:** Análisis biofísico de alternativas para uso forestal en el municipio de San Miguel, Santander \*

**Autor:** Javier Augusto Meléndez Rodríguez \*\*

**Palabras Clave:** Gestión forestal, Planificación territorial, Recursos forestales, Uso sostenible del suelo.

**Descripción:** el trabajo de grado presenta un análisis del suelo y la flora en la finca Moralito del Municipio de San Miguel en Santander, con el fin de establecer un referente de alternativas de enfoque productivo forestal. Para esto, fue implementado un censo en relictos de bosque, para conocer características fenotípicas de las especies, y un muestreo al suelo a 30 cm de profundidad para estudiar propiedades físicas y químicas. Datos que fueron analizados mediante estadísticas descriptivas e integrados a modelos de análisis como índices de calidad y evaluaciones de criterios, tomados de documentos técnicos de implementación nacional. Los resultados indican que la finca cuenta con un área forestal reducida, y que las especies presentes no aportan un volumen de madera significativo (41,9 m<sup>3</sup>/ha). En cuanto al suelo, este se clasificó con una calidad moderada (índice 0,5). Las evaluaciones de alternativas productivas señalan que los sistemas agroforestales y las plantaciones forestales representan las mejores opciones para el uso del suelo en la finca; no obstante, el acceso a material genético puede constituir una limitante para su implementación. Las informaciones aportadas, son un referente para la región sobre la forma de planificar el uso del suelo en alternativas forestales, no obstante, es necesario desarrollar estudios complementarios para definir la ruta de productividad en la finca. Los datos recolectados se analizaron mediante estadísticas descriptivas e integraron en modelos de análisis, como índices de calidad y evaluaciones de criterios, basados en documentos técnicos de implementación nacional.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Instituto de Proyección Regional a Distancia IPRED. Programa Ingeniería Forestal. Director Ricardo Andrés Oviedo Celis MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Codirector: Sandra Milena López Díaz MSc Manejo y Conservación del Bosque.

### Abstract

**Title:** Biophysical analysis of alternative forest use in the municipality of San Miguel, Santander\*

**Author(s):** Javier Augusto Meléndez Rodríguez \*\*

**Key Words:** Forest management, Territorial planning, Forest resources, Sustainable land use

#### Description:

This thesis presents an analysis of the soil and flora on the Moralito farm in the municipality of San Miguel, Santander, with the aim of establishing a benchmark for alternative forest production approaches. To this end, a census was conducted in forest remnants to determine the phenotypic characteristics of the species, and soil sampling was carried out at a depth of 30 cm to study the physical and chemical properties. Data were analyzed using descriptive statistics and integrated into analytical models such as quality indices and criterion evaluations, taken from nationally implemented technical documents. The results indicate that the farm has a small forest area, and that the species present do not contribute a significant volume of wood (41.9 m<sup>3</sup>/ha). The soil quality was classified as moderate (index 0.5). Evaluations of productive alternatives indicate that agroforestry systems and forest plantations represent the best options for land use on the farm; however, access to genetic material may be a limitation for their implementation. The information provided serves as a regional benchmark for land use planning for forestry alternatives; however, complementary studies are needed to define the farm's productivity pathway. The collected data were analyzed using descriptive statistics and integrated into analytical models, such as quality indices and criterion assessments, based on nationally implemented technical documents.

---

\* Degree Work

\*\* IPRED Institute for Regional Projection at a Distance. Forestry Engineering Program. Director: Ricardo Andrés Oviedo Celis, MSc. Sustainable Development and Environment. Co-director: Sandra Milena López Díaz, MSc. Forest Management and Conservation.

## **Introducción**

Las afectaciones a los recursos naturales a nivel global implican, con el paso del tiempo, alteraciones en la estabilidad del planeta. Por tanto, existen desafíos en la relación y el uso de los recursos naturales en contextos rurales por parte de las comunidades en su vida cotidiana, donde la extracción y el aprovechamiento ambiental son constantes. Este escenario puede afectar la regulación climática, la protección del suelo y aumentar las áreas deforestadas, entre otros problemas que, en casos extremos, podrían ser difíciles de revertir, comprometiendo así la sostenibilidad ambiental y forestal (Larrouyet,2015). De esta forma, se generan escenarios contrarios del desarrollo sostenible, siendo este último la base para garantizar el equilibrio ambiental y permitir el uso continuo del patrimonio ambiental y forestal, en busca de satisfacer las necesidades actuales y futuras de recursos provenientes del bosque y de los sistemas agroforestales para la humanidad (Sánchez, 2019).

Las situaciones antes descritas, no son ajenas en Colombia, un país reconocido por su alto potencial forestal y ambiental. En tal sentido, los problemas ambientales y forestales son frecuentes, pero en algunos casos se agudizan y pasan extremos críticos como la deforestación y degradación del suelo (Rodríguez,2016). Este escenario plantea la necesidad de implementar medidas tendientes a la mitigación de los impactos en los recursos naturales, sin que ello limite el desarrollo e implementación de actividades productivas en predios rurales de los Andes en Colombia. A pesar de ello, de acuerdo con las líneas estratégicas adaptadas a la región y al área de estudio, cerca del 19 % del territorio nacional presenta vocación para usos agroforestales, donde la integración de componentes forestales y agrícolas, mediante manejos sostenibles, impactaría favorablemente los territorios (Minambiente, 2018).Este escenario de uso de aprovechamiento de recursos forestales, integrados a la cadena de producción, se convierte en un modelo a seguir en

todo el territorio, más aún, en contextos espaciales locales (Municipios – Veredas) donde no se tienen en la mayoría de los casos medios para su implementación. En departamentos como Santander, los problemas que afectan recursos naturales están presentes en todos los municipios que lo conforman (Corrales & Torres, 2002). En zonas como la Andina donde se localiza la provincia de García Rovira, el aumento de la ganadería y agricultura extensiva, son motores que promueven la actual fragmentación del paisaje y reducción de áreas naturales forestales, por tanto, requieren atención estatal que pueda revertir tal contexto de alteración (Universidad Industrial de Santander [UIS], 2022, Gobernación de Santander, 2024).

Bajo este contexto, la finca El Moralito, ubicada en el municipio de San Miguel, Santander, ha tenido como historial de uso del suelo ganadería y agricultura, que han generado reducción del área forestal natural y sobre explotación del suelo en gran parte de su extensión. A pesar de ello, los actuales propietarios reconocen la situación y proyectan implementar procesos que puedan revertir o mitigar la situación, bajo la premisa de promover la conservación forestal, paralelo al uso de alternativas agroforestales. Tal situación, generó un acercamiento a nivel de asesoría con el programa de ingeniería forestal de la Universidad Industrial de Santander con sede en Málaga, que motivó la formulación y desarrollo del presente estudio como trabajo de grado. En tal sentido, este vínculo sociedad – UIS, permitió establecer un documento de trabajo orientado al análisis de alternativas productivas forestales y agroforestales en la finca Moralito, a partir del diagnóstico del predio desde su patrimonio ambiental y forestal, y como estos recursos disponibles pueden ser integrados a esquemas de uso del suelo, sobre los cuales se puedan mejorar las condiciones de productividad en la finca, con proyección a la región de García Rovira. (Castellanos Mendoza & Ortiz Castro, 2009)

Este trabajo conjunto entre los propietarios y el programa de Ingeniería Forestal se delimitó bajo el siguiente interrogante general, que constituye el foco de estudio: ¿Qué alternativas productivas forestales y agroforestales pueden fomentar el uso sostenible del suelo en la finca El Moralito, ubicada en el municipio de San Miguel, Santander, con proyección a nivel local?

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

- Analizar el contexto biofísico de la finca Moralito del municipio de San Miguel, Santander, para establecer alternativas de uso forestal sostenible con impacto social a escala local

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las características edáficas y florísticas de la finca Moralito en el municipio de San Miguel - Santander.
- Analizar la oferta ambiental y forestal de la finca El Moralito, enfocándose en la mejora del paisaje y los servicios culturales derivados de sus prácticas productivas.
- Definir alternativas productivas de enfoque forestal con impacto en la región.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Recursos Forestales

Para Aguirre-Calderón (2015), los recursos forestales comprenden los bienes y servicios que provienen de los bosques, esto incluye no solo madera si no también servicios ecosistémicos que los bosques proveen, entre esto se destacan la conservación de la biodiversidad, la regulación del clima, protección del suelo y agua, apoyo a la vida silvestre. Por otro lado, su relación con la gestión sostenible es de vital importancia con fines de garantizar la disponibilidad a largo plazo y su contribución a las comunidades y el desarrollo social (Madroñero-Palacios & Guzmán-Hernández, 2018)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), estos recursos incluyen todo servicio que proporcionan los ecosistemas forestales, esto puede incluir, madera y productos forestales, no maderables; biodiversidad, con variedad de fauna y flora, servicios ecosistémicos, contribución a la conservación de la vida silvestre, así mismo, la función social y económica, capaz de proporcionar empleo y sustento. De esta forma, se presentan como diversas alternativas enfocadas en garantizar la continuación de los beneficios a las generaciones actuales y futuras.

Lo anterior, se debe entender como toda aquella materia natural de origen vegetal obtenido de las formaciones forestales para satisfacer necesidades de alimento, materia prima y energía. De esta forma, la gestión de los recursos forestales está relacionada con las prácticas sociales, y la influencia que estas ejercen sobre ello (Minambiente, 2018).

## **2.2 Manejo y conservación del suelo**

De acuerdo con Serrano-Montero et al. (2017), se entiende al manejo y conservación del suelo, como un conjunto de prácticas y estrategias enfocadas a la mejora de la calidad del suelo, de esta forma se asegura su sostenibilidad y su capacidad productiva. Por otro lado, Shaxson & Barber, (2005), resalta que un manejo adecuado del suelo debe incluir técnicas como la siembra en contorno, construcción de terrazas, uso de coberturas vegetales, combinación de cultivos, entre otros. Las prácticas adecuadas fomentan la reducción de pérdida de nutrientes y disminuyen la erosión del suelo, esto promueve un desarrollo agrícola sostenible para la biodiversidad del suelo, lo que, a grandes rasgos, mejora la salud y productividad de este (Minambiente, 2018).

