



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 28 de Octubre 2019

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Paula Alejandra Cortés Cadena , con C.C. No. 1.075.295.234 y Karla Nicolle Pérez Amaya, con C.C. No. 1.075.307.694 autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado Análisis “**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO**” presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de ingenieras agrícolas ;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: *Karla Nicolle Pérez*

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: *Paula Cortés*

Vigilada Mineducación



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
CORTÉS CADENA	PAULA ALAJENADRA
PÉREZ AMAYA	KARLA NICOLLE

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
ERAZO ESPINOSA	WILSON JAVIER

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERA AGRÍCOLA

FACULTAD: INGENIERÍA

PROGRAMA O POSGRADO: AGRÍCOLA

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2019

NÚMERO DE PÁGINAS: 63

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas_X_ Fotografías_X_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general_X_ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas
o Cuadros_X_

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Word, PDF, ArcGis, Excel.

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



MATERIAL ANEXO:

Anexo B. Datos climatológicos estaciones Sevilla y El Libano.

Anexo C. Shape de municipios del departamento del Huila.

Anexo D. Mapa Poligonos de Thiessen para estaciones.

PREMIO O DISTINCIÓN *(En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):*

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Elementos mayores	Major elements	6. Compresión paralela	Parallel compression
2. Elementos menores	Minor elements	7. Compresión perpendicular	Perpendicular compression
3. Corte	Cutting	8. _____	_____
4. Flexión	Bending	9. _____	_____
5. Tensión	Tension	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos del análisis de la relación que existe entre las propiedades físico-químicas del suelo, el clima y las propiedades mecánicas de la guadua obtenida del municipio de Pitalito-Huila, para este proyecto se empleó una base de datos obtenida a partir de la recopilación de proyectos de grado realizados desde el año 2012 en donde se estudiaron propiedades mecánicas de la Guadua, además se realizaron estudios de suelos en los predios seleccionados y de acuerdo a la ubicación de los rodales se seleccionaron cinco estaciones de la base de datos del IDEAM para la obtención de datos climatológicos, sin embargo al realizar la construcción de los Polígonos de Thiessen se determinó que no era representativo incluir la variable climatológica en el estudio, por otro lado, se realizó un análisis estadístico generado a partir del procesamiento de datos de las propiedades mecánicas junto con los análisis de resultados de las pruebas físico-químicas del suelo. Esta correlación se realizó empleando el software estadístico STATA versión 15.1.

Con los resultados obtenidos se pudo concluir que en suelos arcillosos la guadua tiene un buen comportamiento cuando es sometida a compresión paralela. En cuanto a nutrición se pudo inferir que los elementos menores y micro-elementos como el cobre, hierro, zinc y Azufre, son muy influyentes en los procesos metabólicos de las plantas y protagonistas en la formación y síntesis de la lignina, polímero fenólico natural que aporta rigidez a la pared celular de las plantas leñosas como la Guadua.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This document shows the results obtained from the analysis between the physical-chemical properties of the soil, the climate and the mechanical properties of Guadua obtained from the municipality of Pitalito-Huila. In this project, a database obtained from the compilation of degree projects carried out since 2012 was used, where mechanical properties of Guadua, soil studies were also carried out in the selected properties, and according to the location of the stands, five stations were selected from the IDEAM's database to obtain climatological data. However, when making the Polygons of Thiessen, it was decided that it was not representative to include the climatological variable in the study, on the other hand, a statistical analysis was performed from the processing of mechanical properties data with the analysis of the physical-chemical tests of the soil results. This connection was made using the statistical software STATA version 15.1.

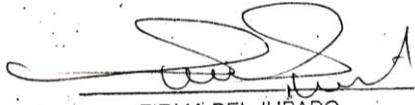
With the results obtained it could be concluded that in clay soils the Guadua has a good behavior when it is subjected to parallel compression. Regarding nutrition, it could be inferred that the minor elements and micro-elements such as copper, iron, zinc and sulfur are very influential in the metabolic processes of plants and protagonists in the formation and synthesis of lignin, a natural phenolic polymer that It provides rigidity to the cell wall of woody plants such as Guadua.

APROBACION DE LA TESIS

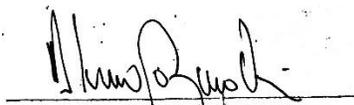
Nombre Director de Proyecto:

Wilson J. Eraso E

Nombre Jurado: Mauricio Duarte Toro


FIRMA DEL JURADO

Nombre Jurado: Álvaro Lozano Osorio


FIRMA DEL JURADO

**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA *GUADUA*
ANGUSTIFOLIA Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES
CLIMÁTICAS Y PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO**

PAULA ALEJANDRA CORTÉS CADENA

KARLA NICOLLE PÉREZ AMAYA



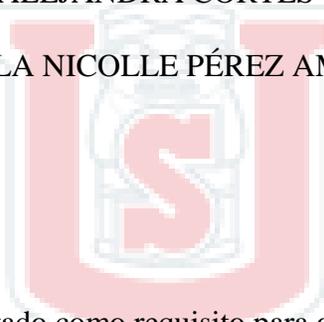
UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
2019

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA *GUADUA ANGUSTIFOLIA*
Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS DEL SUELO

PAULA ALEJANDRA CORTÉS CADENA

KARLA NICOLLE PÉREZ AMAYA



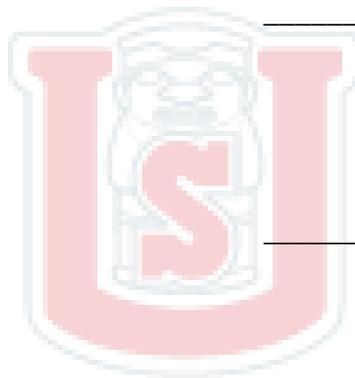
Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniera
Agrícola

UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA

Director:
M.Sc WILSON JAVIER ERAZO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
2019

Nota de aceptación



Jurado

Jurado

UNIVERSIDAD _____
Director
SURCOLOMBIANA

Neiva, Octubre de 2019.

DEDICATORIAS

A Dios...

Por darme la vida, por permitirme vivir y llegar hasta este momento tan especial e importante en mi formación como personal y profesional. Por fortalecerme en momentos de dificultad, por ser mi guía e iluminar mi camino.

A mis padres...

Por ser los principales promotores y cómplices en todos mis sueños. Por su infinito amor, dedicación y esfuerzo. Gracias a ustedes soy quien soy y orgullosamente Mario y Edith les digo que son mi mayor inspiración para seguir trazando mi camino en la vida. Los amo infinitamente.

A mi hermana...

Por su cariño y apoyo moral, por llenarme de valentía en momentos adversos, por su compañía en todo momento. Te amo con todo mi corazón.

A mi familia...

Por sus oraciones, sabios consejos y palabras de aliento. Quiero manifestarles que me siento bendecida y privilegiada por la hermosa familia que el cielo me ha dado. Los adoro.

A mis amigos...

Por todos y cada uno de los momentos vividos durante nuestra formación. Por su colaboración, apoyo y comprensión. Los llevaré siempre en mi corazón hermanos de la vida.

Paula Alejandra Cortés Cadena

A mis padres...

Por el apoyo incondicional en todo este proceso, en la vida, por formarme con amor y esfuerzo, por ayudarme a crecer como persona y como profesional, son los mejores padres del mundo, los amo.

A mis amigos...

A todas esas personas excepcionales que conocí por mi pasó en la universidad, todos tienen un espacio en mi corazón, a mi amiga Yetzu que fue la mejor amiga que pude conocer, al sujeto Y por ser incondicional, a mis amigos del alma Valen, Richar, Angie, Leo y Santi.

A mi primer Jefe...

Ingeniero Posada, gracias por compartir todos sus conocimientos conmigo, por ser un ejemplo de persona y de profesional, siempre lo llevaré en el corazón.

Karla Nicolle Pérez Amaya

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan su agradecimiento a:

Dios, por sus infinitas bendiciones.

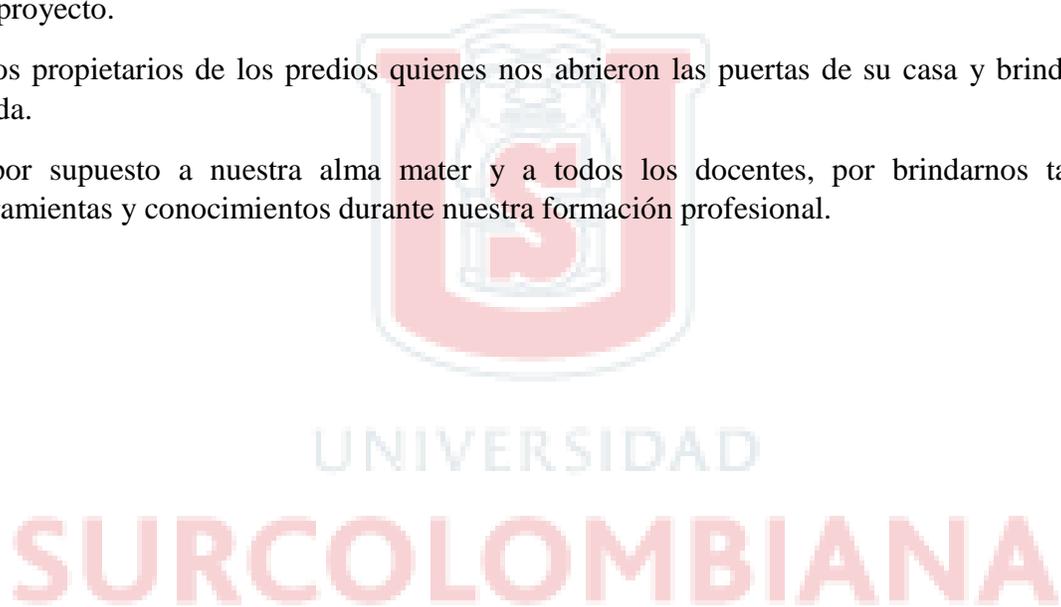
Sus familias por el apoyo emocional, moral y económico.

El director del proyecto Wilson Javier Erazo, principal colaborador durante todo este proceso, gracias a sus conocimiento, compromiso, apoyo y comprensión se logró la ejecución de este proyecto a cabalidad.

Al MSc. Fernando González Leiva por su orientación y colaboración durante la ejecución del proyecto.

A los propietarios de los predios quienes nos abrieron las puertas de su casa y brindaron ayuda.

Y por supuesto a nuestra alma mater y a todos los docentes, por brindarnos tantas herramientas y conocimientos durante nuestra formación profesional.



CONTENIDO

Pág.

RESUMEN	
1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	
1. OBJETIVOS.....	14
1.1. Objetivo general.....	14
1.2. Objetivos específicos.....	14
2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	15
3.1 Morfología.....	15
3.2. Taxonomía y Anatomía.....	18
3.3. La guadua y su uso como material para la construcción.....	20
3.4. Climatología.....	24
3.5. La nutrición en la guadua.....	25
3. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Localización.....	28
3.2. Metodología para la toma de muestras de y análisis físico-químico de muestras de suelo	30
3.3. Metodología para análisis climatológico.....	31
3.4. Metodología de análisis estadístico.....	33
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	35
4.1. Análisis climatológico.....	35
4.2. Análisis entre propiedades mecánicas de la guadua y propiedades edáficas..	36
5. CONCLUSIONES.....	42
6. RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Prueba de múltiples rangos para resistencia a cada una de las propiedades mecánicas por zona.....	23
Tabla 2. Factores climáticos que condicionan el crecimiento de la Guadua.....	25
Tabla 3. Factores edáficos que condicionan el crecimiento de la Guadua.....	27
Tabla 4. Propiedades químicas y físicas del suelo y métodos para su determinación....	30
Tabla 5. Localización de las zonas de estudio en Pitalito y Timaná.....	31
Tabla 6. Localización de las estaciones climatológicas aledañas a la zona de estudio...	32
Tabla 7. Interpretación del Coeficiente de Correlación.....	34
Tabla 8. Correlación de Pearson entre propiedades edáficas y propiedades mecánicas de la <i>Guadua angustifolia Kunth</i>	36

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Grafica de valoración de análisis químicos del suelo para los predios estudiados.....	39

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Partes de una guadua.....	17
<i>Figura 2.</i> Haces vasculares de la sección interior (a), media (b) y exterior (c) del culmo; los tejidos que lo componen son las fibras (d), protoxilema (e), el metaxilema (f), el floema (g) y el parénquima (h).....	18
<i>Figura 3.</i> Taxonomía de la Guadua.....	19
<i>Figura 4.</i> Construcción de vivienda con Guadua y Bambú.....	21
<i>Figura 5.</i> Distribución de bambúes a nivel mundial.....	24
<i>Figura 6.</i> Etapas para el desarrollo del proyecto.....	28
<i>Figura 7.</i> Ubicación de los municipios de estudio.....	29
<i>Figura 8.</i> Ubicación de los rodales donde se tomaron las muestras de suelo.....	30
<i>Figura 9.</i> Polígonos de Thiessen.....	33
<i>Figura 10.</i> Polígonos de Thiessen para zonas de estudio climatológico.....	35

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Resultado análisis químicos de suelos.....	49
ANEXO E. Resultados de pruebas de propiedades mecánicas.....	50



RESUMEN

A raíz de la creciente demanda de la guadua como material estructural, se hace necesaria la investigación desde todos los factores que inciden en la calidad final del producto entre ellos las propiedades edáficas y climáticas que permiten obtener un producto de mejores propiedades mecánicas para suplir los requerimientos del mercado. Continuando con una serie de estudios realizados por el grupo de investigación CONSTRU-USCO en el sur del departamento del Huila, con este proyecto se obtuvo un análisis correlativo entre el comportamiento mecánico de la *Guadua angustifolia* cuando es sometida a esfuerzos como compresión perpendicular, corte, compresión paralela, tensión, flexión y las propiedades físicas y químicas del suelo y los factores climáticos.