Por su parte, Castillo et al. (2020), destacan la importancia de otros factores que contribuyen de una u otra forma en el óptimo uso del suelo, donde se deben tener en cuenta las acciones antrópicas relacionadas con el uso de fertilizantes o sustancias que puedan reflejar un comportamiento inusual en este. De esta forma, la conservación del suelo presenta una relación directa con la integración de conocimientos de diversas comunidades, donde se enfatiza el desarrollo de estrategias de manejo y conservación efectivas y adaptadas a las condiciones de cada región (Cotler et al., 2007). Finalmente, el manejo y la conservación del suelo combinan medidas y alternativas encaminadas a la mejora de la productividad del suelo. Dicho enfoque busca controlar procesos de degradación con prácticas que permanezcan a lo largo de tiempo, capaz de soportar diversas condiciones y garantizar su seguridad y productividad para futuras generaciones (López, 2002)

### 2.3 Agroforestería

La agroforestería, definida por (Somarriba, 1989), como la forma de cultivo múltiple en la que se cumplen condiciones como la existencia de al menos dos especies, interacción biológica y/o económica entre componentes y arreglos espaciales. Esta actividad presenta un enfoque de uso integral de la tierra, en tal caso, implica la mezcla deliberada de árboles combinado con frutales u otros, en campos de producción agrícola y ganadera en un mismo espacio.

Para Navia, (2000), se define como una alternativa sostenible en sistemas productivos, de esta forma, presenta diversos usos de manejo y de recursos, en este se utilizan especies leñosas, como árboles y arbustos asociados con cultivos agrícolas o animales, ya sea de forma conjunta o en rotación. Actualmente, existen ventajas que fomentan la implementación de estos sistemas, pues como grandes beneficios, se destaca la disminución de la degradación del suelo, su fácil adaptación en zonas poco fértiles o propensas a la erosión y la optimización de la producción. De esta forma, la agroforestería, según Villa et al. (2015), impulsa la búsqueda de tecnologías que aumenten la recuperación de los suelos y así mismo mantener el potencial de uso en diferentes áreas. La implementación de este sistema, involucra diferentes especies en un mismo espacio, de esta forma, se realzan interacciones biológicas que aumenta rendimientos y mejoras en la fertilidad del suelo, de esta forma, Jiménez y Muschler, (1999), la adaptan como una herramienta clave para la seguridad alimentaria y la conservación de recursos naturales.

Por otro lado, el Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF, 1983), agrega a su definición la importancia de extender los beneficios de las interacciones entre suelo, planta, atmosfera y ser humano. Esta perspectiva, aborda diferentes conceptos, donde se reconoce a la

agroforestería como una actividad que contribuye de distintas formas a la conservación de la biodiversidad y protección del suelo.

#### **2.4 Índice de calidad de suelo aditivo**

El Índice de Calidad del Suelo Aditivo es una herramienta técnica que permite evaluar la calidad del suelo de manera más integral, considerando no solo los parámetros físicos y químicos tradicionales, como la textura, el pH, y los nutrientes, sino también factores adicionales que influyen en su capacidad para sostener cultivos y mantener la biodiversidad. Este índice combina indicadores como la actividad biológica, la materia orgánica, la retención de agua, y la presencia de contaminantes, proporcionando una evaluación más precisa y detallada del estado del suelo. El objetivo del Índice Aditivo es ofrecer una medición holística que permita identificar suelos degradados, monitorear su evolución y establecer prácticas de manejo adecuadas, favoreciendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y forestales a largo plazo (Blanco-Canqui, 2020).

### 3. Metodología

#### 3.1 Área de estudio

Ubicado en el extremo sureste de la provincia de García Rovira, al oriente del departamento de Santander, este municipio cuenta con una extensión territorial de 7.100 ha, de las cuales 0,09 km<sup>2</sup> corresponden a tejido urbano y 70,91 km<sup>2</sup> al área rural. Se encuentra a una altitud de 2.200 m s.n.m., con un rango de temperatura que oscila entre 21 y 31°C, y precipitaciones anuales promedio de 1.200 mm, lo que genera un clima árido y semicálido, con una estacionalidad de lluvias marcada (Minambiente, 2010).

El municipio pertenece a las cuencas hidrográficas de los ríos Tunebo y Chicamocha, las cuales a su vez forman parte del área hidrográfica del río Magdalena. La economía local se basa principalmente en el sector agropecuario, característico de la comunidad campesina, el cual constituye la principal fuente de empleo y de generación de bienes y servicios, siendo un pilar fundamental para el desarrollo económico y social de la población" (Minambiente, 2010).

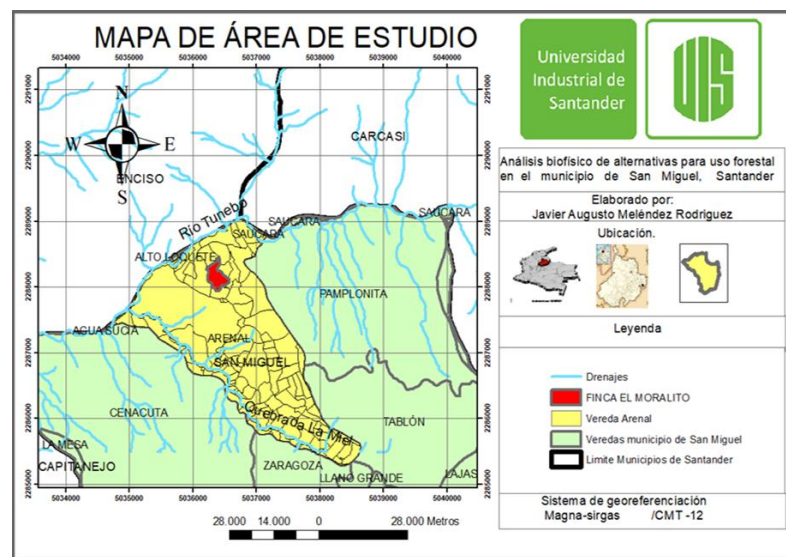
A nivel rural, el mayor índice de empleo es generado por actividades agrícolas y ganaderas, desarrolladas principalmente por el sector campesino en un contexto de producción familiar. Entre los principales productos agrícolas comercializables del municipio se destacan el frijol arbustivo, el tabaco negro, el tabaco rubio, la panela y el tomate. De esta manera, el desarrollo del municipio está estrechamente vinculado a las dinámicas productivas campesinas" (Castellanos & Ortiz, 2009).

El estudio se realizó en la finca Moralito, ubicada en la vereda El Arenal del municipio de San Miguel, Santander. El predio, con una extensión aproximada de 8 hectáreas, es propiedad del señor Gonzalo Barajas, quien, durante el año 2024, estableció contactos previos con el programa

de Ingeniería Forestal de la Universidad Industrial de Santander (UIS), lo que motivó la formulación del presente estudio en modalidad de trabajo de grado. Al predio se accede por una vía terciaria carretable desde el municipio de Málaga, en la ruta hacia Bogotá, Figura 1. La finca se localiza a una altitud de 1.800 m s.n.m., y sus coordenadas geográficas fueron registradas utilizando el sistema de coordenadas CM-T12, correspondientes a 6°36'26" N, 72°40'08" W. La zona presenta una precipitación promedio anual de 1.700 mm y una temperatura que oscila entre los 18 y 20 °C

### Figura 1

*Ubicación finca Moralito municipio San Miguel departamento de Santander*



### 3.2 Caracterización edáfica y florística

Inicialmente se realizaron trabajos orientados a la caracterización del suelo y la flora en la finca. Al tratarse del primer estudio enfocado en estos aspectos dentro del predio, se llevaron a cabo actividades preliminares de levantamiento de información geográfica, mediante el uso de equipos como GPS. Los datos espaciales recolectados fueron procesados a través del software ArcGIS 10.3, lo cual permitió generar salidas cartográficas para comprender el contexto espacial

del área de estudio. Como primer escenario de caracterización, se implementó un censo florístico en áreas con cultivos ya establecidos y en los linderos de la finca, es decir, en los límites del predio. En este caso, no se utilizaron unidades de muestreo convencionales, como parcelas, debido a que se trataba de franjas y relictos de vegetación de tamaño reducido. A cada individuo censado se le registraron variables como el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (H), forma del tallo, tipo de hoja, forma de copa, así como el nombre científico y común. A través de este censo es posible obtener información morfológica relevante, como la presencia de hojas compuestas bipinnadas, compuestas imparipinnadas y simples; tallos con morfología bifurcada, irregular o recta; y copas con formas globosas, aparasoladas y ovales. Estos datos permitirían establecer una línea base para la caracterización florística del área de estudio. Cabe mencionar que esta metodología no contempló análisis ecológicos de los relictos de bosque ni caracterizaciones de fauna, aunque se propone su abordaje en futuras investigaciones.

Un segundo escenario de la caracterización se realizó en el recurso suelo de la finca. En este caso, se implementó un muestreo simple aleatorio para conformar muestras compuestas tomadas a una profundidad de 30 cm. Se recolectaron un total de cinco muestras, las cuales fueron etiquetadas y manejadas bajo protocolos de inocuidad establecidos, con el objetivo de evitar problemas de contaminación que pudieran alterar los resultados de laboratorio (Servicio Nacional de Aprendizaje, ([SENA], 2013). Los análisis físicos y químicos fueron realizados en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia. Las variables analizadas en el estudio se detallan en la Tabla 1. Con el propósito de generar un producto de fácil comprensión sobre las condiciones del suelo en la finca, los resultados fueron clasificados en una escala de 1 a 10, donde los valores de 1 a 3 representan una condición

no favorable, de 3 a 7 una condición moderadamente favorable, y mayores a 7 una condición favorable para el desarrollo de actividades productivas.

Se aclara que esta clasificación constituye una guía de referencia inicial, sobre la cual se recomienda realizar análisis complementarios para una evaluación más precisa.

**Tabla 1**

*Propiedades físicas y químicas analizadas para suelos finca Moralito Municipio de San Miguel Santander.*

<b>Propiedad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Método analítico</b>
Potencial de hidrógeno	N/A	pH	Suspensión suelo agua (1:1)
Carbono orgánico	%	CO	Walkley-Black
Nitrógeno	%	N	Estimado a partir de CO
Calcio	meq/100g	Ca	Extracción con acetato de amonio
Magnesio	meq/100g	Mg	Extracción con acetato de amonio
Potasio	meq/100g	K	Extracción con acetato de amonio
Sodio	meq/100g	Na	Extracción con acetato de amonio
Aluminio	meq/100g	Al	Extracción con LCL 1M
Arena	%	A	Método Bouyoucous
Limo	%	L	Método Bouyoucous
Arcilla	%	Ar	Método Bouyoucous
Capacidad de intercambio catiónico efectiva	meq/100g	CICE	Sumatoria de bases
Fosforo	mg/100g	P	Bray II
Azufre	mg/100g	S	Extracción con fosfato monocálcico
Cobre	mg/100g	Cu	Extracción con DTPA
Hierro	mg/100g	Fe	Extracción con DTPA
Manganeso	mg/100g	Mn	Extracción con DTPA
Zinc	mg/100g	Zn	Extracción con DTPA
Boro	mg/100g	B	Extracción con fosfato monocálcico
Conductividad eléctrica	dS/m	CE	Conductimetría
Humedad del suelo	%	H	Secado natural relación masa - masa
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	Da	Relación masa volumen método anillo

### 3.3 Análisis oferta ambiental y forestal

La información generada de la caracterización previa, fue insumo base para analizar el contexto espacial de la finca, y a partir de este, junto con los datos forestales y edáficos identificar el panorama general del predio sobre las reservas de madera y calidad del suelo. Insumo base, sobre el cual posteriormente se definieron las alternativas de uso forestal. Para el componente forestal, fue analizado un escenario de productos forestales no maderables (PFNM) a partir de un cultivo de Achiote *Bixa orellana*, establecido previamente por el propietario. En este componente, se establecieron cinco parcelas circulares de 6 metros de radio, en las cuales se registraron variables como altura, diámetro (normal) y número de hojas, con un intervalo de evaluación de 30 días, contados a partir del mes de agosto. Estos datos fueron integrados al estudio con el propósito de analizar la respuesta en crecimiento de la especie bajo las condiciones específicas de suelo presentes en la finca. Este abordaje corresponde a una fase preliminar, sobre la cual podrán desarrollarse análisis más detallados en futuras etapas. Asimismo, los resultados iniciales obtenidos en laboratorio fueron incorporados al Índice Aditivo de Calidad del Suelo (IACS), según la metodología propuesta por Andrews (2002), como se describe a continuación.

Inicialmente, los valores presentados en la Tabla 1, fueron normalizados para unificar las unidades de análisis y evitar posibles errores que pudieran surgir debido a las diferencias en las unidades de medida empleadas para cada variable. Este proceso de normalización se realizó utilizando la Ecuación 1 que permite transformar los datos a una escala común. Una vez normalizados los valores, se integraron en la Ecuación 2 que relaciona la normalidad calculada entre el total de propiedades seleccionadas. Finalmente, el valor obtenido se clasifica según la

Tabla 4 propuesta por Cantú et al. (2007).

**Ecuación 1**

*Normalidad propiedades físicas y químicas del suelo*

$$I_n = \frac{I_m - I_{max}}{I_{min} - I_{max}}$$

Donde:

$I_m$  = Promedio del indicador

$I_{max}$  = Valor máximo del indicador

$I_{min}$  = Valor mínimo del indicador

**Ecuación 2**

*Índice aditivo de calidad del suelo*

$$ICS = \frac{\sum I_1 + I_2 + I_3}{N}$$

Donde:

$I_1$ : Valor normalizado del indicador 1

$I_2$ : Valor normalizado del indicador 2

$N$ : Indicador de empleados

**Tabla 2**

*Clasificación del suelo según la condición de calidad estimada.*

<b>Categoría de calidad</b>	<b>Escala</b>
Muy alta calidad	0,80 – 1,00

Alta calidad	0,60 – 0,79
Moderada calidad	0,40 – 0,59
Baja calidad	0,20 – 0,39
Muy baja calidad	0,00 – 0,19

### 3.4 Análisis de alternativas de uso forestal sostenible

Finalmente, con la información recopilada en los numerales anteriores, se estructuró el plan de acción para definir la(s) alternativa(s) de uso forestal en la finca. Su base construcción, fueron lineamientos de gestión forestal comercial relacionados en documentos técnicos como la guía de Alternativas productivas agropecuarias Priorizaciones departamentales, (UPRA, 2023) y las guías de clase del curso Sistemas Agroforestales (Tabla 3, Tabla 5 ). En todo caso, este componente de la propuesta fue socializado con el propietario, con el fin de generar un ambiente de total claridad respecto a los pasos a seguir una vez se defina el uso forestal comercial en la finca. Para la evaluación de los criterios establecidos, se empleó una escala tipo Likert, una herramienta común en investigaciones sociales y técnicas que permite cuantificar percepciones o niveles de cumplimiento mediante opciones de respuesta ordinales. En este caso, la escala utilizada fue de 1 a 5, donde 1 corresponde al no cumplimiento del criterio, 3 indica un cumplimiento moderado y 5 representa el cumplimiento total, conforme a lo indicado en la Tabla 3. A partir de esta escala, se evaluaron las alternativas de uso forestal propuestas, permitiendo priorizar aquellas con mayor potencial de implementación según los resultados obtenidos como se indica en la

Tabla 4.

**Tabla 3**

*Criterios de análisis para calificación y selección alternativas de uso forestal en finca Moralito Municipio de San Miguel.*

<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>
Presencia especies forestales de potencial comercial	Corresponde a la diversidad de especies forestales presentes en la finca, que puedan ser empleadas con fines comerciales
Oferta ambiental del predio	Condiciones ambientales y climáticas en la finca, que favorezcan la implementación del uso forestal comercial.
Accesibilidad	Disponibilidad de vías de acceso con potencial de conectividad a centros urbanos para comercialización
Infraestructura física	Capacidad instalada de infraestructura física en la finca para desarrollar actividades forestales productivas
Conflicto usos del suelo	Presencia o ausencia de conflictos de usos del suelo en la finca
Historial de uso	Historial de usos del suelo en la finca
Calidad del suelo	Condiciones del suelo para soportar actividades forestales productivas.
Impacto social local	Incidencia de las actividades productivas en la económica de las personas a nivel local.
Generación de empleo local	Promotor de empleo en la región, a partir de la implementación y ejecución de la actividad.

1. Aplicación ajustada al objeto de estudio, su aplicación esta ajustada para la finca objeto de estudio. Sin embargo, puede ser adaptada para otros predios en la provincia de García Rovira.

**Tabla 4.**

*Escala de valoración criterios análisis de alternativas.*

<b>Escala</b>	<b>Interpretación</b>
1	Cumple totalmente.
2	Cumple
3	Cumple moderadamente
4	Cumple parcialmente
5	No cumple

**Tabla 5**

*Criterios para evaluación viabilidad especies forestales*

<b>Criterios para la especie forestal</b>	<b>Descripción</b>
Adaptabilidad	Facilidad de adaptarse a las condiciones de oferta ambiental y edáfica de la finca
Calidad de la madera	Características mecánicas de la madera para cubrir demanda del mercado
Alelopatías	No genera competencia con otras especies
Conocimiento cultural	Nivel de información que tienen las comunidades locales sobre la especie
Comercio local o regional	Facilidad de comercialización en mercados locales y regionales
Presencia en la región	Presencia de la especie en la finca o región

### **3.5 Análisis y procesamiento de datos**

Los datos generados a partir del trabajo de campo fueron sometidos a pruebas estadísticas descriptivas con el objetivo de identificar patrones de comportamiento respecto a sus medidas centrales, principalmente las medias. De manera complementaria, se construyeron salidas gráficas, como diagramas de radar, que facilitaron la visualización comparativa de la evaluación de los criterios establecidos. La información procesada incluyó los resultados del censo forestal, el muestreo de suelo, así como la medición periódica, realizada cada 30 días, de parámetros asociados al Producto Forestal No Maderable (PFNM) Achiote (*Bixa orellana*). Este enfoque permitió integrar y analizar de forma sistemática la variabilidad y tendencias presentes en los distintos componentes evaluados.

## **4. Resultados**

### **4.1 Caracterización edáfica y florística finca Moralito**

#### **4.1.1 Características edáficas**

Los resultados del análisis físico y químico del suelo, revelaron aspectos favorables como no favorables en un escenario de productividad. Los valores de atributos físicos como textura, indican que son suelos Franco-Arenosos (FA) y Francos (F), clasificación relativamente favorable para usos productivos, sin embargo, el alto porcentaje de (A) puede ser un limitante

Figura 2. Los contenidos de humedad, son coherentes con la composición de la fracción sólida; y se consideran también factor crítico para la zona de estudio, aspecto que debe ser tratado de forma integral con los elementos del clima. Por último, los niveles de compactación fueron altos lo que demanda implementar acciones de manejo, situación tratada en capítulos posteriores del documento.

**Tabla 6**

*Resultados análisis de suelo finca Moralito Municipio de San Miguel Santander.*

<b>Propiedades físicas</b>	
<b>Propiedad</b>	<b>Resultado</b>
A	50
L	29
Ar	21
H	<b>10</b>
Da	<b>1.9</b>
<b>Propiedades químicas</b>	
pH	<b>7.35</b>
CO	4.57
N	0.39
Ca	<b>35.95</b>
Mg	1.51
K	0.56
Na	0.04
Al	0.005
CICE	<b>38.05</b>
P	14.85
S	17.4
Cu	1.29
Fe	25.1
Mn	5.32
Zn	4.59
B	0.34
CE	<b>0.86</b>

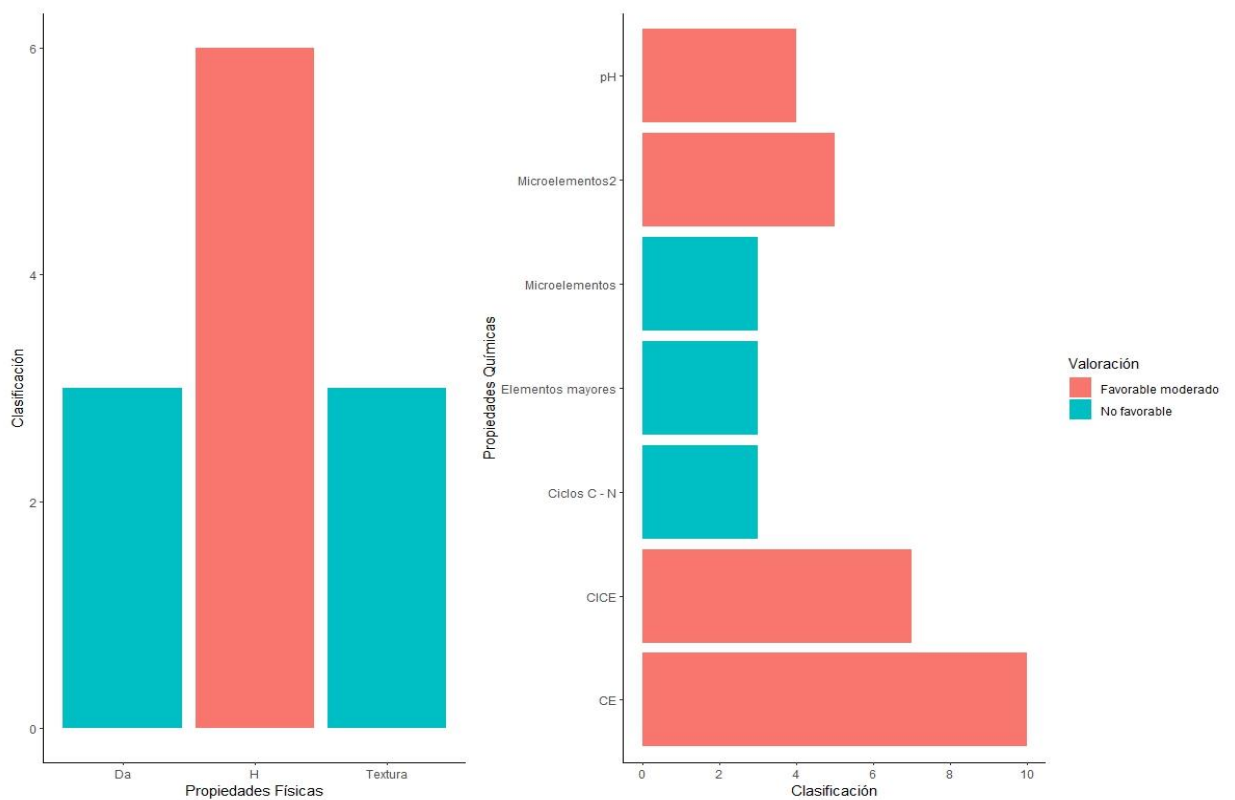
2. Los valores reportados corresponde a las medias para cada propiedad analizada