Para este proyecto se recopilaron una serie de datos obtenidos a partir de las investigaciones relacionadas a las propiedades mecánicas de la Guadua, proyectos desarrollados por CONSTRU-USCO en zonas estratégicas ubicadas al sur del departamento del Huila específicamente en el municipio de Pitalito; en estos predios se hizo un muestreo y análisis de suelos y estratégicamente se seleccionaron estaciones climatológicas y se solicitó información al IDEAM de precipitación, humedad relativa, brillo solar, y temperatura; sin embargo, gracias a la construcción de polígonos de Thiessen se determinó que no era representativo incluir datos climáticos al análisis de correlación. Se seleccionó como método estadístico el coeficiente de correlación de Pearson para determinar el grado de relación que existe entre las propiedades mecánicas de la Guadua y las características edáficas del suelo; para ello se empleó el software STATA 15.1.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la Guadua al considerarse como un cultivo, material no convencional y versátil para construcciones, su comportamiento mecánico es importante y debe garantizarse acondicionando su medio de crecimiento, es decir, el suelo. Esta gramínea tiende a ser resistente a esfuerzos como tensión, corte, compresión perpendicular y flexión cuando en el suelo predominan los limos y las arenas. En suelos arcillosos la guadua tiene un buen comportamiento cuando es sometida a compresión paralela. En cuanto a nutrición se pudo inferir que los elementos menores y microelementos como el cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn) y Azufre (S), son muy influyentes en los procesos metabólicos de las plantas y protagonistas en la formación y síntesis de la lignina, polímero fenólico natural que aporta rigidez a la pared celular de las plantas leñosas como la Guadua.

ABSTRACT

Following the growing demand for guadua as a structural material, research is necessary from all factors that affect the final quality of the product, including edaphic and climatic properties that allow obtaining a product with better mechanical properties to meet the requirements From the market. Continuing with a series of studies carried out by the CONSTRU-USCO research group in the south of the department of Huila, with this project a correlative analysis was obtained between the mechanical behavior of the *Guadua angustifolia* when subjected to efforts such as perpendicular compression, cutting, parallel compression, tension, bending and the physical and chemical properties of the soil and climatic factors.

For this project, a series of data obtained from the investigations related to the mechanical properties of the Guadua, projects developed by CONSTRU-USCO in strategic areas located south of the department of Huila specifically in the municipality of Pitalito; Soil sampling and analysis was carried out on these properties and climate stations were strategically selected and information was requested from the IDEAM of precipitation, relative humidity, solar brightness, and temperature, however, thanks to the construction of Thiessen polygons, it was determined that no It was representative to include climatic data to the correlation analysis. Pearson's correlation coefficient was selected as a statistical method to determine the degree of relationship between the mechanical properties of the Guadua and the soil characteristics of the soil; The STATA 15.1 software was used for this.

According to the results obtained, the Guadua considered as a crop, unconventional and versatile material for construction, its mechanical behavior is important and must be guaranteed by conditioning its growth medium, that is, the soil. This grass tends to be resistant to stresses such as tension, cutting, perpendicular compression and flexion when silts and sands predominate on the ground. In clayey soils, guadua has a good behavior when subjected to parallel compression. Regarding nutrition, it could be inferred that the minor elements and microelements such as copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn) and Sulfur (S), are very influential in the metabolic processes of plants and protagonists in the formation and synthesis of lignin, a natural phenolic polymer that provides stiffness to the cell wall of woody plants such as Guadua.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La guadua en Colombia es una especie vegetal que ha tenido un sinnúmero de usos principalmente en la construcción desde la época colonial, no solamente en viviendas sino como material para la elaboración de herramientas útiles como muebles, artesanías, puentes, cubiertas, en la agricultura, entre otros. La investigación en bambú se ha incrementado buscando convertirlos en materiales ampliamente aceptados y difundidos, considerando las grandes ventajas estructurales y ambientales así como también sociales que conllevan la producción de esta gramínea. (Rojas, 2013).

La guadua presenta una alta distribución geográfica debido a su gran adaptabilidad a diferentes frentes climatológicos, pese a esto su crecimiento y desarrollo no son uniformes en todos los lugares. Al respecto, en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) Capítulo G.12 “estructuras de guadua”, donde se establecen los esfuerzos admisibles, módulos de elasticidad y factores de reducción, para las diferentes sollicitaciones y condiciones de carga en el diseño de estructuras, se contempla únicamente información basada en estudios realizados en los departamentos del Eje cafetero y Cundinamarca, sin tener en cuenta la variabilidad en las condiciones de sitio que se puedan presentar respecto a otras regiones, especialmente en lo relacionado con factores climáticos y edáficos, (Duarte, *et al.*, 2016).

La demanda de guadua como material estructural hace necesario que se lleven a cabo estudios en el sector que permitan obtener un producto de valor agregado con mejores propiedades mecánicas con el objetivo de suplir los requerimientos de la industria e incentivar la propagación y conservación de esta especie, obteniendo además de beneficios económicos, todos los beneficios ecológicos que brinda un cultivo de guadua.

Se han realizado estudios como los de Capera & Erazo (2012); Alarcón & Olarte (2013) Osorio & Sapuyes (2017) en el departamento del Huila; quienes determinaron los esfuerzos a compresión paralela, a flexión y tensión respectivamente. Según Duarte, *et al.*, (2016), los factores edáficos, es decir las características físico-químicas del suelo tienen incidencia en las propiedades físico-mecánicas de la *Guadua angustifolia Kunth* del municipio de Pitalito, en cuanto se refiere a los valores de esfuerzo a la compresión y tensión.

Teniendo en cuenta la variabilidad de suelos en zonas tropicales y de acuerdo a los valores experimentales que obtuvieron Duarte, *et al.*, (2016), es necesario un nuevo estudio para ampliar e incluir los nuevos valores de esfuerzos ya mencionados. Específicamente se pretende resolver con la presente investigación ¿qué relación existe entre las propiedades edáficas y climáticas con las propiedades físico-mecánicas de la guadua?, ¿es posible mejorar las características de un suelo determinando sus deficiencias, para la obtención de un material vegetal de buena calidad para el sector de la construcción?

Al resolver estos interrogantes, habrá una posibilidad de formular planes de manejo para el uso eficiente del suelo y los recursos naturales dentro del marco de “Gestión del recurso forestal” que plantea el Departamento Administrativo de Planeación para el Plan de Desarrollo 2016-2019; pues el Huila es una región de clima y suelos aptos para una amplia variedad de cultivos como la guadua, producto con gran potencial para incursionar en el sector económico. Esta gramínea es un recurso vegetal que permitiría estrechar la brecha entre la población rural-urbana y avanzar hacia la superación de la pobreza.



1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Evaluar la incidencia de las propiedades físico-químicas de los suelos y las variables meteorológicas sobre las propiedades mecánicas de la guadua tales como el esfuerzo a flexión, corte, compresión y a tensión paralela a la fibra de muestras de *Guadua angustifolia Kunth* previamente caracterizadas.

1.2. Objetivos específicos

- Realizar el muestreo de los suelos en los predios previamente identificados para el estudio de la guadua.
- Interpretar los resultados de las pruebas físicas y químicas de las muestras de suelos obtenidos en el laboratorio
- Relacionar las variables analizadas con la información previamente conocida de la guadua mediante un análisis estadístico inferencial.
- Analizar las variables meteorológicas de cada una de las zonas de estudio.
- Generar una relación entre las variables meteorológicas de las zonas de estudio y las propiedades mecánicas de la guadua.
- Dar a conocer los resultados obtenidos a la comunidad.

UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. MORFOLOGÍA

Los bambúes son plantas que cuentan con una gran variedad morfológica, es por esta razón que alrededor del mundo es posible encontrar algunos con grandes diámetros y tallos herbáceos hasta de 30 metros de altura y tallos leñosos. Las estructuras a las que se les ha dado mayor importancia son: el rizoma, el culmo, la yema, las ramas, las hojas caulinares y el follaje, (Londoño, 2002).

2.1.1. Rizomas

Se denomina rizoma a las raíces o sea parte subterránea de la planta, el cual le da anclaje, almacena nutrientes y constituye el fundamento estructural de la planta; además de que se utiliza como “semilla” para la reproducción asexual, (Montiel, 1998).

Según la ramificación del rizoma, McClure (1925), propuso los términos simpodial y monopodial para los dos grandes tipos de sistemas radiculares de los bambúes, luego McClure (1967), cambió estos términos por paquimórfico y leptomórfico.

Este es, por lo general, subterráneo; adquiere diferentes formas y hábitos de crecimiento de acuerdo al género. Los paquimórficos son fusiformes, cortos, gruesos, sólidos y promueven el crecimiento de los culmos en grupos o cepas aglutinadas. Su cuello puede ser corto o largo; sus yemas laterales solo producen más rizomas y las yemas axilares solo culmos.

El tipo leptomórfico son rizomas largos y delgados y raramente sólidos, sus yemas laterales, por lo general, están dormidos, por el contrario, solamente producen culmos. Pocos producen rizomas y su cuello siempre es corto. Este tipo promueve el crecimiento de los culmos en cepas abiertas o culmos aislados.

Unas pocas especies presentan una mezcla de los dos tipos de rizomas y son denominados anfipodiales (McClure, 1976). Los tallos o culmos de este tercer tipo son proyecciones del rizoma de forma cilíndrica con entrenudos huecos separados transversalmente por los nudos que le dan rigidez. Pueden ser estrictamente rectos o con tendencia a arquearse en la parte media terminal, llegando a medir hasta 30 m y más, (Montiel, 1998).

2.1.2. Culmo

Es el eje aéreo segmentado que emerge del rizoma. El culmo consta de cuello, nudos y entrenudos. Se le denomina cuello a la parte de unión entre el rizoma y el culmo; nudo a los puntos de unión de los entrenudos; y entrenudo a la porción del culmo comprendida entre dos nudos. Con relación al hábito de los culmos, los bambúes se pueden agrupar en: a) estrictamente erectos, b) erectos pero arqueados en la punta, c) estrictamente ascendentes y trepadores, y d) erectos en la base y ascendentes en la parte superior, (Londoño, 2002).

2.1.3. Yema

Esta siempre protegida por un profilo, puede ser activa o inactiva, de carácter vegetativo o reproductivo. En el culmo las yemas se localizan por encima de la línea nodal y en posición dística; rompen su inactividad generalmente cuando el culmo ha completado el crecimiento apical. En algunos bambúes las yemas basales permanecen dormidas indefinidamente mientras que en otros son las yemas del 1/3 medio las que no se desarrollan; a veces hay ausencia total de yemas en el primer tercio o en las 3/4 partes del culmo, (Londoño, 2002).

2.1.4. Complemento de ramas.

Las ramas se originan en la línea nodal, por encima de esta o sobre un promontorio. Su número y organización varían mucho. Existe desde una rama hasta más de 100 ramas por nudo, dispuestas en forma de abanico, con una rama central dominante o sin ella. En su inicio, la ramificación puede ser extra-vaginal, cuando emerge a través de la base de la hoja caulinar o intra-vaginal, cuando emerge por dentro de la hoja caulinar sin romperla, también puede ser infra-vaginal, cuando emerge por debajo de la base de la vaina sin romperla. La ramificación de los bambúes varía mucho durante los diferentes estados de desarrollo de la planta, sin embargo, la forma más típica de ramificación se observa en la parte media de los culmos adultos. En algunos bambúes las ramas basales se modifican y llegan a transformarse en espinas como sucede en la mayoría de las especies de Guadua, (Londoño, 2002).