La caracterización química del suelo reveló aspectos críticos a nivel de ciclaje de carbono y nitrógeno, particularmente debido a la alta densidad aparente y la textura arenosa que limitan la actividad biológica y la disponibilidad de nutrientes. Adicionalmente, los valores de los elementos mayores (como calcio, magnesio, y potasio) indican un bajo potencial nutricional del suelo, lo cual podría dificultar la capacidad del sistema suelo-planta para suplir las funciones elementales necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas

Figura 2. En relación al potencial de hidrógeno, se trata de suelos donde las concentraciones de iones  $[OH^-]$  también podría limitar algunas actividades productivas. Respecto de los elementos menores, se destacan los valores en rangos ideales de Cu, Mn y Zn, sin embargo, otros como B y Mg deben ser objeto de análisis a fin de lograr valores y reacciones fisiológicas favorables. Finalmente, la presencia de sales y los niveles de cargas negativas asociadas a la fracción sólida, fueron propiedades del suelo que no mostraron un óptimo en la finca, siendo, la CE donde se hallaron los valores en límites que dificultarían el desarrollo de las plantas Tabla 6.

### Figura 2.

*Clasificación propiedades físicas y químicas del suelo según condición de favorabilidad para actividades productivas.*

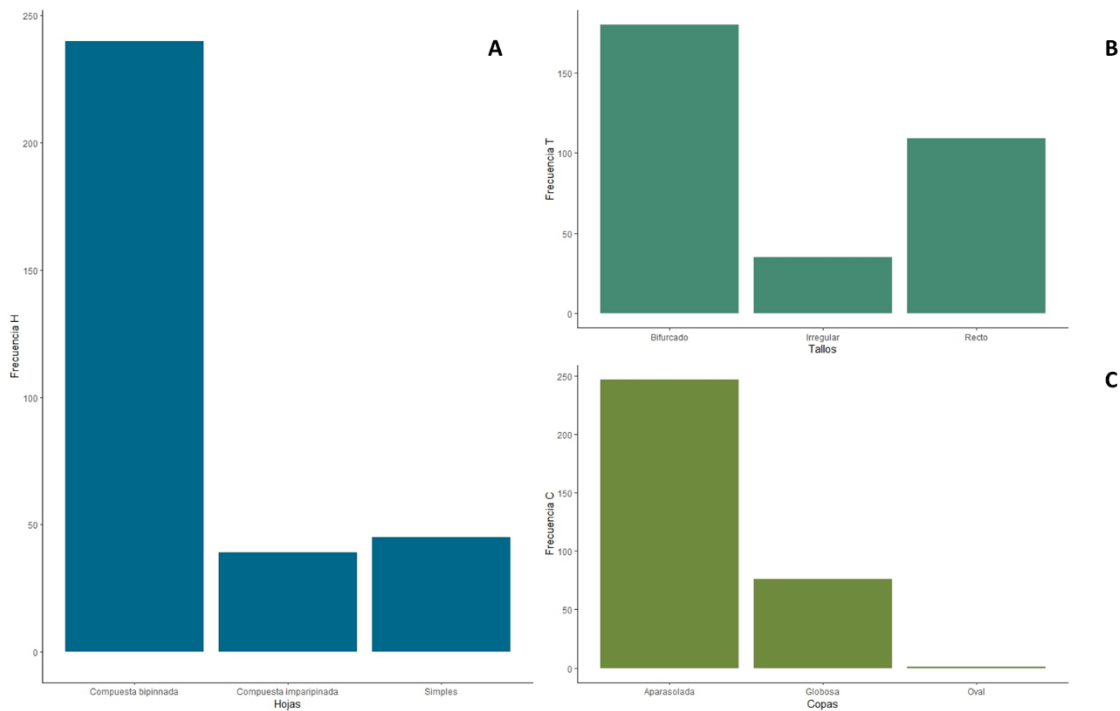


### 4.1.2 Características florísticas

El censo forestal en la finca Moralito, arrojó un total de 324 individuos con DAP  $\geq 10$  cm. Un 86% de estos, presentó hojas compuestas de las cuales el 74% fueron clasificadas como compuestas bipinnadas. Respecto de los tallos, el 33% fueron rectos y los restantes individuos presentaron tallos irregulares y ramificados, estos últimos, con la mayor frecuencia (55%) hallada para el estudio. Por último, los análisis del tipo copa revelaron como el tipo aparasolada fue la más frecuente (76%) en la zona de estudio.

### Figura 3

*Características copas – tallo – hojas vegetación arbórea finca Moralito San Miguel Santander.*  
*Histogramas A) Hojas, B) Tallos, C) Copas.*

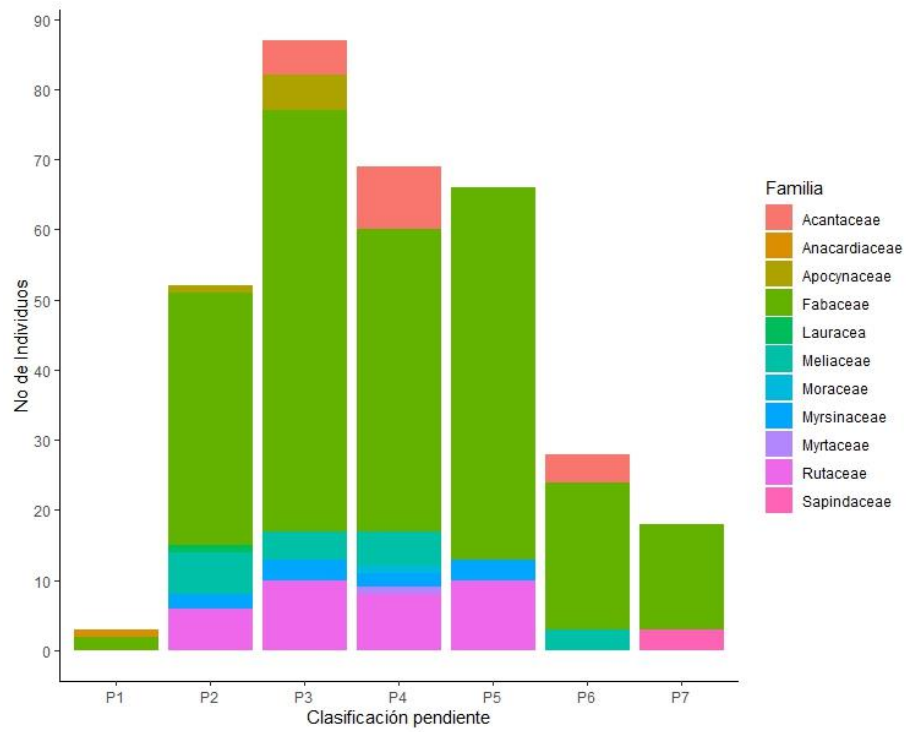


Los 324 individuos identificados se agruparon en 11 familias taxonómicas. Según la clasificación de pendientes del predio, la familia Fabaceae destacó con 228 individuos, distribuidos en las especies *Albizia carbonaria*, *Caesalpinia spinosa*, *Inga edulis*, *Leucaena leucocephala* y

*Pithecellobium dulce*, todas pertenecientes a esta familia, con distribución en el 100% de la finca, Figura 4. La distribución de las familias botánicas registradas durante el censo forestal fue analizada en relación con la pendiente del terreno, clasificada según los rangos definidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), los cuales se presentan en el mapa de pendientes. Esta clasificación incluye: P1 (0–3 %) plano, P2 (3–7 %) ligeramente plano, P3 (7–12 %) ligeramente inclinado, P4 (12–25 %) moderadamente ondulado, P5 (25–50 %) fuertemente quebrado, P6 (50–75 %) escarpado y P7 (>75 %) fuertemente escarpado. Como se observa en la Figura 4, la familia Rutácea se concentró principalmente en terrenos con pendientes entre el 4 % y el 50 % (P2 a P5), que comprenden el 57 % del área de la finca, aunque con menor número de individuos y especies. En contraste, Anacardiaceae se registró exclusivamente en zonas planas (P1), lo cual sugiere posibles restricciones ecológicas relacionadas con el relieve. Estos patrones no homogéneos ofrecen insumos clave para orientar estrategias diferenciadas de uso forestal

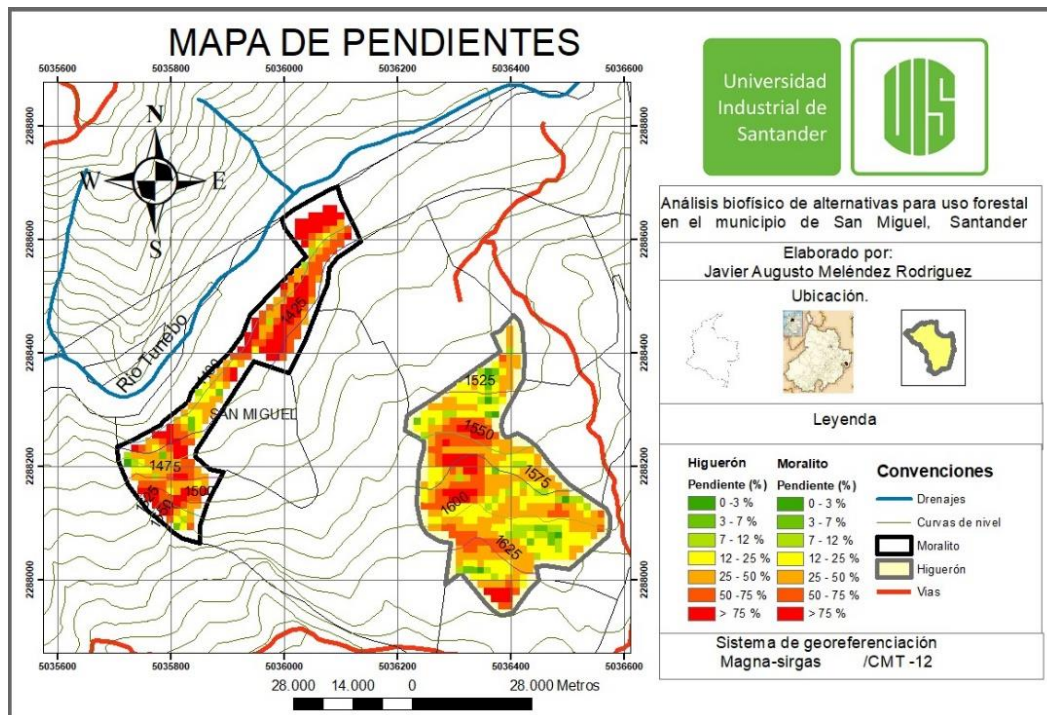
#### **Figura 4**

*Distribución de familias según la clasificación de la pendiente*



**Figura 5.**

*Mapa de pendientes finca Moralito Municipio de San Miguel*



## 4.2 Análisis oferta ambiental finca Moralito

El análisis de oferta ambiental de la finca Moralito, se presenta a partir de los recursos forestales comerciales y productos forestales no maderables disponibles, y la condición de calidad del suelo para el momento del estudio.

### 4.2.1 Recursos forestales comerciales

Los 324 individuos arbóreos censados acumulan un volumen comercial estimado de 41.74 m<sup>3</sup>/ha. Entre ellos, *Pithecellobium dulce* representa el 29.37 % del volumen total, seguido por *Albizia carbonaria* con el 17.6 %, consolidándose como las especies con mayor aporte comercial. Los 324 individuos arbóreos censados acumulan un volumen comercial estimado de 41.74 m<sup>3</sup>/ha. Entre ellos, *Pithecellobium dulce* representa el 29.37 % del volumen total, seguido por *Albizia carbonaria* con el 17.6 %, consolidándose como las especies con mayor aporte comercial. El restante 52 % del volumen se distribuye entre las demás especies registradas, con un promedio de

3.71 m<sup>3</sup>/ha. Para el cálculo del volumen, se estimó inicialmente el área basal (AB) de cada individuo, con un valor promedio de 0.03 m<sup>2</sup>, y posteriormente se aplicó la fórmula  $AB \times h \times ff$ , donde h corresponde a una altura promedio de 6 metros y ff es el factor de forma empleado para corregir la forma del tronco y aproximar el volumen real. El análisis por clases diamétricas evidenció un diámetro promedio de 19.40 cm, destacándose individuos de *Ficus citrifolia*, *Persea americana* y *Mangifera indica*. Estos resultados reflejan una baja densidad forestal, lo cual sugiere oportunidades de mejora mediante estrategias de enriquecimiento o reforestación comercial.

#### **4.2.2 Análisis PFNM**

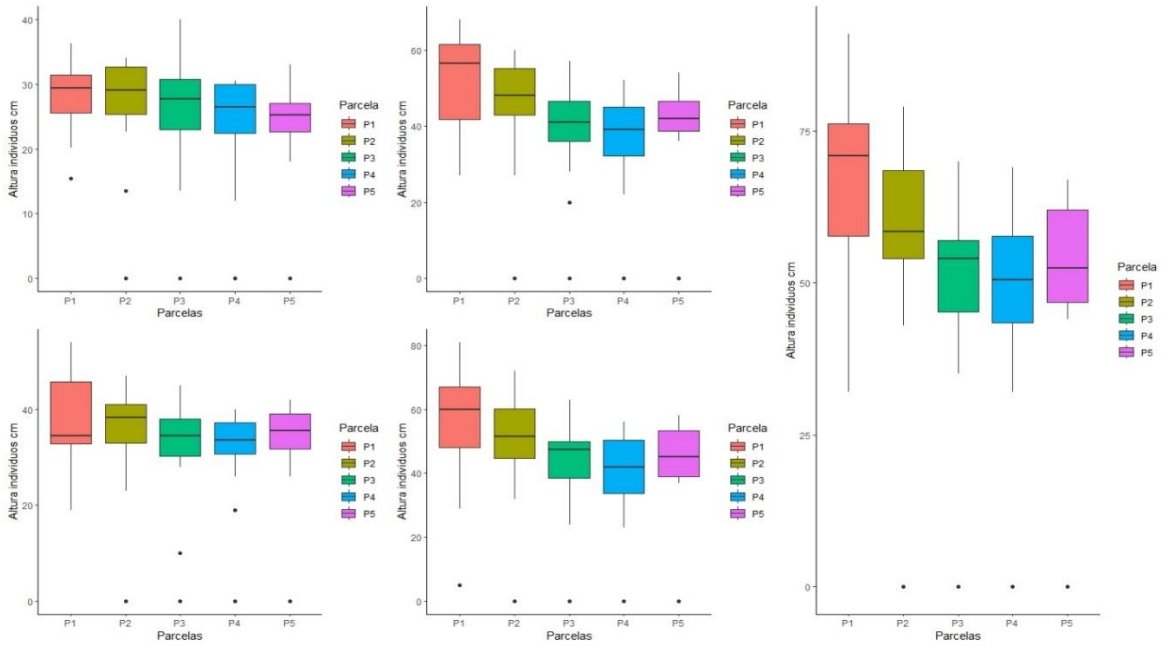
Los análisis del crecimiento en altura del Achiote (*Bixa orellana*) mostraron variaciones notables entre las cinco parcelas evaluadas. En el muestreo inicial, la mayor altura promedio se registró en la parcela P3, con 40.22 cm, mientras que, al finalizar las mediciones, fue la parcela P1 la que alcanzó el valor más alto, con 47.91 cm. Durante la tercera medición, se evidenció el mayor grado de heterogeneidad entre parcelas, lo que sugiere diferencias en las condiciones edáficas o micro ambientales. No obstante, en la quinta medición se observó una reducción de esta variabilidad, reflejando una mayor homogeneidad en el crecimiento en altura, posiblemente asociada a la adaptación progresiva de los individuos a las condiciones del sitio, Figura 6. Cabe destacar que todas las mediciones se realizaron con una periodicidad de 30 días, iniciando en el mes de agosto de 2024, lo que permitió hacer un seguimiento detallado del crecimiento a lo largo del tiempo.

En el caso de los diámetros, el diagrama de cajas muestra que estos varían entre parcelas, con algunas (como P1 y P2) presentando mayor dispersión, y otras (como P3) mostrando menos variabilidad.

La mediana también difiere entre parcelas, lo que indica diferencias en el crecimiento promedio. Además, se identifican algunos valores extremos, reflejando la diversidad en el desarrollo de los individuos dentro de cada parcela. En particular, la parcela P1 presenta una mayor variabilidad y una mediana más alta, lo que sugiere un crecimiento más favorable de los individuos, posiblemente asociado a mejores condiciones de oferta ambiental, como mayor fertilidad del suelo, mejor disponibilidad hídrica o menor competencia. Esto indicaría que P1 se encuentra en un entorno más propicio para el desarrollo de *Bixa orellana* en comparación con otras parcelas como P3 o P5, Figura 7. En cuanto al número de hojas por plántula, el diagrama de cajas muestra una distribución relativamente homogénea entre las parcelas, siendo esta la variable con menor variabilidad. En particular, durante las dos primeras lecturas no se evidenciaron diferencias marcadas entre parcelas, lo cual se refleja en la similitud de las medianas y el tamaño reducido de las cajas. Esto sugiere un comportamiento uniforme en el número de hojas, independientemente de las condiciones ambientales específicas de cada parcela. A pesar de la presencia de algunos valores extremos, el patrón general indica que esta variable se mantiene relativamente constante en todas las parcelas evaluadas, Figura 8. A pesar de ello, los datos de las lecturas P3 a P5 cambiaron a un patrón de mayor homogeneidad que nuevamente indicaron un mejor desarrollo foliar en P1, P2, P4 y P5 respectivamente donde las medias fueron de 25, 21, 18 y 18 hojas por individuo.