2.1.5. Hoja caulinar.

Es la estructura que nace en cada nudo del culmo y tiene como función proteger la yema que da origen a las ramas y al follaje. Presenta cambios progresivos en su tamaño, forma, consistencia y vestimento a lo largo del culmo. Las que se encuentran en la porción media del culmo se consideran las más características de la especie. Las hojas caulinares pueden ser persistentes o deciduas, y en una misma especie se pueden observar hojas persistentes en la base y deciduas en la porción superior. Una hoja caulinar está constituida por dos partes: la vaina o parte basal y la lámina o parte distal. Además de estas dos estructuras presenta: apéndices como aurículas y fimbrias, lígula interna que es la estructura de unión entre la vaina y la lámina, y en ciertas ocasiones una faja o anillo en la base de la vaina que le sujeta fuertemente al culmo. La lámina puede ser persistente, decidua, continua o discontinua con la vaina, (Londoño, 2002).

2.1.6. Follaje.

Es la principal fuente de elaboración de alimento en la planta. En la mayoría de las gramíneas la hoja está constituida por vaina, lámina, y apéndices como aurículas y fimbrias. La lámina es una estructura que varía mucho en tamaño y forma, las hay desde muy pequeñas, hasta muy grandes y desde lineares hasta triangular-lanceoladas, (Londoño, 2002).

En la figura 1 se presentan los usos que se le da a cada una de las partes que conforman la guadua.

	DESCRIPCIÓN	UTILIZACIÓN
COPA	Parte apical de la guadua con una longitud de 1,20 a 2,00 m.	Se repica en el suelo del guadua como aporte de materia orgánica.
VARILLON	Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3 metros.	Se utiliza en la construcción como correa de techos con tejas de barro o de paja. Se emplea como tutor en cultivos transitorios.
SOBREBASA	Es un tramo de guadua con buen comercio debido a su diámetro, que permite un uso variado. Posee una longitud aproximada de 4 metros.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción. También se emplea como viguetas para formaletear planchas y como postes de espalderas en cultivos.
BASA	Parte de la guadua que mayores usos tiene, debido a su diámetro intermedio. Es la sección más comercial de la guadua. La longitud es de 8 metros aproximadamente.	De esta sección se elabora generalmente la esterilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y formaletas de planchas. Esta parte se utiliza como vigas y columnas en construcciones nuevas de guadua.
CEPA	Sección basal del culmo de mayor diámetro, debido a sus entrenudos más cortos proporciona una mayor resistencia y tiene una longitud de 3 metros.	Se utiliza como columnas en construcción y para cercos.
RIZOMA	Es un tallo modificado, subterráneo, que se conoce popularmente como "cairnán"	En decoración, muebles y juegos infantiles.

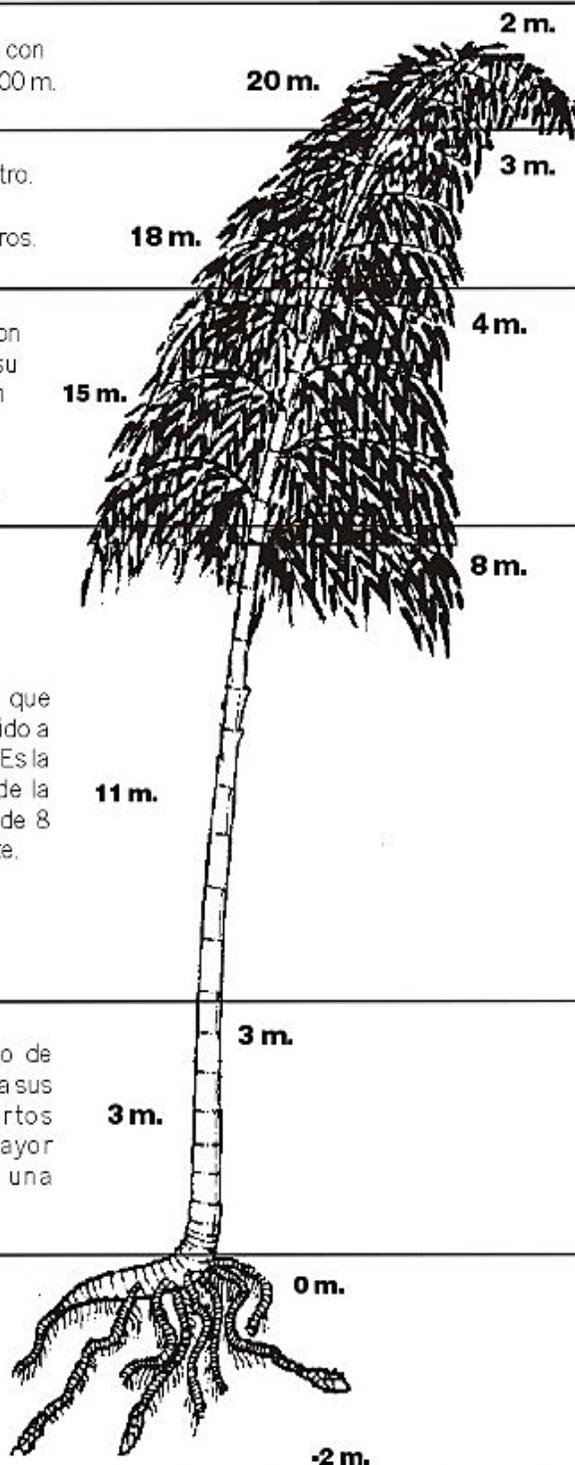


Figura 1. Partes de una guadua
Fuente: (Cely, 2011).

2.2. TAXONOMÍA Y ANATOMÍA

Las propiedades de los culmos de bambú están determinados por su estructura anatómica, puesto que de ella se definen las propiedades mecánicas y por tanto el uso que se le quiere dar al material, (Liese, 1998).

Anatómicamente, el bambú es muy diferente de la madera proveniente de gimnospermas y angiospermas dicotiledóneas, esto debido a que su crecimiento ocurre solo de forma longitudinal, mientras que en los árboles se da de forma radial y longitudinal, (Kumar, *et al.*, 1994).

Por otra parte, carecen de tejido de cambium y por eso no presentan crecimiento secundario o incremento en el diámetro, solo cuentan con crecimiento primario o apical. En los entrenudos las células están axialmente orientadas, mientras que los nudos proveen la interconexión transversal. El tejido del culmo consiste de células parenquimatosas, de haces vasculares, y de fibras. Las células parenquimatosas constituyen la base del tejido y son en su mayoría verticalmente alargadas. Los haces vasculares están compuestos por: un xilema que cuenta con 2 grandes metaxilemas y, 1 o 2 más pequeños elementos del protoxilema (vasos); además cuenta con un floema con paredes delgadas y tubos fibrosos sin lignificar, los cuales están conectados a las células acompañantes o fibras, esto se puede observar en la figura 2, (Londoño, 2002).

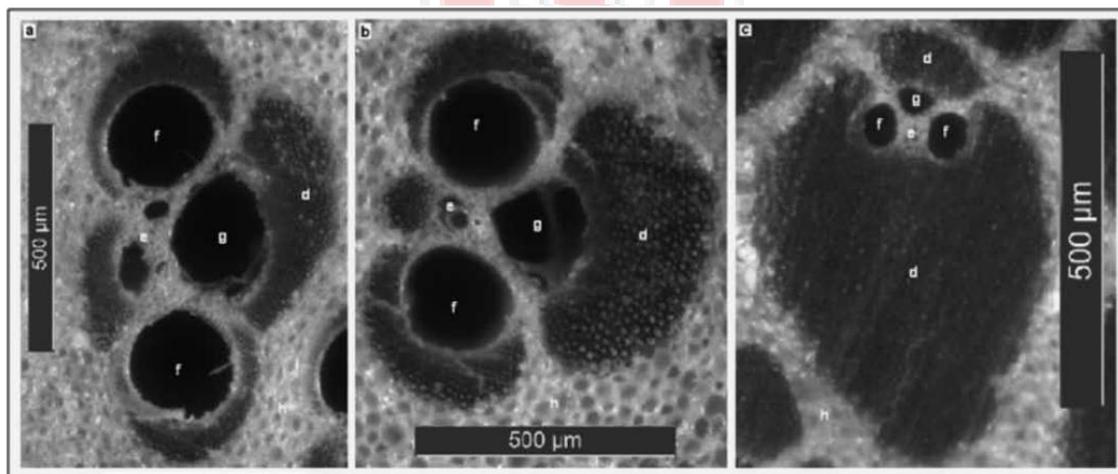


Figura 2. Haces vasculares de la sección interior (a), media (b) y exterior (c) del culmo; los tejidos que lo componen son las fibras (d), protoxilema (e), el metaxilema (f), el floema (g) y el parénquima (h).

Fuente: (Zaragoza-Hernández, *et al.*, 2014).

La estructura interna de los bambúes se encuentra conformada por una matriz de parénquima y haces vasculares, los cuales se componen a su vez de tejido conductivo, células de parénquima y de fibras (Osorio, *et al.*, 2007). En una investigación desarrollada en la zona cafetera de Colombia realizada por (Londoño, *et al.*, 2002), se determinó que la *Guadua angustifolia* Kunth cuenta en promedio con un 40% de fibras, un 51% de tejido de parénquima y un 9% de tejido conductivo.

En cuanto a la taxonomía, los bambúes se han dividido en dos grandes grupos o supertribus: 1) los bambúes herbáceos u Olyrodae, y 2) los bambúes leñosos o Bambusodae, Según Londoño (2002), se sabe que la mayoría de las especies de Guadua fueron originalmente descritas como Bambusa, sin embargo, al analizar la anatomía de la lámina foliar y la morfología, se puede afirmar que estos bambúes nativos de América tropical no pueden ubicarse ni dentro del género Bambusa, ni dentro de la sub-tribu Bambusinae sino que constituyen su propio género, Guadua, y su propia sub-tribu, Guaduinae (ver figura 3). Los caracteres que diferencian a Guadua del resto de bambúes son: (1) hoja caulinar en forma triangular con los bordes de la vaina y de la lámina continua o casi continua; (2) banda de pelos blancos y cortos arriba y abajo de la línea nodal; (3) presencia de estomas por el haz y por el envés de la lámina foliar; (4) presencia de papilas asociadas con estomas por el haz de la lámina foliar; (5) palea de textura firme con quillas aladas; y (6) cuerpos silíceos en forma de silla de montar, angostos y alargados. El carácter de las espinas, aunque es muy constante, no se puede considerar un carácter genérico sino específico. La mayoría de las poblaciones de guadua crecen entre 0-1500 m.s.n.m ocupando diversos hábitats, sin embargo, es frecuente observarlas a orillas de los ríos y quebradas, y en los valles interandinos en donde forma grandes sociedades llamadas "guadales".