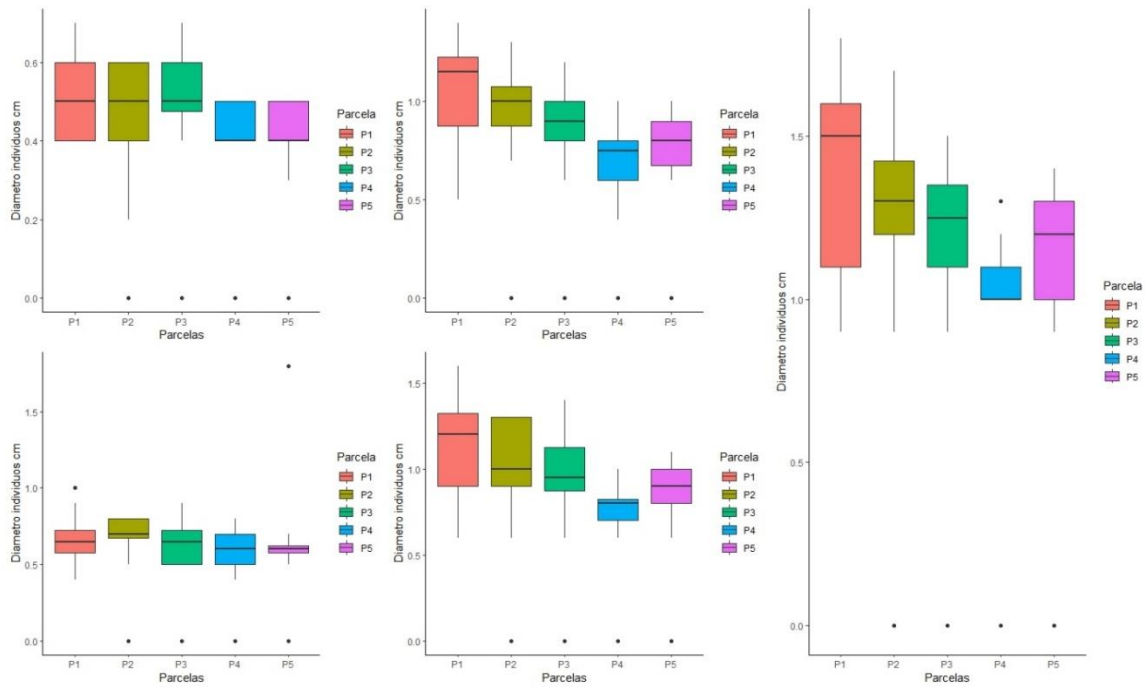
### **Figura 6**

*Diagrama de cajas para altura de Bixa orellana finca Moralito*



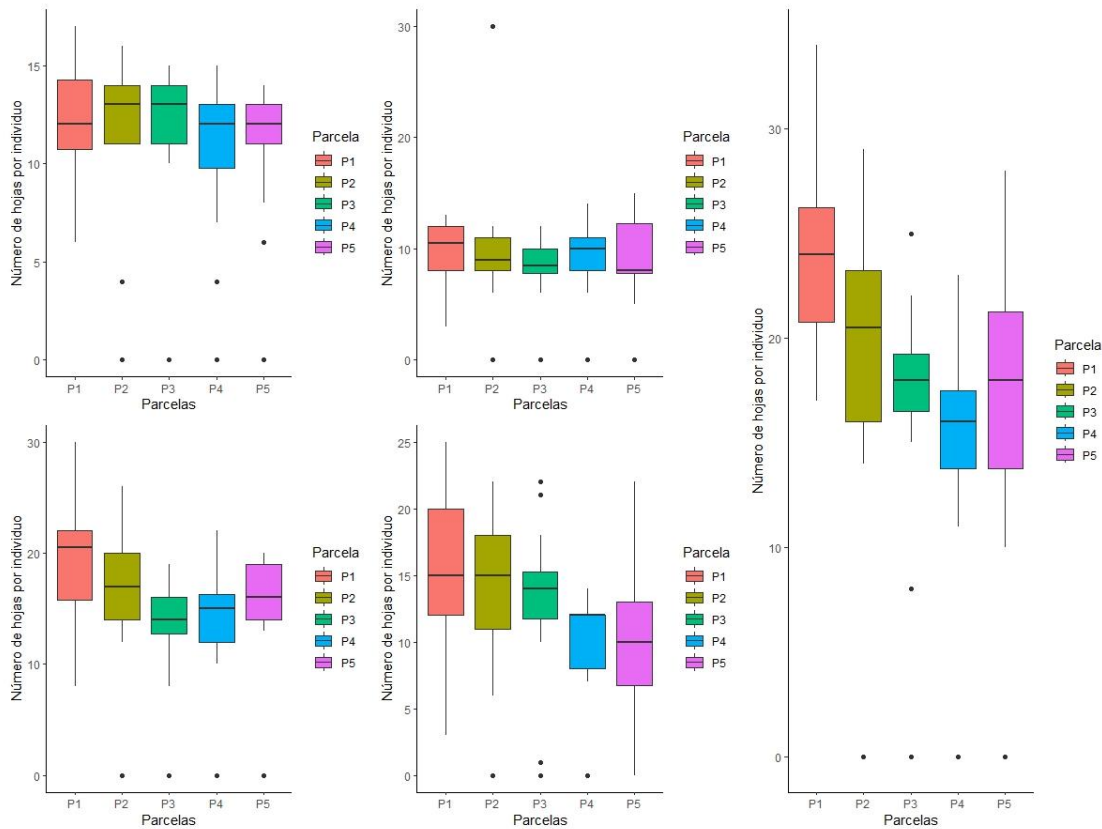
**Figura 7.**

*Diagrama de cajas para diámetros de Bixa orellana finca Morality*



**Figura 8**

*Diagrama de cajas para hojas de Bixa orellana finca Morality*



### 4.2.3 Calidad del suelo

El índice de calidad del suelo aditivo (ICSA), mostró normalidades similares en los 22 parámetros del suelo incluidos para el estudio, (Tabla 6). En tal sentido, no existe una propiedad con mayor relevancia en términos de calidad del suelo, a partir de la cual, se pueda establecer un referente inicial de manejo. Según la clasificación definida para el estudio, el suelo en la finca Moralito presenta calidad Moderada, resultado coherente con la caracterización inicialmente realiza, y que refleja las bondades y falencias para implementar actividades productivas. De esta forma, el ICSA revela un nivel intermedio de las dinámicas físicas, químicas y biológicas del suelo.

**Tabla 7**

*Índice aditivo calidad del suelo finca Moralito – San Miguel Santander.*

<b>Propiedad</b>	<b>Normalidad</b>	<b>Sumatoria</b>	<b>ICSA</b>
pH	0.5		
CO	0.5		
N	0.5		
CA	0.5		
Mg	0.5		
K	0.5		
Na	0.5		
Al	0.5		
CICE	0.5		
P	0.5		
S	0.5		
Cu	0.5	<b>11</b>	<b>0.5</b>
Fe	0.5		
Mn	0.5		
Zn	0.5		
B	0.5		
CE	0.5		
Ar	0.5		
A	0.5		
L	0.5		
H	0.5		
Da	0.5		

#### 4.3 Alternativas productivas de enfoque forestal

Las informaciones compiladas de los resultados previos, fueron integradas a un análisis de criterios para evaluar la viabilidad de la implementación de modelos agroforestales y plantaciones forestales en la finca, seleccionadas por el carácter productivo forestal.

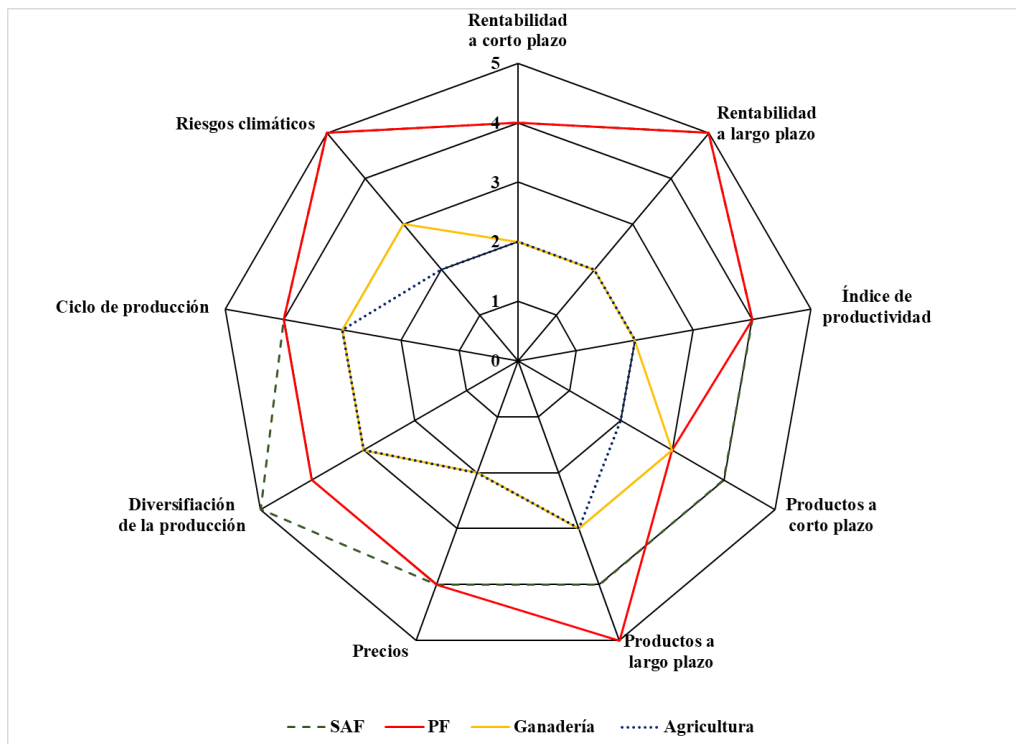
##### 4.3.1 Priorización sistemas de producción

Los análisis iniciales para priorizar el o los sistemas de producción para la finca Moralito, se enfocaron en cuatro alternativas. La valoración realizada, indica un mayor cumplimiento de criterios para sistemas agroforestales (SAF) y plantaciones forestales (PF), respecto de agricultura (A) y ganadería (G) (Figura 9). Los SAF y PF obtuvieron puntuación alta en el 100 % de los

criterios definidos, donde se destaca para SAF la rentabilidad a largo plazo, diversificación de productos y la reducción de afectación por riesgos climáticos. Para PF, los criterios de rentabilidad y productividad a largo plazo fueron los mejor valorados, sin embargo, se percibe una limitante en los retornos económicos o financieros a corto plazo de este modelo, que fue valorado con (3), como el aspecto crítico. Los modelos tradicionales en la región no sobrepasaron puntuación de 3, con algunos criterios valorados en (2) que revelan un panorama de no favorabilidad en la región. No obstante, en los diálogos realizados en las visitas tampoco se contempla su eliminación total de las fincas.

### Figura 9.

*Diagrama de radar para priorizar sistemas de producción.*

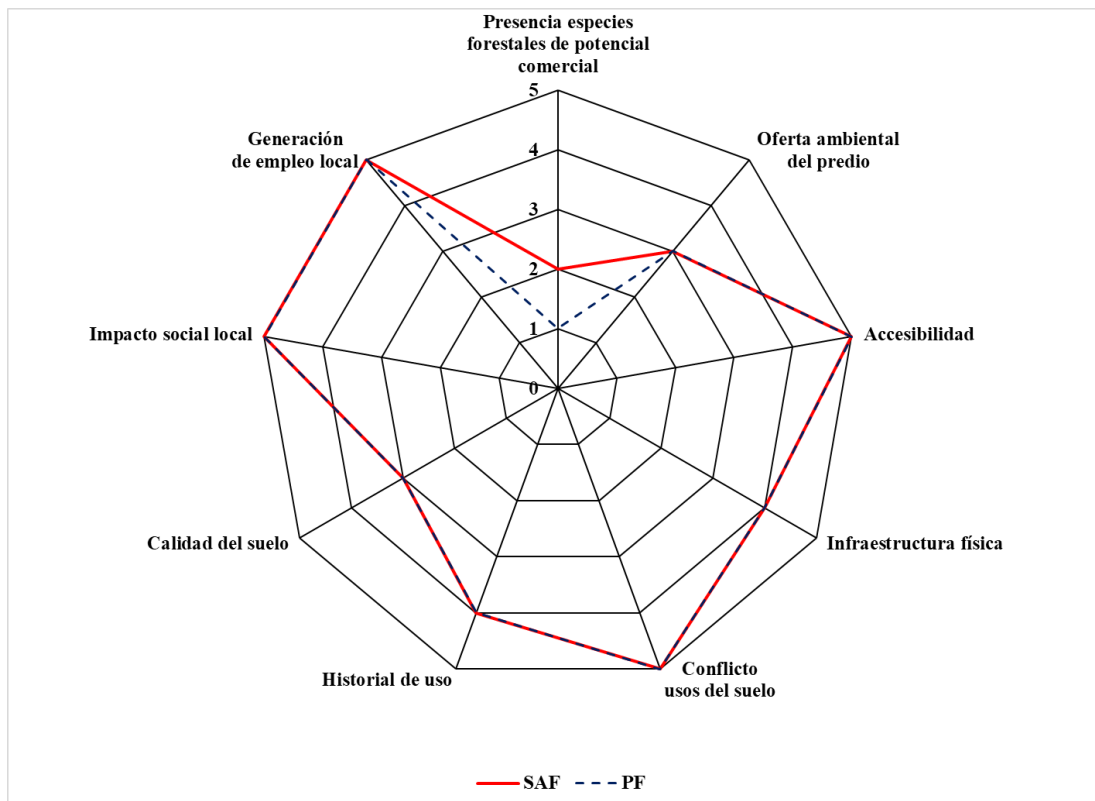


La evaluación de criterios para los dos sistemas productivos priorizados, obtuvieron puntuaciones similares en la mayoría de aspectos, Figura 9. Presencia de especies forestales y

oferta ambiental de la finca, fueron los criterios de menor puntuación para los dos modelos, con un punto crítico en PF donde a la fecha, no se cuenta con una especie forestal representativa para este tipo de alternativa. De igual forma, la calidad del suelo presentó puntuación baja producto de los resultados del ICSA estimado para la finca. No obstante, los resultados del análisis en el cultivo de *Bixa orellana* si encajan dentro de los parámetros de suelo en la finca. Los restantes criterios, fueron valorados entre cuatro a cinco puntos, que evidencia la tendencia a renovar o migrar a nuevos usos del suelo en la región. Al respecto, se destacan con ventajas para tal fin la titularidad sobre la tierra y el conocimiento pleno del historial de la misma por los propietarios.

### Figura 10.

*Diagrama de radar valoración criterios para modelos productivos priorizados*



#### 4.3.2 Usos del suelo forestal y agroforestal

### Tabla 8

*Análisis viabilidad cultivos forestales finca Moralito*

Plantación forestal	Área disponible	Material vegetal	Adaptación	Mercado	Conocimiento local
<i>Tectona grandis</i>					
<i>Eucalyptus tereticornis</i>					
<i>Eucalyptus pellita</i>					

	<i>Cumple</i>		<i>Cumple moderadamente</i>		<i>No cumple</i>
--	---------------	--	-----------------------------	--	------------------

**Tabla 9***Análisis viabilidad sistemas agroforestales finca Moralito*

Modelo agroforestal	Área disponible	Material vegetal	Adaptación	Mercado	Conocimiento local
<i>Café + Maderables</i>					
<i>Achiote + Maderables</i>					
<i>Café + Achiote + Maderables</i>					

	<i>Cumple</i>		<i>Cumple moderadamente</i>		<i>No cumple</i>
--	---------------	--	-----------------------------	--	------------------

**4.3.3 Acciones para implementación modelos de producción priorizados**

Las informaciones de las Figura 9 y Figura 10 se tomaron como punto de partida para formular acciones orientadas a la implementación de los modelos de producción priorizados como se presenta en la Tabla 9.

**Tabla 10**

*Acciones para la implementación modelos de producción priorizados finca Morality.*

<b>Sistemas Agroforestales</b>		
<b>Aspecto</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Acciones a implementar</b>
<b>Selección de especies</b>	Definir las especies arbóreas y agrícolas que integren el modelo agroforestal en la finca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de alternativas regionales, con especies como frijol.</li> <li>• Potencializar el uso de <i>Bixa orellana</i> en modelos SAF.</li> <li>• Reestructurar el actual escenario del café como especie con alto potencial de uso en la región.</li> </ul>
<b>Adecuación del suelo</b>	Realizar labores previas en el suelo, que permitan corregir las dificultades identificadas en el ICAS y la caracterización inicial en la finca.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar un protocolo de monitoreo anual del suelo.</li> <li>• Incrementar los aportes de materia orgánica.</li> <li>• Implementar, esquemas de preparación de baja mecanización.</li> </ul>
<b>Delimitación de áreas</b>	Establecer a partir de cartografía, las áreas para el establecimiento del SAF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualización cartografía de la finca</li> <li>• Caracterización de áreas potenciales</li> <li>• Evaluación de áreas con base a mapa de pendientes.</li> </ul>
<b>Material vegetal</b>	Definir el proceso de propagación de material vegetal para implementar el modelo productivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y construcción vivero</li> <li>• Acceso a germoplasma de calidad</li> <li>• Elaboración protocolos de producción material vegetal para las especies seleccionadas.</li> </ul>
<b>Diseño estructural del SAF</b>	Establecer los aspectos de diseño espacial y conceptual del modelo agroforestal, con base en las especies seleccionadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de alternativas agroforestales</li> <li>• Proyección espacial y temporal de especies en el modelo agroforestal.</li> <li>• Caracterización aspectos del modelo productivo en tiempo y espacio.</li> </ul>

<b>Análisis de interacciones</b>	Analizar las potenciales interacciones positivas y negativas, entre los elementos constituyentes del modelo agroforestal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar ventajas y desventajas de las especies seleccionadas.</li> </ul>
<b>Plan de inversión financiera</b>	Definir a largo y corto plazo el plan de inversión financiera para la implementación del modelo de agroforestal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de mercado local</li> <li>• Identificar fuentes de financiamiento</li> <li>• Acceso a recursos de apoyo gubernamental</li> </ul>
<b>Plantaciones Forestales</b>		
<b>Aspecto</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Acciones a implementar</b>
<b>Selección de especies</b>	Identificar las especies arbóreas con alto potencial comercial para el mercado de la madera en el contexto local y regional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se propone realizar estudios detallados sobre especies como <i>Tectona grandis</i> (Teca), <i>Eucalyptus pellita</i> (Eucalipto pellita) y <i>Eucalyptus tereticornis</i> (Eucalipto rojo), así como sobre especies arbóreas nativas como <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Guanacaste), <i>Cedrela odorata</i> (Cedro amargo) y <i>Guazuma ulmifolia</i> (Guácimo), debido a su capacidad para adaptarse a condiciones ambientales similares a las de los sistemas agroforestales con <i>Bixa orellana</i>.</li> </ul>
<b>Delimitación de áreas</b>	Establecer a partir de cartografía, las áreas para el establecimiento de Plantaciones forestales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualización cartografía de la finca</li> <li>• Caracterización de áreas potenciales</li> <li>• Evaluación de áreas con base a mapa de pendientes.</li> </ul>
<b>Material vegetal</b>	Definir el proceso de propagación de material vegetal para implementar el modelo productivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y construcción vivero</li> <li>• Acceso a germoplasma de calidad</li> <li>• Elaboración protocolos de producción material vegetal para la especie seleccionada.</li> <li>• Compra de material vegetal a terceros</li> </ul>
<b>Adecuación del suelo</b>	Realizar labores previas en el suelo, que permitan corregir las dificultades identificadas en el ICAS y la caracterización inicial en la finca.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar un protocolo de monitoreo anual del suelo.</li> <li>• Incrementar los aportes de materia orgánica, importante en la fase de establecimiento.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar, esquemas de preparación de baja mecanización, en plantaciones forestales subsolador.</li> </ul>
<b>Análisis de productos</b>	Proyectar según la especie selecciona el tipo de producto a comercializar al final del turno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer el tipo de producto de la plantación forestal.</li> <li>• Definir el turno final de la plantación</li> <li>• Elaborar el plan de establecimiento y manejo forestal requerido por autoridad competente.</li> </ul>
<b>Plan de inversión financiera</b>	Definir a largo y corto plazo el plan de inversión financiera para la implementación del modelo de agroforestal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de mercado local</li> <li>• Identificar fuentes de financiamiento</li> <li>• Acceso a recursos de apoyo gubernamental</li> </ul>

## 5. Discusión

La caracterización inicial de la finca Moralito a nivel de flora y suelo, revelan un escenario de usos y presiones contantes sobre estos recursos naturales, esto por la reducida área en bosque y las no favorables condiciones del suelo identificadas. Las especies forestales se caracterizan por copas aparasoladas de hojas compuestas con reducida área foliar, aspectos funcionales adaptados para las condiciones climáticas, información que concuerda con Quiroga et al. (2019) quienes indican que estos rasgos funcionales son comunes en especies ubicadas en ambientes de valles interandinos como fue el caso de las censadas. Las propiedades del suelo, indican un panorama no equilibrado para implementar actividades productivas, sobre este aspecto, estudios en García Rovira realizados por Becerra (2022) confirman estos resultados sobre la no favorabilidad según parámetros como la disponibilidad de bases intercambiable, la densidad aparente y los niveles de humedad. Los resultados del censo forestal sugieren un alto grado de fragmentación en la finca, evidenciado por la reducida área de bosque natural encontrada. Ramírez y Ayovi (2019) indican

que este patrón es frecuente en los ecosistemas secos del trópico, siendo la causa principal los esquemas de producción agrícola y pecuaria implementados sin seguir lineamientos sostenibles ni una adecuada planificación territorial.

El escaso volumen de madera en la finca se considera un punto crítico en términos forestales, con un volumen total estimado para el predio de 41.74 m<sup>3</sup>/ha. Sin embargo, este hallazgo puede ser una oportunidad para crear un escenario que promueva la implementación de fuentes alternativas de esta materia prima. En términos comerciales, el volumen estimado de madera comercializable representa un valor económico significativo. Según Sánchez et al. (2010), este tipo de situaciones puede ser una oportunidad en regiones secas, donde los ecosistemas naturales no pueden suplir la demanda de madera, lo que abre la posibilidad de desarrollar plantaciones o modelos agroforestales sostenibles. La calidad del suelo según el índice estimado para la finca concuerda con los resultados de Becerra (2022) y Gómez y Guerrero (2022), quienes también hace una clasificación como moderada de suelo de la parte baja del municipio de Málaga y en Enciso sobre el río Servita, donde estudiaron suelos de similares condiciones a las de San Miguel donde también se han realizado labores productivas agrícolas. Los análisis al cultivo de *Bixa orellana*, supone un escenario favorable de la especie como alternativa productiva en la finca, al respecto, Quiñonez y Yunda (2014), reconocen el alto grado de adaptabilidad de esta especie en suelos pesados, una realidad vista en la finca Moralito y sobre la cual se pueden definir nuevas líneas de uso del suelo.

El análisis inicial de alternativas, revela una tendencia hacia nuevos modelos de producción como sistemas agroforestales y plantaciones forestales. Este nuevo paradigma según Rodríguez-Espinosa et al. (2016), es un escenario que cada día tiene mayor acogida entre propietarios, quienes valoran los beneficios de la diversificación de productos, y estabilidad de la producción como

aspectos no posibles en los modelos tradicionales, situación que fue observada en la finca de estudio. La implementación de cultivos forestales, requieren análisis previos de tipo financiero como fue identificado para este estudio, un aspecto que Martínez et al. (2022) indican es pocas veces tenido en cuenta, por tanto, son el motivo de casos no exitosos del negocio forestal en varias regiones de Latinoamérica.

Finalmente, la comparación del Achiote (*Bixa orellana*) y el Cafeto (*Coffea sp.*) en otras regiones sugiere que el Achiote, por su adaptabilidad a suelos pobres y sequía, es más viable para San Miguel, en línea con la preferencia de los propietarios por modelos de implementación rápida y menor demanda agronómica. Así, las seis alternativas propuestas como modelos de producción son hallazgos formulados sobre información preliminar. Algunos, como los que incluyen Achiote, podrán implementarse más rápido, mientras que aquellos con especies maderables seguirán una ruta más larga para alcanzar los resultados esperados a largo plazo, según lo manifestado por los propietarios.