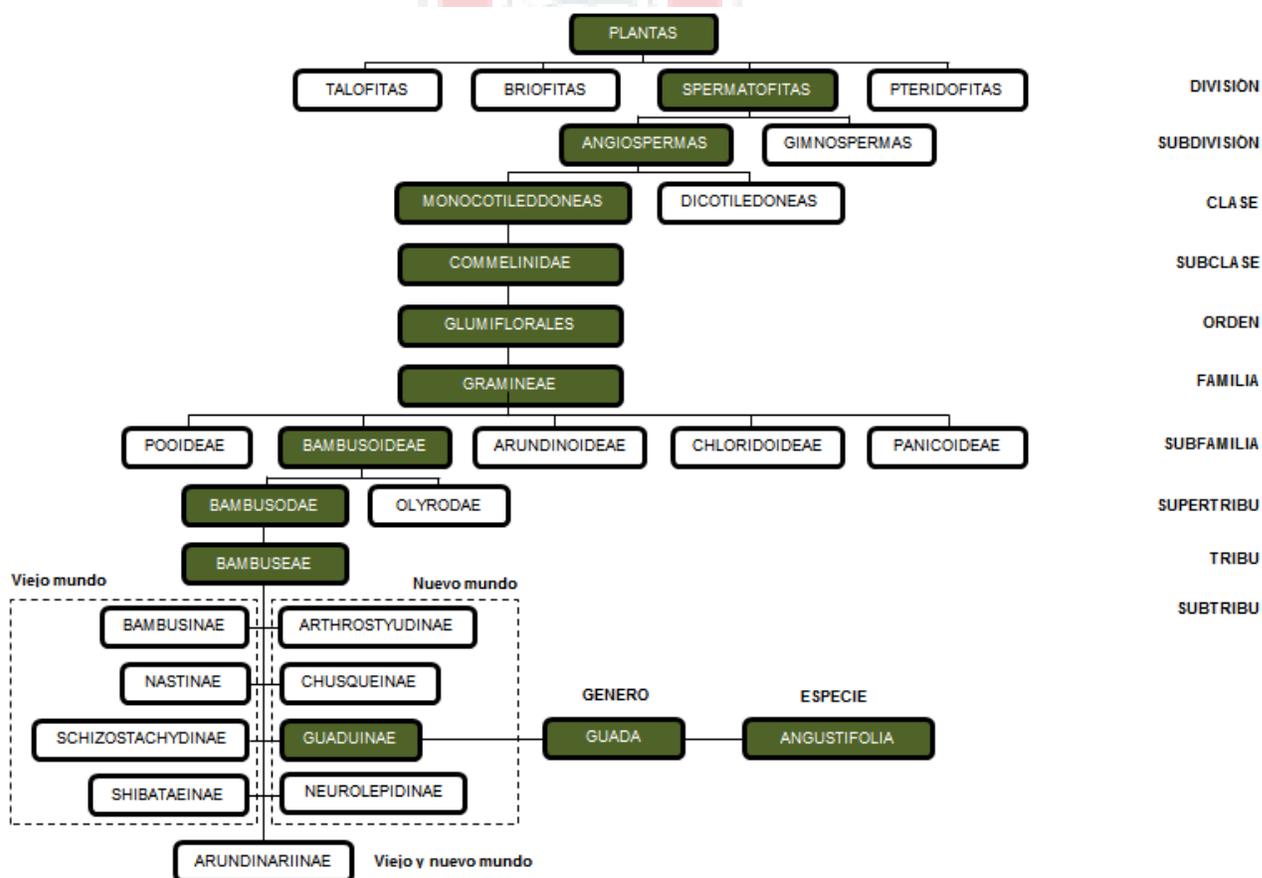


Figura 3. Taxonomía de la Guadua
Fuente: Capera & Erazo, 2012.

Respecto a los resultados encontrados entre la relación que tiene las propiedades mecánicas de la guadua con su anatomía y taxonomía, se puede citar el trabajo realizado por (Guarín, 2004) en donde se encontró que los valores de resistencia a compresión paralela a las fibras son directamente proporcionales a la densidad del material, encontrándose que para una variación de aproximadamente 0,4 g/cm³ se presentan diferencias de hasta 4 veces en la resistencia, por lo que el autor concluye que las características anatómicas de los materiales biológicos tienen gran influencia en su comportamiento mecánico, lo anterior es claro cuando se comparan los valores de resistencia a compresión paralela a las fibras entre las zonas periférica e interior, donde la primera tiene aproximadamente una resistencia 4 veces superior a la presentada en la zona interior.

También es importante mencionar el trabajo realizado por (Osorio, *et al.*, 2007), en donde determinaron que la resistencia a la flexión cambia según la sección (basa y cepa), de forma radial (externa, media e interna), por la presencia de nudos y por la dirección de aplicación de la carga, presentándose diferencias significativas en cada uno de los resultados obtenidos bajo la influencia de dichas variables, además, cabe resaltar que la resistencia a la tensión también se ve afectada por la sección, la posición radial y por la presencia de nudos, presentándose diferencias significativas en cada uno de los valores obtenidos bajo la influencia de dichas variables.

2.3. LA GUADUA Y SU USO COMO MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN

La guadua se ha considerado como un material alternativo para la construcción por su valor económico, por ser un recurso renovable y sostenible, por su adaptabilidad a la hora de emplearse gracias a su resistencia y flexibilidad. En Colombia se ha utilizado este material principalmente en construcciones urbanas y rurales como se observa en la figura 4, en obras de bioingeniería para la conservación de los suelos, artesanías y en procesos industriales para la fabricación de laminados.

En el país la guadua ha estado presente a lo largo de su desarrollo sociocultural y económico desde épocas coloniales. Anteriormente se desconocían las propiedades estructurales de la guadua y su capacidad de absorber grandes cantidades de energía provenientes de fuerzas externas como los sismos gracias a su ligereza y flexibilidad; por tal razón investigaciones realizadas ha logrado resaltar la versatilidad e importancia de este material en algunos diseños y sistemas constructivos, convirtiendo a la guadua en la principal protagonista de majestuosas obras de ingeniería por su adaptación y durabilidad a diferentes formas y estilos arquitectónicos.

La durabilidad de toda construcción es garantizada a partir del dominio de algunos conceptos teóricos que se requieren para el análisis estructural como lo son las propiedades físicas y mecánicas de los materiales (Salas, 2006). Debido a esto, en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se apartó un capítulo donde establece los requisitos para el diseño estructural y sismo resistente de estructuras cuyo elemento principal es la *Guadua angustifolia Kunth*, con algunas limitaciones como aquellas cuyo uso sea vivienda, comercio, industria y educación, entre otras. (Ministerio de Ambiente, 2010).



Figura 4. Construcción de vivienda con Guadua y Bambú.

Fuente: (zuarq, 2007).

No solamente en Colombia sino a nivel internacional se han realizado diversos estudios para evaluar el comportamiento de las propiedades físico-químicas de la guadua y su resistencia al ser sometida a diferentes esfuerzos como la compresión, corte, flexión y tensión. En México, gracias al interés por los recursos renovables, especialmente en los no maderables como el bambú, se han identificado algunas especies y evaluado sus propiedades mecánicas, con el fin de estandarizar las características de los bambúes que crecen en el país. En ese orden de ideas, tanto (Ordóñez & Bárcenas, 2014) como (Hernández, *et al.*, 2015), en su investigación encontraron que la *Guadua Aculeata* en condición verde, presenta valores similares y en algunos casos superiores cuando es sometida al esfuerzo cortante paralelo a la fibra comparado con la *Guadua angustifolia* conocida por ser una de las mejores especies por sus excelentes características físico mecánicas por ser usada en Colombia para construcciones.

(Chaowana, 2013) afirma que el bambú es más resistente que la madera en general a la flexión, compresión paralela y similar a la resistencia al corte paralelo, pudiendo ser usado como materia prima en elementos estructurales, convirtiéndose en una alternativa ingenieril competitiva y un producto forestal importante en el mundo.

En Asia, principalmente en China, el bambú ha sido parte fundamental en el desarrollo de su cultura y civilización siendo todavía importante para la economía e industria del país. Desde 1950 el área ocupada por el bambú en China ha aumentado considerablemente en particular la especie más importante: *Phyllostachys pubescens*. La comunidad científica de

este país, ha realizado diversos estudios asociados al bambú desde su siembra hasta los procesos técnicos e industriales para el aprovechamiento de esta materia prima en algunas áreas de gran impacto como lo es la construcción (Hsiung, 1983), razón por la cual se han realizado estudios sobre el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de algunas de sus especies.

(Chung & Yu, 2002) estudiaron la variación de la resistencia a la compresión y flexión contra varias propiedades físicas a lo largo del culmo en dos especies de bambú: *Bambusa Pervariabilis* y *Phyllostachys Pubescens*, comúnmente utilizadas en Hong Kong y el sur de China en andamios de acceso, con el fin de establecer valores característicos para diseños estructurales. Gracias a su estudio pudieron determinar que estos dos tipos de bambúes son por naturaleza excelentes materiales de construcción debido a su alta resistencia a la compresión y la flexión. Con base en lo anterior, la madera puede ser sustituida por el bambú para construir edificaciones ligeras, reduciendo la deforestación y facilitando la conservación del medio ambiente.

Según Londoño (2011), Colombia es destacada a nivel mundial por el uso estructural del bambú, la invención de nuevas técnicas constructivas y por la creación de normas de calidad para el cultivo de la guadua y su aprovechamiento. A su vez, es reconocido por la generación de conocimiento por parte de la comunidad científica en temáticas como su taxonomía, genética, fisiología, biotecnología, cuantificación de servicios ambientales, métodos de propagación y siembra, procesos agroindustriales como el secado, comportamiento de sus propiedades mecánicas en diferentes estructuras y su cadena productiva para estudios de mercadeo.

En cuanto a las propiedades mecánicas de la guadua, la comunidad científica ha realizado importantes estudios relacionando diferentes factores físicos que inciden directamente en el comportamiento de la *Guadua angustifolia Kunth* a diferentes esfuerzos. Correal & Arbeláez (2010) en su estudio querían demostrar la relación intrínseca que existe entre la edad el bambú respecto a la resistencia de la guadua a compresión, corte y flexión tomando diferentes secciones del culmo. Para ello seleccionaron tallos cuyas edades oscilaban entre 2 y 5 años. Pudieron concluir que la resistencia de la guadua disminuye en culmos de 5 años, asociado a cambio anatómicos provocados por el envejecimiento y muerte de las fibras. De igual forma, afirman que independientemente de la edad del tallo, la sobrecarga de la guadua es la más resistente a la compresión gracias a su densidad.

Así como el eje cafetero, al sur del departamento del Huila, específicamente el municipio de Pitalito presenta condiciones geográficas, climáticas y edáficas favorables para el crecimiento y desarrollo de la *Guadua angustifolia Kunth*. Debido a esto, Pitalito se ha convertido en un foco de investigaciones con el fin de atender la demanda de esta gramínea usada esencialmente en construcciones. El grupo de Investigación CONSTRU-USCO y su semillero GUADUA Y BAHAREQUE DEL HUILA (GYBH) gracias a su interés hacia este recurso han logrado aportar estudios relacionados a las propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia Kunth* como los que se muestran en la Tabla 1 en donde además se muestran los resultados obtenidos en cada una de las investigaciones.

Tabla 1. Prueba de múltiples rangos para resistencia a cada una de las propiedades mecánicas por zona.

Autores	Propiedad mecánica	Datos Estadísticos	Zonas					Total
			La Vega	La Esperanza	Dalia	Sena	Villa María	
(Capera & Erazo, 2012)	Compresión paralela	Media (Mpa)	35,60 ^a	38,32 ^b	39,20 ^b	38,42 ^b	38,45 ^b	38
		Desviación Estándar (Mpa)	3,7	6,35	4,81	5,11	4,78	5,11
		Coefficiente de Variación (%)	10,46	16,64	12,35	13,33	12,49	13,5
		Límite Inferior (Mpa)	33,75	36,48	37,23	36,61	36,65	36,95
		Límite Superior (Mpa)	37,46	40,16	41,16	40,23	40,26	38,72
(Alarcón & Olarte, 2013)	Tensión	Media (MPa)		62,64 ^b	62,31 ^b	61,26 ^b	57,95 ^a	61
		Desviación Estándar (MPa)		7,1	5,29	6,49	4,67	6,13
		Coefficiente de Variación (%)		11,33	8,45	10,6	8,07	10,05
		Límite Inferior (MPa)		60,36	60,19	59,1	55,83	55,83
		Límite superior (MPa)		64,93	64,43	63,43	60,08	64,93
(Campos & Rojas, 2015)	Corte	Media (MPa)		5,44 ^a	6,35 ^a	5,96 ^b	5,96 ^b	5,95
		Desviación Estándar (MPa)		1,46	1,62	1,46	1,17	1,48
		Coefficiente de Variación (%)		27,6	25,5	24,3	19,4	24,8
		Límite Inferior (MPa)		4,94	5,93	5,52	5,38	1,75
		Límite superior (MPa)		5,94	6,77	6,41	6,25	10,15
(López & Salcedo, 2016)	Compresión Perpendicular	Media (MPa)		7,21 ^b	8,07 ^b	8,92 ^b	7,51 ^b	7,92
		Desviación Estándar (MPa)		2,95	3,04	2,22	2,84	2,82
		Coefficiente de Variación (%)		40,82	37,63	24,89	37,82	35,65
		Límite Inferior (MPa)		6	6,92	8,02	6,49	7,39
		Límite superior (MPa)		8,43	9,22	9,81	8,53	8,44
(Osorio & Sapuyes, 2017)	Flexión	Media (MPa)	54,05 ^b		58,34 ^b	66,78 ^a	56,28 ^b	58,18
		Desviación Estándar (MPa)	8,17		7,42	6,53	8,52	8,82
		Coefficiente de Variación (%)	15,12		12,71	9,78	15,14	15,1
		Límite Inferior (MPa)	51,52		55,82	63,73	53,76	51,52
		Límite superior (MPa)	56,57		60,87	69,83	58,81	69,83

^a indica una diferencia significativa con un nivel del 95,0% de confianza.
^b secciones homogéneas, no existe diferencias significativas entre ellos.

2.4. FACTORES CLIMATICOS

En países en vía de desarrollo como Colombia, la guadua se ha convertido en un material natural con múltiples beneficios y aplicaciones en construcción, industria, artesanías, producción de alimentos y medicinas, entre otras.

El Bambú es una gramínea que se encuentra ampliamente distribuida a nivel mundial (ver figura 5), principalmente en regiones tropicales, subtropicales y templado medio; razón por la cual se infiere que es un material vegetal que de acuerdo a su especie, se adapta a diferentes condiciones meteorológicas como la altitud, precipitación, temperatura, humedad relativa y algunas características del suelo. Al considerarse como cultivo, se le debe prestar la suficiente atención a los factores edáficos y meteorológicos para la obtención de culmos de calidad aptos para su aprovechamiento en cualquiera de los diferentes eslabones de su cadena productiva.



Figura 5. Distribución de bambúes a nivel mundial.

Fuente: (Jiménez B, 2014)

Según la OMM (Organización Meteorológica Mundial), el clima es el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo y en un dominio espacial determinado (Limés, 2010). Los factores climáticos de una zona se deben analizar para comprender y atender las necesidades de un cultivo, en este caso la *Guadua angustifolia*.

En la tabla 1 se muestran los rangos generales y óptimos para el adecuado desarrollo de los guaduales.

La comunidad científica se ha encargado de realizar estudios para evidenciar que los factores ambientales y geográficos son de suma importancia para el desarrollo de rodales de guadua. En la Tabla 2, se resumen los factores climáticos que condicionan el crecimiento de un cultivo de guadua:

Tabla 2. Factores climáticos que condicionan el crecimiento de la Guadua.

Factor	Rango general	Rango óptimo
Altitud (m.s.n.m)	40 - 2600	600 - 2000
Temperatura (°C)	14 - 26	20 - 26
Precipitación (mm/año)	950 - 5000	1800 - 2000
Brillo solar (horas/luz/año)	1400 - 2200	1800 - 2000
Humedad relativa (%)		75 - 85

Fuente: Castaño, 2002.

2.5. LA NUTRICIÓN EN LA GUADUA

Los nutrientes minerales son elementos inorgánicos que tienen funciones fundamentales y específicas en el metabolismo de las plantas. Un elemento esencial debe estar incluido directamente en la nutrición de la planta, por ejemplo, como un constituyente de un metabolismo esencial o para la acción de un sistema de enzimas (Mengel & Kirkby, 1987).

Todos los nutrientes esenciales son de importancia para el desarrollo normal y la producción del cultivo, puesto que en ausencia de unos de ellos las plantas son incapaces de completar su ciclo de vida normalmente, aunque como ya se mencionó, todos los elementos son importantes, estos son clasificados según la cantidad requerida en macro o micronutrientes. Los nutrientes esenciales son Carbono, Hidrogeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Magnesio, Calcio, Azufre, Cloro, Boro, Cobre, Hierro y Zinc. (Goh & Hardter, 2003).

Actualmente no existe gran variedad de estudios que muestren cual es el comportamiento de la guadua frente a cada uno de estos nutrientes minerales, sin embargo, en el estudio realizado por Salas (2006), se señala que la guadua se desarrolla adecuadamente en suelos con niveles moderados de potasio, alrededor de 0,6 meq por cada 100 g, en cuanto al calcio, este se puede clasificar como medio, teniendo un promedio de 5 meq por cada 100 g, no obstante, si se compara con otros sistemas productivos como el de la caficultura o el de la ganadería, estos valores se pueden considerar como elevados. En cuanto al sodio, para que exista un adecuado desarrollo de la guadua se requieren de niveles muy bajos de este nutriente entre el rango de los 0,21 y 0,27 meq/100 g.

Para el magnesio, generalmente los guaduales o bosques sobresalen de otros sistemas productivos por tener niveles elevados de este elemento hablando de concentraciones de 1,84 meq/100 g. Frente al fósforo, en los suelos donde se encuentra los guaduales no se muestran variaciones considerables y se habla en términos generales de concentraciones entre 20 y 30 parte por millón.

En relación con los elementos menores, los niveles generales de estos elementos en los suelos donde se tienen guaduales se pueden considerar altos, todos a excepción del boro, cuyos niveles se encuentran generalmente medios de 0,3 a 0,6 ppm. El cobre se encuentra en rangos entre 1 a 5 ppm, el hierro presenta niveles entre 280 y 300 ppm, el manganeso se encuentra entre 8 a 10 ppm y el boro se presenta en concentraciones de 0,15 a 0,20 ppm.

Uno de los compuestos químicos que se encuentra en mayor concentración en la familia Poaceae es el Sílice, y esta densidad es una de las características más predominantes de dicha familia (Motomura, *et al.*, 2004). A pesar de ellos, al silicio no se le ha dado la condición de nutriente fundamental en las plantas, no obstante, en el estudio “Estructura interna de la guadua y su incidencia en las propiedades mecánicas” elaborado por (Osorio, *et al.*, 2007), se observó que la variable resistencia a la flexión cambió según la zona presentándose diferencia significativa entre la zona externa, media, interna y total, siendo mayor en la capa externa, lo que se debe a que es la que mayor porcentaje de fibras y de contenido de silicio presenta, y se relaciona con una alta resistencia del material.

Una función ampliamente comprobada del silicio es la reducción del estrés biótico y abiótico en las plantas. Desde el punto de vista biótico, la acumulación de sílice amorfa debajo de la cutícula de las hojas ayuda a regular la transpiración y confiere resistencia mecánica a estas, haciéndola más erectas, lo cual las lleva a optimizar la captura de energía solar, para mejorar la tasa fotosintética, (Elmer & Datnoff, 2014).

En cada uno de los componentes del sistema suelo-planta-ambiente, existen factores o procesos que incluyen o afectan la disponibilidad de los nutrientes, como ejemplo, en diferentes estudios se ha demostrado que el clima determina la distribución o fraccionamiento de los nutrientes al lado de la textura de los suelos y la escala fenológica de los cultivos. Lo dicho anteriormente, es la manera en la que se tiene que manejar las múltiples interacciones que se deben considerar para un manejo adecuado de nutrientes con miras a la producción eficiente de los cultivos, (Castro & Gómez, 2010).

Es por esta razón, que la calidad física de los suelos entre a jugar un papel importante dentro de cualquier sistema productivo pues se refiere fundamentalmente a parámetros como la resistencia mecánica, la transmisión y el almacenaje de fluidos en la zona de exploración de las raíces. Los suelos de buena calidad física deben tener características de almacenaje y transmisión de fluidos que permitan proporciones adecuada de agua, nutrientes disueltos y aire como para promover el máximo desarrollo de los cultivos y una mínima degradación ambiental, (Valenzuela & Torrente, 2010).

Los suelos propicios para establecer siembras de guadua son aquellos evolucionados a partir de cenizas volcánicas. Estos suelos tiene que ser profundos, bien drenados, de fertilidad natural baja a moderada con buenos contenidos de materia orgánica y reacción fuerte a moderadamente ácida. Es importante mencionar que los suelos pesados o arcillosos no son buenos para el desarrollo de la planta, (Salas, 2006).

En la tabla 3 se puede observar el resumen de las características edafológicas ideales para establecer una siembra de guadua.

Tabla 3. Factores edáficos que condicionan el crecimiento de la Guadua.

Factor	Características deseables
Tipo de suelo	Diabasas, cenizas volcánicas. aluviales
Textura	Francos, limosos, franco-limosos, franco-arenosos, arenolimosos y franco-arcillosos
Estructura	Granular, blocosa
PH	5,5 - 6,5
Profundidad efectiva	1,0 m - 1,5 m (moderada a alta)
Permeabilidad	Moderada a alta
Retención de humedad	Moderada a alta
Drenaje	Bueno
Fertilidad	Moderada a alta. En caso de deficiencias de N,P,K,B se debe proceder a su abonamiento
Quemas	No permitido
Pastoreo	No permitido
Relieve	En lo posible, zonas planas y onduladas

Fuente: Castaño, 2002.



3. METODOLOGÍA

El proyecto fue desarrollado en cinco etapas como se indica en la figura 6, iniciando por la toma de muestras de suelo en los guaduales donde se extrajeron las respectivas muestras de *Guadua angustifolia* para los estudios mecánicos, seguido de una interpretación de las pruebas físicas y químicas obtenida de los análisis de suelos, posteriormente se realizaron revisiones bibliográficas y se finalizó con los análisis estadísticos de las condiciones climáticas de las zonas de estudios y el análisis estadístico entre las variables edafológicas y propiedades mecánicas ya estudiadas con anterioridad por el grupo de investigación CONSTRU-USCO y el semillero GYBH.



Figura 6. Etapas para el desarrollo del proyecto

3.1. LOCALIZACIÓN

Los guaduales en los que se realizó la toma de muestras de suelos se encuentran ubicados en los municipios de Pitalito y Timana (ver figura 7), al sur del departamento del Huila. Estos se seleccionaron teniendo en cuenta los estudios de las propiedades mecánicas de la guadua que se realizaron con anterioridad por el grupo de investigación CONSTRU-USCO y el semillero de investigación GYBH.

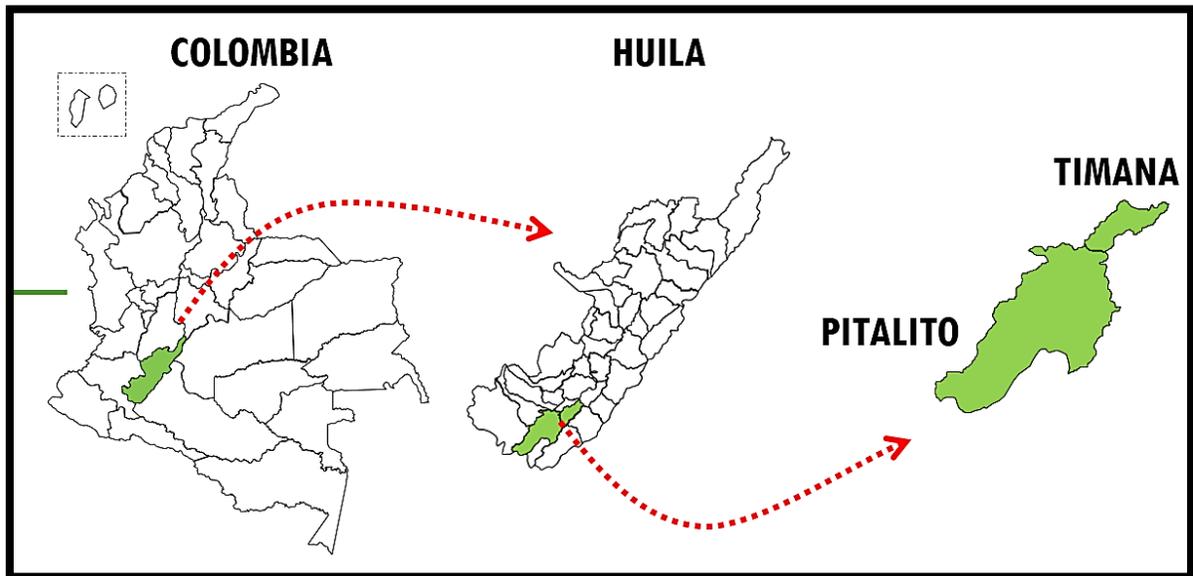


Figura 7. Ubicación de los municipios de estudio.

Fuente: Las autoras.

En la figura 8 se puede observar la ubicación de los cinco rodales en los cuales se realizó el muestreo de suelos para la presente investigación y se desarrollaron los estudios de “Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito-Huila” (Erazo & Capera, 2012), “Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito-Huila” (Alarcón & Olarte, 2013), “Determinación de la resistencia al corte de la *Guadua angustifolia Kunth* del municipio de Pitalito-Huila” (Campos & Rojas, 2015), “Resistencia a compresión perpendicular y determinación del módulo de elasticidad circunferencial de la *Guadua angustifolia Kunth* del municipio de Pitalito” (López & Salcedo, 2016), y “Esfuerzo de flexión y módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia Kunth* procedente del municipio de Pitalito-Huila.” (Osorio & Sapuyes, 2017).