## 6. Conclusiones

La caracterización de la flora en la finca Moralito, permitió conocer las principales especies forestales, y los atributos fenotípicos básicos que les permiten adaptarse a las condiciones climáticas, información que contribuye al conocimiento en la región de este importante recurso natural por parte de los propietarios y comunidad en general de la vereda.

El índice de calidad del suelo estimado para la finca fue moderado, condición que no puede ser asumido como mala para la implementación de nuevos modelos de producción. Por el contrario, los datos del cultivo *Bixa orellana* pueden orientar un plan de manejo sobre el cual, es posible genera el máximo aprovechamiento en usos alternativos como sistemas agroforestales.

El bajo volumen de madera cuantificado en la finca representa una oportunidad para proyectar e implementar cultivos forestales con especies de alto valor comercial, como *Tectona grandis*, *Eucalyptus pellita* y *Eucalyptus tereticornis* propuestas con base en la información aportada por el estudio. No obstante, este aspecto requiere investigaciones complementarias para asegurar su viabilidad y sostenibilidad.

El desarrollo del trabajo de grado, confirma la importancia de la toma de decisiones a partir de informaciones recolectadas en campo, analizadas bajo múltiples parámetros como fue el caso de los datos en la finca Moralito. De esta forma, es posible que los propietarios tengan mayor grado de certeza al momento de invertir en nuevos modelos de producción.

## **7. Recomendaciones**

Estudiar a mayor nivel de detalle los relictos de bosque en la finca, con el fin de conocer aspectos de la ecología y silvicultura, que permitan establecer acciones de conservación complementarias a las de enfoque productivo.

Dar continuidad al estudio del suelo en la finca, con el fin de generar una base de datos de los diferentes parámetros edáficos, para ampliar las alternativas de modelos productivos.

Mantener el vínculo entre propietarios y la Universidad Industrial de Santander, que permita a otros estudiantes del programa ingeniería forestal desarrollar otras investigaciones en la finca, donde el potencial forestal puede ser un importante, para la generación de nuevas informaciones.

Desarrollar nuevos trabajos sobre protocolos de propagación de *Bixa orellana*, a fin de tecnificar y optimizar el actual proceso de producción del material vegetal en la finca.

### Referencias Bibliográficas

- Aguirre-Calderón, O. (2015). Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y bosques*, 21(spe), 17-28. Disponible [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712015000400002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000400002&lng=es&tlng=es).
- Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Mitchell, J. P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90, 25–45.
- Becerra, C (2022). Determinación del índice de calidad del suelo, en dos municipios de la Provincia de García Rovira Santander, Colombia. Trabajo de grado Universidad Industrial de Santander Programa de Ingeniería Forestal.
- Carro, R., & González Gómez, D. A. (2012). El sistema de producción y operaciones. <https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1606/>
- Castellanos Mendoza, N. H., & Ortiz Castro, A. M. (2009). PERFIL SOCIOECONOMICO DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, SANTANDER.
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J. y Schiavo, H. (2007). Evaluación de la calidad del suelo mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del suelo*, 25(2), 173-178.
- Castellanos, N y Ortiz, A. (2009). Minambiente. (2019) Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques. Bosques Territorio de Vida. Proyecto de grado. Repositorio Institucional Universidad Nacional Abierta y Distancia UNAD.
- Castillo, A; Capa-Mora, E; Fierro, N; Quichimbo, P; y Jiménez, S. (2020). Repercusión del saber local en el manejo y conservación del suelo en el sur del Ecuador. *Ciencia del suelo*, 38(1), 192-198.

- Corrales, E y Torres, L. (2002). Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Instituto Latinoamericano de Servicios Legales Alternativos. *Cuadernos tierra y Justicia*. 5, 1 – 49.
- Cotler, H., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S. y Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*. (83), 5-71.
- FAO. (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://doi.org/10.4060/ca8753es>
- Fedemaderas. (2022, August 27). Las plantaciones forestales comerciales – Federación Nacional de Industriales de la Madera. <https://fedemaderas.org.co/las-plantaciones-forestales-comerciales/>
- Gobernación de Santander. (2024). Plan departamental de extensión agropecuaria PDEA 2024 – 2027. Disponible: [https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2024/08/01\\_PDEA\\_Santander\\_2024.pdf](https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2024/08/01_PDEA_Santander_2024.pdf)
- Gómez, B y Guerrero C. (2022). Análisis de la actividad antrópica sobre la calidad edáfica y estado de conservación de relictos de bosque seco tropical en el municipio de Enciso Santander. Trabajo de grado Universidad Industrial de Santander Programa de Ingeniería Forestal.
- Hawker, J., Smith, M. A. E., Bell, G., & Parker, J. A. (2020). La Gestión del Suelo y los Servicios Ecosistémicos. EO4cultivar Proyecto Guía de Gestión de Colombia
- IUCN, & UNESCO. (n.d.). La importancia del patrimonio natural y cultural en nuestra sociedad — Arte Sostenible. Retrieved April 20, 2025, from <https://www.artesostenible.org/blog/la-importancia-del-patrimonio-natural-y-cultural-en-nuestra-sociedad>

- ICRAF. (1983). Sustained Agroforestry. Centro internacional de Agroforestería Tropical. Disponible. <https://www.cifor-icraf.org/publications/downloads/Publications/PDFS/RP14346.pdf>
- Jiménez, F., y Muschler, R. (1999). Introducción a los sistemas agroforestales. Disponible [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8303/Introduccion\\_a\\_la\\_agroforesteria.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8303/Introduccion_a_la_agroforesteria.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Larrouyet, M. (2015). Desarrollo sustentable. Origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. (Trabajo final integrador). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/154>.
- López, R. (2002) Degradación del suelo, causas, procesos evaluación e investigación. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental. Universidad de los Andes. Mérida Venezuela.
- Madroñero-Palacios, S y Guzmán-Hernández, T. (2018). Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias. *Revista Tecnología en Marcha*, 31 (3), 122-130. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i3.3907>
- Martinez Pastour, G., Lencinas, M. V., Cellini, J. M., Diaz, B., Peri, P., & Vukasovic, R. (2002). Herramientas disponibles para la construcción de un modelo de producción para la lenga (*Nothofagus pumilio*) bajo manejo en un gradiente de calidades de sitio. *Bosque (Valdivia)*, 23(2), 69–80. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002002000200008>
- Martínez, L; Álvarez, D; Cándano, F; Fernández; R y Díaz, A. (2022). Análisis de los costos y evaluación financiera como herramienta para la toma de decisiones en el aprovechamiento forestal. *Rev cubana ciencias forestales*.10 (2).

- Minambiente. (2018). Manejo forestal sostenible a través de la forestería comunitaria: una propuesta técnica, institucional y financiera para promover en Colombia. [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request)
- Minambiente. (2019) Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques. Bosques Territorio de Vida.
- Navia, J. (2000). Actualización profesional en manejo de recursos naturales, agricultura sostenible y pobreza rural. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal.
- Neriz, J. L., Ramis, L. F., & Bull, T. M. T. (2005). Panorama Socioeconómico. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39903003>
- Quiñones, X y Yunda, M. (2014) El achiote *Bixa orellana* L. como posible alternativa productiva para el Departamento del Meta. *Rev Sist Prod Agroecol.* 5: 1.
- Quiroga, J, Roa, H, Melo, O, Fernández, F. (2019). Estructura de fragmentos de bosque seco tropical en el sur del departamento del Tolima, Colombia. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 23 (1), 31-51. <https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.2>
- Ramírez, W; Ayovi, N. (2019) Estructura y composición arbórea del bosque seco tropical en el valle Sancán, Manabí, Ecuador. *Rev cubana ciencias forestales.* 2022, vol.10, n.2, pp. 169-181. Epub 02-Ago-2022. ISSN 2310-3469.
- Rodríguez, G. (2016). Los conflictos ambientales en Colombia y su incidencia en los territorios indígenas. Ed Universidad del Rosario. Bogotá Colombia. DOI: <http://doi.org/10.12804/tj9789587387407>
- Rodríguez-Espinosa, G. (2016). Los conflictos ambientales en Colombia y su incidencia en los territorios indígenas. 1–235.

- Sánchez, J. (2019). Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL, Libros de la CEPAL, N 158 (LC/PUB.2019/18-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2019.
- Sánchez, Z; Romo, F y Cervantes J. (2010). Evaluación financiera y de riesgo de una plantación forestal comercial en Zihuateutla, Puebla. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 16(1), 69-78. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2009.05.012>
- SENA (2013). Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos. Servicio Nacional de Aprendizaje. Centro Agropecuario “La Granja”. Regional Tolima
- Serrano-Montero, D., Gonzáles, O., Rosa, A., Aguilera, Y., y Ramírez, R. (2017). Estrategia de manejo y conservación del suelo en áreas de producción agrícola. 41–48. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28326.32325>
- Silva Pando, F. J., & Rozados Lorenzo, M. J. (2002). AGROSELVICULTURA, AGROFORESTERÍA, PRÁCTICAS AGROFORESTALES, USO MÚLTIPLE: UNA DEFINICIÓN Y UN CONCEPTO.
- Shaxson, F., y Barber, R. (2005). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo. In Boletín de suelos de la FAO.
- Somarriba, E. (1989). ¿Qué es agroforestería?. Disponible [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6962/Que\\_es\\_agroforesteria.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6962/Que_es_agroforesteria.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- UPRA. (2023). Alternativas productivas agropecuarias y análisis de mercados Priorizaciones departamentales.

- UIS. (2022). Santander, territorio de oportunidades Aportes a la agenda del Plan Nacional de Desarrollo. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. Disponible: [https://uis.edu.co/wpcontent/uploads/2022/12/PND\\_Santander\\_territorio\\_de\\_oportunidades\\_Version\\_digital.pdf](https://uis.edu.co/wpcontent/uploads/2022/12/PND_Santander_territorio_de_oportunidades_Version_digital.pdf)
- Vergara Schmalbach, J. C., Fontalvo Herrera, T. J., & Maza Ávila, F. (2010). La planeación por escenarios: Revisión de conceptos y propuestas metodológicas Scenario Planning: Review of concepts and methodological proposals (Vol. 8, Issue 2). <http://www>
- Villa, P. M., Martins, S. V., Delgado Monsanto, L., de Oliveira Neto, S. N., y Mota Cancio, N. (2015). La agroforestería como estrategia para la recuperación y conservación de reservas de carbono en bosques de la Amazonía. *Bosque* (Vol. 36, Issue 3, pp. 347–356). Universidad Austral de Chile. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300002>