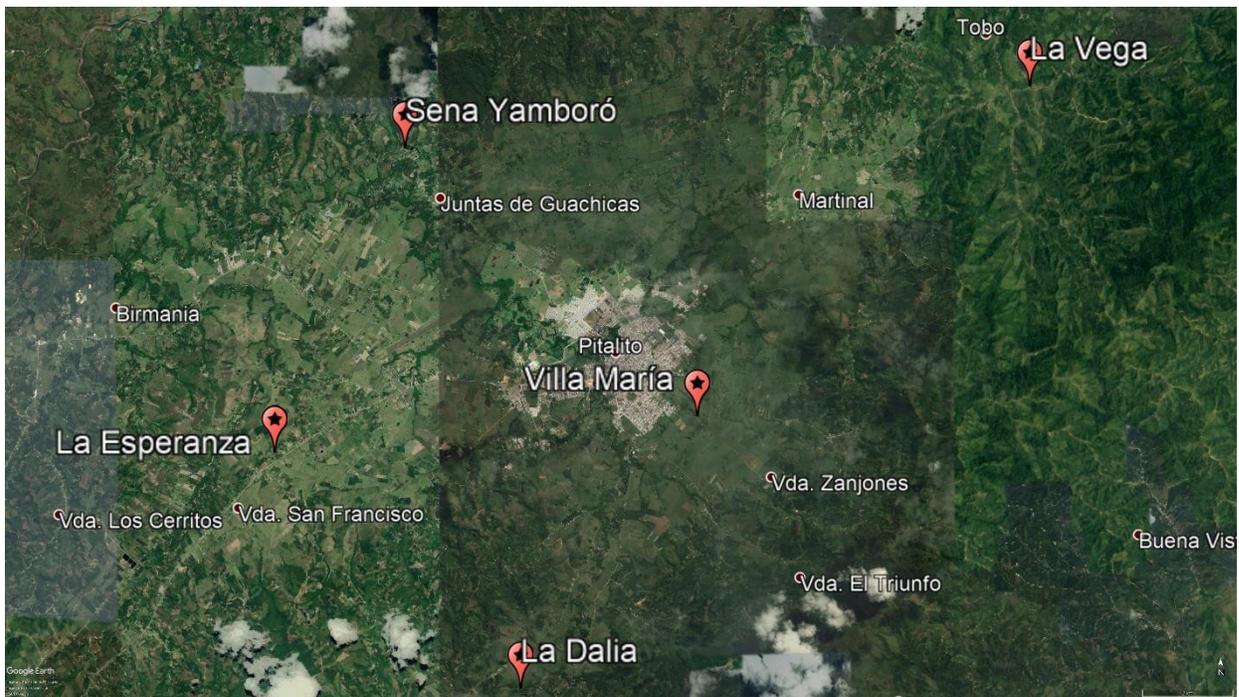


Figura 8. Ubicación de los rodales donde se tomaron las muestras de suelo.

Fuente: Google Earth.

3.2. METODOLOGÍA PARA LA TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE MUESTRAS DE SUELO

Para el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo se tomaron muestras de suelo en cada uno de los rodales siguiendo la normatividad del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Se recolectaron submuestras de suelo tomadas a 60 centímetros de profundidad, se mezclaron en un balde limpio, se hizo el cuarteo y se empacaron en bolsas ziploc previamente rotuladas. Las muestras de suelo fueron analizadas por el Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas (LAGSA).

En la tabla 4, se presentan las propiedades edáficas evaluadas en este estudio y los métodos usados por el laboratorio para determinar cada una, en el ANEXO A se puede apreciar los resultados dados por el laboratorio.

Tabla 4. Propiedades químicas y físicas del suelo y métodos para su determinación.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	
Textura	Método de Bouyoucos y organoléptico
pH	Relación 1:1 (suelo y agua)
Conductividad Eléctrica	Relación 2:1 (suelos y agua)
Carbono Orgánico	Walkley Black
Porosidad	Relación matemática entre densidad aparente y real

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	AcNH ₄ 1N pH
Nitrógeno (N)	Relación matemática
Boro (B)	Agua Caliente, azometina H
Azufre (S)	Fosfato monobásico de Calcio
Elementos menores	DTPA

3.3. METODOLOGÍA PARA ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO

La precipitación, la humedad relativa, la temperatura y otras variables climáticas actúan como reguladoras de cualquier medio natural de manera temporal y espacial, condicionando todas las labores agrícolas y a su vez el desarrollo de especies vegetales como la *Guadua angustifolia*. En el sur del departamento del Huila, específicamente en los municipios de Pitalito y Timaná se presentan las condiciones climáticas y geográficas idóneas para el desarrollo de *Guadua angustifolia*. Esta gramínea año tras año se ha convertido en fuente económica para la población laboyana, desde productores, comercializadores, constructores, artesanos e industrias, actividades importantes para el fortalecimiento de la cadena productiva de la guadua.

En la tabla 5 se encuentran las coordenadas MAGNA-SIRGAS de las zonas de estudio donde el grupo de investigación CONSTRU-USCO ha desarrollado proyectos asociados al comportamiento mecánico de la *Guadua angustifolia* importantes para la ejecución de este proyecto.

Tabla 5. Localización de las zonas de estudio en Pitalito y Timaná.

PREDIO	VEREDA	MUNICIPIO	COORDENADAS MAGNA-SIRGAS		ALTITUD (m.s.n.m)
			LATITUD (N)	LONGITUD (O)	
La Vega	Pantanos	Timaná	1°54'19.80"	75°58'02.80"	1253
La Esperanza	San Francisco	Pitalito	1°50'06.00"	76°06'57.40"	1313
La Dalia-Limón	Palmarito	Pitalito	1°47'13.80"	76°04'03.40"	1294
Sena Yamboró	Aguadas	Pitalito	1°53'36.00"	76°05'25.10"	1331
Villa María	Zanjones	Pitalito	1°50'26.11"	76°01'58.31"	1279

De acuerdo a las coordenadas geográficas de los predios, se revisó el catálogo nacional de estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se seleccionaron diferentes estaciones meteorológicas de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Información de variables como precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación o brillo solar, es decir, estaciones climatológicas principales u ordinarias.
2. Mejor ubicación, teniendo en cuenta el relieve, la altitud y latitud de los predios y la distancia no superior a 30 kilómetros entre la zona de estudio y las estaciones.
3. Las estaciones que presentaran mayor número de datos mayor a 30 años con registros mensuales confiables y completos.

En la tabla 6 se puede observar las estaciones seleccionadas de acuerdo a los criterios mencionados con anterioridad, esta información climatológica se solicitó la al IDEAM. En el anexo B se puede verificar la información entregada por el instituto.

Tabla 6. Localización de las estaciones climatológicas aledañas a la zona de estudio

NOMBRE	DEP.	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Sevilla	Huila	Pitalito	1,82483333	-76,1302778	1,320
Parque arqueológico	Huila	San agustín	1,88847222	-76,2949722	1,800
El Líbano	Huila	Suaza	1,86838889	-75,8277778	1,045
Altamira el grifo	Huila	Altamira	2,07916667	-75,7362222	1,368
La Betulia	Huila	Agrado	2,28158333	-75,7050833	780

Para analizar la distribución espacial de las zonas estudiadas y las estaciones climatológicas seleccionadas, fue necesario emplear los sistemas de información geográfica. Para ello, se solicitó a la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) el mapa de la división municipal del departamento del Huila previamente georreferenciado (ANEXO C) y con base en la cartografía se ubicaron las coordenadas de los predios y las estaciones meteorológicas.

En cuanto a la caracterización de la variabilidad espacial de la precipitación fue necesaria la construcción de Polígonos de Thiessen. Este método consiste básicamente en calcular la media ponderada de los valores disponibles de las estaciones seleccionadas y este factor de ponderación es proporcional al área de estudio (Guelfi & López, 2014). Para la construcción de los polígonos se empleó el software ArcGis 10.5. (ANEXO D). En la figura 9 se puede observar la manera en que se forman los polígonos de Thiessen.

Además, los factores climáticos como la humedad relativa, la precipitación, el brillo solar y la temperatura de las estaciones climatológicas como El Líbano y Sevilla seleccionadas por presentar el menor porcentaje de datos faltantes, no presentaron variación en el promedio multianual para un rango de 30 años; la organización y análisis de los datos proporcionados por el IDEAM de las estaciones Líbano y Sevilla se realizó de manera manual en EXCEL.

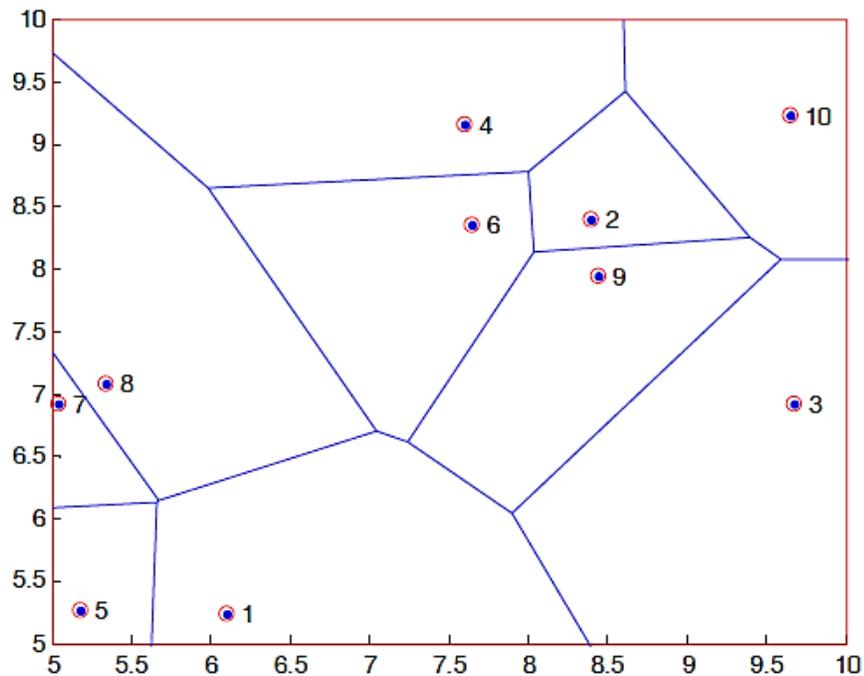


Figura 9. Polígonos de Thiessen.
Fuente: (Guelfi & López, 2014)

3.4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El coeficiente de correlación de Pearson es el método seleccionado para el análisis estadístico, pues se busca medir de manera sencilla la magnitud y el grado de relación que existe entre variables cuantitativas definidas como dependientes los esfuerzos mecánicos de la guadua e independientes las propiedades edáficas de la zona estudiada.

3.4.1. Coeficiente de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación es un método estadístico que brinda información sobre el grado de asociación lineal entre dos variables y hace referencia a dos características de la relación lineal como lo son la dirección o sentido y la cercanía o fuerza entre ellas, (Restrepo & González, 2007). El coeficiente se define por la siguiente expresión [1]:

$$\rho = \frac{cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad [1]$$

3.4.2. Interpretación del Coeficiente de Correlación

El coeficiente de correlación r además de ser independiente de las unidades de medida de las variables estudiadas, se caracteriza por tomar valores dentro del intervalo $[-1,1]$ o equivalente $|r| \leq 1$.

La interpretación del coeficiente de correlación muestral depende del valor y del signo que tome (ver tabla 7). El signo de r indica la dirección de la relación lineal, es decir, valores positivos indican una relación directa y valores negativos una relación inversa entre las variables analizadas. Así mismo, el valor absoluto indica la fuerza de la relación lineal; un coeficiente de correlación muy cercano a uno en valor absoluto indica que la relación entre las variables es muy fuerte, mientras que si es cercano a cero indica que la relación es débil. En la siguiente tabla se muestran las posibles interpretaciones del coeficiente muestral.

Tabla 7. Interpretación del Coeficiente de Correlación

VALOR DEL COEFICIENTE	INTERPRETACIÓN
$0 < r < 1$ y $r \rightarrow 1$	Relación lineal positiva y fuerte
$0 < r < 1$ y $r \rightarrow 0$	Relación lineal positiva y débil
$r = 0$	No existe relación lineal
$-1 < r < 0$ y $r \rightarrow -1$	Relación lineal negativa fuerte
$-1 < r < 0$ y $r \rightarrow 0$	Relación lineal negativa y débil

Fuente: (Lahura, 2003)

SURCOLOMBIANA

4. RESULTADOS Y ANALISIS

4.1. ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO

A partir de la construcción de los Polígonos de Thiessen y la información climatológica obtenida de las cinco estaciones seleccionadas para este estudio, se determinó que incluir en el análisis estadístico las variables climáticas no era representativo, pues la mayoría de los predios se encuentran ubicados en un solo polígono como se puede observar en la Figura 10.

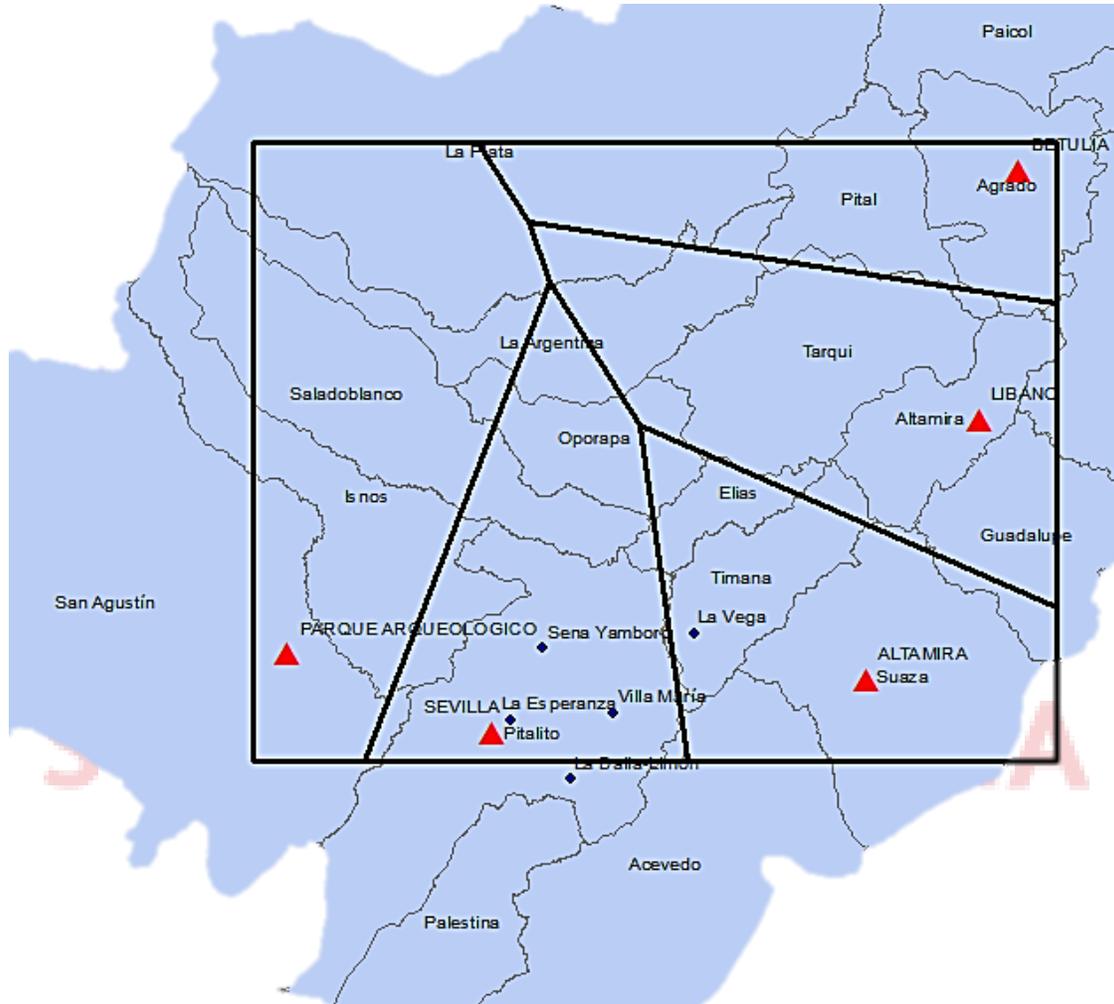


Figura 10. Polígonos de Thiessen para zonas de estudio climatológico.

Además, los factores climáticos como la humedad relativa, la precipitación, el brillo solar y la temperatura de las estaciones climatológicas como El Líbano y Sevilla seleccionadas por presentar el menor porcentaje de datos faltantes, no presentaron variación en el promedio multianual para un rango de 30 años. La organización y análisis de los datos proporcionados por el IDEAM se realizó de manera manual en Excel.

4.2. ANALISIS ENTRE PROPIEDADES MECANICAS DE LA GUADUA Y PROPIEDADES EDAFICAS

En la tabla 8 se pueden apreciar los resultados obtenidos del análisis estadístico generado a partir del procesamiento de datos recopilados de los trabajos de grado elaborados desde el 2012 por integrantes del semillero de investigación GYBH y el grupo de investigación CONSTRU-USCO (ver ANEXO E), junto con los análisis de resultados obtenidos de las pruebas físico-químicas del suelo. Esta correlación se realizó empleando el software estadístico STATA versión 15.1.

Tabla 8. Correlación de Pearson entre propiedades edáficas y propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia Kunth*

PROP. EDÁFICAS / PROP. MECÁNICAS		TENSIÓN	FLEXIÓN	CORTE	COMPRESIÓN PERPENDICULAR	COMPRESIÓN PARALELA
Porosidad	<i>r</i>	-0.0861	0.0943	0.0013	0.1546	-0.0294
	ρ	0.3498	0.1676	0.98	0.1853	0.7211
%Arcilla	<i>r</i>	-0.2951	-0.0908	-0.0355	-0.2056	0.0635
	ρ	0.0011**	0.0768	0.6343	0.0768	0.4405
%Arena	<i>r</i>	0.2051	0.0724	0.0455	0.2027	-0.1127
	ρ	0.0247*	0.0811	0.5421	0.0811	0.1696
%Limo	<i>r</i>	0.1747	0.0457	-0.0220	-0.0570	0.1186
	ρ	0.0563	0.6270	0.7679	0.6270	0.1484
pH	<i>r</i>	0.2248	0.0579	0.0438	0.1940	-0.1079
	ρ	0.0136*	0.0954	0.5568	0.0954	0.18187
CE	<i>r</i>	0.1190	0.0659	-0.0297	-0.0999	0.1412
	ρ	0.2279	0.3938	0.6903	0.3938	0.0848
CIC	<i>r</i>	-0.1109	0.1507	-0.0435	-0.0427	0.1297
	ρ	0.2279	0.7163	0.5596	0.7163	0.1135
Ca	<i>r</i>	-0.1222	0.1070	-0.0520	-0.0914	0.1646
	ρ	0.1836	0.4355	0.4855	0.4355	0.0441*
Mg	<i>r</i>	-0.0688	0.1181	-0.0494	-0.0830	0.1669
	ρ	0.4552	0.4792	0.5080	0.4792	0.0412*
K	<i>r</i>	0.0861	0.3094	-0.0150	0.1488	0.1484
	ρ	0.3498	0.2027	0.8410	0.2027	0.0700
Na	<i>r</i>	0.3001	0.0836	0.0489	0.1793	-0.0881
	ρ	0.0009**	0.1238	0.5123	0.1238	0.2839
CO	<i>r</i>	0.2405	0.3228	-0.0053	0.1586	0.1319
	ρ	0.0082**	0.1742	0.9437	0.1742	0.1077
N	<i>r</i>	0.2350	0.3208	-0.0061	0.1562	0.1338
	ρ	0.0098**	0.1807	0.9350	0.1807	0.1027
P	<i>r</i>	0.2753	-0.2337	0.0069	-0.0462	-0.0320
	ρ	0.0023*	0.6937	0.9265	0.6937	0.6975

S	<i>r</i>	0.1675	0.0087	-0.0232	-0.0697	0.1138
	ρ	0.0674	0.5522	0.7559	0.5522	0.1656
Cu	<i>r</i>	-0.2838	-0.3302	-0.0017	-0.1452	-0.1204
	ρ	0.0017**	0.2140	0.9813	0.2140	0.1422
Fe	<i>r</i>	0.2928	0.3411	0.0097	0.2268	0.0957
	ρ	0.0012**	0.0504	0.8965	0.0504	0.2438
Zn	<i>r</i>	0.2263	0.2405	-0.0053	0.1660	0.1087
	ρ	0.0129*	0.1547	0.9433	0.1547	0.1855
Mn	<i>r</i>	-0.1652	0.0009	-0.0547	-0.1409	0.1627
	ρ	0.0714	0.2279	0.4637	0.2279	0.0467*
B	<i>r</i>	0.1204	0.2934	-0.0112	0.1650	0.1349
	ρ	0.1903	0.1572	0.8808	0.1572	0.0999
Nota: "***" Estadísticamente significativa al 99%, "*" estadísticamente significativa al 95%						

4.2.1. Resistencia a la Tensión

De acuerdo a los resultados presentados en la tabla 8, se encontró que existe un significancia estadística del 99% entre la resistencia a la tensión y el porcentaje de arcilla, el sodio, el carbono orgánico, el nitrógeno, el cobre y el hierro. Además, también existe una correlación estadística significativa del 95% para el porcentaje de arena, el pH, el fósforo y el zinc. Es importante mencionar que esta es la propiedad mecánica con mayor cantidad de propiedades fisicoquímicas del suelo que son estadísticamente significantes.

También se observa una correlación lineal negativa débil entre el comportamiento mecánico de la guadua cuando es sometida a tensión y algunas propiedades edáficas del suelo como lo son el porcentaje de arcilla, la porosidad, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y las bases de intercambio calcio (Ca) y Magnesio (Mg), además de elementos menores como el cobre (Cu) y el manganeso (Mn).

Por otro parte, entre las propiedades edáficas que presentan una correlación lineal positiva frente a la resistencia de la guadua a la tensión; se tienen el porcentaje de arena y limo, asociadas a la textura del suelo, el potencial de hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica (CE), bases intercambiales como el potasio (K) y el sodio (Na), el carbono orgánico, el nitrógeno (N), y elementos menores como el fósforo (P), el azufre (S), el hierro (Fe), el zinc (Zn) y el boro (B), aunque para todas estas correlaciones son débiles.

4.2.2. Resistencia a la Flexión

Para esta propiedad mecánica no se encontró propiedad edafológica con un alto grado de significancia. Con respecto al análisis entre las propiedades edáficas y la resistencia de la guadua a la flexión, se evidencia que la porosidad, el porcentaje de arena y limo, el potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico, el calcio, el magnesio, el potasio, el sodio, el carbono orgánico, el nitrógeno, el azufre, el hierro, el zinc,

el manganeso y el boro tienen una correlación lineal positiva débil, mientras que, el porcentaje de arcilla, el potasio y el cobre una correlación negativa débil sobre la flexión.

4.2.3. Resistencia al Corte

Por otro lado, se encontró que no existe ninguna correlación estadísticamente significativa entre la resistencia al corte y las propiedades edafológicas, se tiene que para propiedades como porosidad, porcentaje de arena, potencial de hidrogeno, el sodio, el fosforo y el hierro presentan una correlación lineal positiva débil, mientras que el resto de las propiedades edáficas evaluadas presentan una correlación negativa débil.

4.2.4. Resistencia a la Compresión perpendicular

Del mismo modo, para compresión perpendicular no existe ninguna correlación estadísticamente significativa de esta y las propiedades fisicoquímicas del suelo, Sin embargo, se encontró una correlación lineal negativa débil entre algunas propiedades del suelo como la textura en cuanto al porcentaje de arcilla y limos, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, fósforo, azufre, cobre y manganeso. Para las otras características físicas del suelo como la porosidad, el % de arena y algunas químicas como el pH, el potasio (K), el sodio (Na), el carbono orgánico (CO), el nitrógeno (N), el hierro (Fe), el zinc (Zn) y el boro (B) se evidenciaron una correlación lineal negativa débil entre las variables que comprometen a la guadua cuando es sometida a este esfuerzo.

4.2.5. Resistencia a la Compresión paralela

Por último, en cuanto a significancia estadística se tiene el 95% para el Calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el manganeso (Mn). También, se encontró que este esfuerzo mecánico presenta una relación positiva débil respecto a las propiedades del suelo, exceptuando algunos factores como la porosidad, el porcentaje de arena, el pH y algunos elementos como el sodio (Na), el fósforo (P) y el cobre (Cu) en los cuales se presenta una relación negativa débil.

En los análisis de suelos realizados se encontró que para las zonas de estudio se presentan porosidades entre el 43 y el 65%, valores que se consideran adecuados para un correcto desarrollo radicular del cultivo, lo que a su vez mejora la capacidad de retención de agua y la actividad de microorganismos en el suelo.

Según Salas (2006), en suelos ocupados por guaduales se pueden lograr porosidades hasta de un 70%, aunque se encontró una correlación inversa para esta propiedad edáfica frente a la resistencia a la tensión y la compresión paralela a la fibra, es necesario realizar un seguimiento al comportamiento de la variabilidad espacial del suelo para lograr determinar si este resultado se ajusta realmente a las necesidades del cultivo.

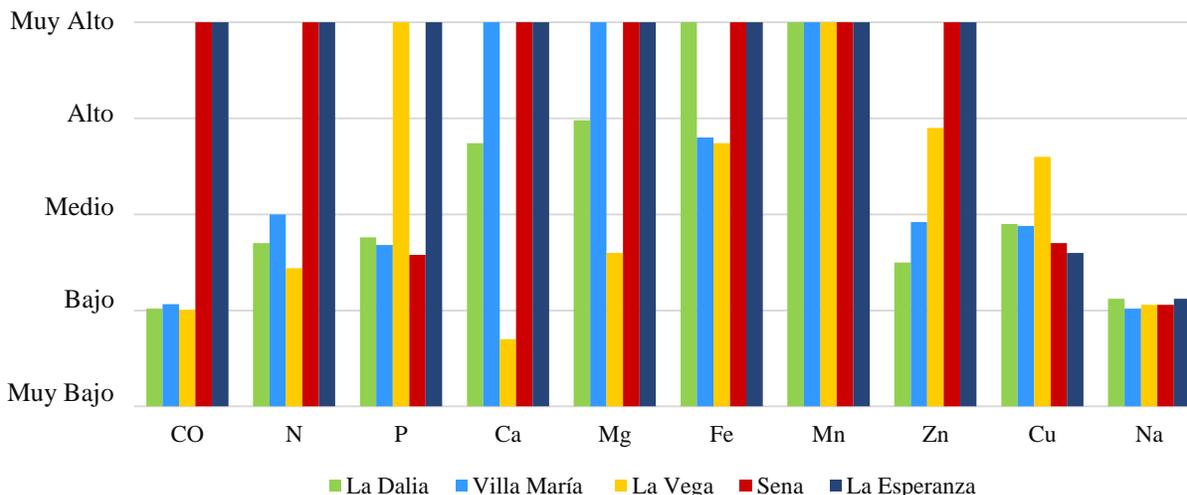
La textura del suelo en las diferentes zonas de estudios presentó gran variabilidad, algunos con altos contenidos de arcillas y otro con predominancia de arenas. Entre los esfuerzos mecánicos de la guadua como la tensión, flexión, corte, compresión perpendicular y suelos

con altos contenidos en arena presenta una relación directamente proporcional. A su vez los suelos arcillosos contribuyen al buen comportamiento de la guadua cuando es sometida a compresión paralela. Castaño (2002), encontró que los guaduales se desarrollaban mejor en suelos con texturas limosas y arcillosas, mientras que Cruz (1994), encontró que los suelos que más favorecen el desarrollo de la guadua son los areno-limosos, francos y franco arenosos. En esta investigación, se observó una tendencia a la mejora de la resistencia a la tensión y flexión cuando la guadua crece vegetativamente en suelos con texturas franco arenosas.

En lo relacionado con el pH, en los análisis de suelo se obtuvieron valores entre 5.5 y 6.5 a excepción de Villa María en donde se obtuvo un pH de 4.6, teniéndose que en la mayoría de los casos analizados se encontró condiciones adecuadas en cuanto al potencial de hidrogeno para el desarrollo de la guadua, solamente en compresión paralela se obtuvo una relación inversa por lo que se infiere que para esta propiedad sea necesario un pH más alcalino.

Según Agudelo & Toro (1994), los guaduales se ven muy poco afectados por las características químicas del suelo. Los elementos tales como el Magnesio, Calcio, Boro, Sodio, Potasio, Magnesio y Zinc no tienen una gran influencia sobre la variabilidad en el comportamiento de la guadua, no obstante, en el estudio realizado por Duarte, *et al.*, (2016), se obtuvo que algunos micronutrientes como el Cobre, Zinc, Hierro y Manganeseo se encuentran asociados con la resistencia mecánica de la guadua a los esfuerzos a la tensión, pues estos tienen un comportamiento inversamente proporcional. Además, en el estudio desarrollado se encontró que elementos como el Sodio, Nitrógeno, Fosforo, Cobre, Hierro, Zinc y Manganeseo tienen relaciones estadísticamente significantes, por lo que se infiere que una variable se ve afectada por la otra.

Grafica 1. Grafica de valoración de analisis quimicos del suelo para los predios estudiados



Como se puede ver en la gráfica 1 en los estudios de suelos realizados se obtuvieron contenidos de cobre bajos para todas las plantaciones a excepción de La Vega en la cual se encontraron contenidos de cobre medio, según Kyrkby & Romheld (2007), varias proteínas que contienen Cu desempeñan un papel fundamental en procesos tales como la fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales superóxido y la lignificación, este último siendo importante para la mejora de las propiedades mecánicas, puesto que como lo mencionan Reyes, *et al.*, (2015), la lignina es un polímero fenólico natural que confiere rigidez a la pared celular de las plantas maderables; es esencial, junto con la celulosa, para el soporte mecánico de tallos, ramas y hojas, pero según los resultados obtenidos, para todas las propiedades existe una correlación lineal negativa, sin embargo, solo para la resistencia a la tensión este elemento es estadísticamente relevante. Es por este motivo que se puede inferir que el contenido de este nutriente a pesar de ser de gran importancia para el adecuado desarrollo de la lignina se debe manejar en contenidos medios-bajos (0,5 a 2,5 ppm).

Otro elemento menor de relevancia en esta investigación es el manganeso, y se encontró que al igual que el cobre, este elemento activa varias enzimas que sintetizan aminoácidos y fenoles esenciales para la producción de lignina, ácidos fenólicos y fenoles que confieren resistencia a la planta a la infección de patógenos, además de interferir en procesos metabólicos de la planta como la fotosíntesis, el metabolismo de la auxina que es la hormona vegetal encargada de regular el crecimiento de las plantas, del nitrógeno y en la asimilación de bióxido de carbono (Gómez & Sotés, 2014). Para todos los predios analizados, el contenido de manganeso en el suelo se encontraba en porcentajes elevados entre 10 y 54 ppm, para la propiedad mecánica Compresión paralela a la fibra se obtuvo una significancia del 95% siendo esta una correlación lineal positiva, lo que nos permite decir que este elemento es de importancia para un adecuado desarrollo de la *Guadua angustifolia* además de conferirle una adecuada resistencia a la compresión paralela.

Ahora bien, el Hierro es un elemento que se presentan en las plantas formando parte de numerosos sistemas enzimáticos, como en los citocromos, que son complejos proteicos hierro-porfirínicos, que son los constituyentes de los sistemas redox de los cloroplastos, las mitocondrias y en la cadena redox del nitrato reductasa, también interviene en el proceso de fijación del nitrógeno. Las peroxidasas son abundantes en las plantas y ayudan en la catalización de varios procesos, estas favorecen la eliminación de H₂O₂ en los cloroplastos y además catalizan la polimerización de fenoles a lignina en la rizodermis y endodermis de las raíces, también intervienen en la biosíntesis de lignina, (Juárez, *et al.*, 2007).

También el Zinc es de importancia para las plantas, pues este actúa como estabilizador de la estructura de las proteínas o como un cofactor necesario para la activación de las enzimas involucradas en diferentes procesos metabólicos, este elemento menor es necesario para llevar a cabo metabolismos de los ácidos nucleicos, por otra parte, el zinc es indispensable para que ocurra la fotosíntesis y que se lleve a cabo el metabolismo de los carbohidratos en las plantas (Amezuca & Lara, 2017).

Con lo anteriormente citado y los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que la presencia de elementos menores como el Fe, Zn, Cu y Mn son de gran importancia para la obtención de propiedades mecánicas adecuadas para la implementación de construcciones que requieran de niveles de resistencia a la tensión y la compresión paralela óptimos para su desarrollo.

Referente al contenido de materia orgánica, Agudelo & Toro (1994) mencionan que esta incide positivamente cuando se encuentra en proporciones elevadas en el suelo, en los resultados de nuestro estudio se obtuvo que esta tuvo un alto grado de significancia para la propiedad mecánica tensión y que afecta directamente todas las propiedades a excepción de la resistencia al corte. En las zonas de estudio Sena Yamboro y La Esperanza se obtuvieron altos contenidos de materia orgánica lo que favorece muchas otras propiedades del suelo como la capacidad de retención de agua, reduce los encharcamientos y mejora el drenaje, además de disminuir la erosión del suelo.



5. CONCLUSIONES

La *Guadua angustifolia* es una gramínea que se desarrolla en cualquier tipo de suelo, sin embargo los suelos con mayor proporción de arenas y baja proporción de arcillas son más apropiados para la obtención de guadua con alta resistencia a la tensión.

También es importante contar con un adecuado balance de elementos menores puesto que estos se encuentran involucrados en diversos procesos metabólicos indispensables para el adecuado desarrollo de la Guadua, en el estudio se demostró que micronutrientes como el Cobre, el Hierro, el Zinc y el Manganeso se encuentran correlacionados con las propiedades mecánicas a Tensión y a compresión paralela a la fibra, puesto que estos presentan significancias del 99 y 95%.

Además de esto, para la obtención de Guadua con adecuadas características de calidad para ser sometida a esfuerzos a tensión se debe tener especial interés en elementos mayores como el Sodio, el Nitrogeno, el Fosforo, el Calcio y el Magnesio que son imprescindibles para el desarrollo de la gramínea, estos elementos, al igual que los elementos menores deberán presentarse en el suelo en concentraciones optimas con el fin de lograr un equilibrio nutricional para que la planta pueda tomarlos fácilmente, y poder obtener una considerable resistencia a la Tensión y Compresión Paralela, también se deberá manejar adecuados niveles de materia orgánica en el suelo pues estos favorecerán la preservación de los microorganismos presentes en el suelo.

No se encontró ninguna significancia estadística entre las propiedades fisicoquímicas del suelo y las propiedades mecánicas Corte, Flexión y Compresión perpendicular a la fibra de la *Guadua angustifolia*.

Las variables climatológicas no fueron incluidas en el análisis estadístico pues no eran suficientemente representativas, ya que los datos solicitados al IDEAM para un periodo de 30 años, no sufrieron variaciones significativas entre las estaciones climatológicas Líbano y Sevilla. A su vez, teniendo en cuenta los polígonos de Thiessen, las estaciones no se distribuyeron dentro del área de influencia, es decir, en la zona de estudio.

6. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere establecer parcelas demostrativas del cultivo de guadua en el que se puedan aplicar distintos tratamientos de fertilización, realizar múltiples muestreos de material vegetal y de suelos, pues los datos obtenidos a partir de estos estudios permitirán establecer con mayor precisión los rangos óptimos para que el material vegetal se comporte adecuadamente bajos los esfuerzos a compresión perpendicular y paralela, tensión, flexión y corte.
2. Realizar un muestreo más amplio y detallado considerando la variabilidad espacial de los suelos incluso dentro de cada predio permitiría precisar o afinar aún más, los resultados obtenidos en la correlación, al punto de poder estimar el comportamiento mecánico del material vegetal antes de estudiarlo. Considerar la variabilidad temporal, igualmente permitirá precisar los datos además de poder determinar el rango óptimo para cada uno de los elementos presentes en el suelo. Por el momento, se obtiene información de gran interés que seguramente permitirá a futuras investigaciones, focalizar sus objetivos, métodos y recursos.
3. Debido a la limitada red de estaciones meteorológicas que existen en las zonas de estudio no fue posible encontrar una variabilidad climatológica que permitiera conocer la influencia de factores tales como la precipitación, la radiación solar, la humedad relativa y la temperatura en relación al desarrollo de los guaduales y por ende al comportamiento mecánico de la guadua. Una alternativa para esta problemática es el uso de imágenes satelitales que registran y presentan de manera secuencial los periodos específicos del tiempo. Otra alternativa es buscar material vegetal en zonas fuera de los polígonos de Thiessen.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, B., & Toro, I. (1994). *Evaluación del desarrollo de los bosques de Guadua angustifolia en la zona de jurisdicción de la C.V.C, bajo diferentes condiciones de sitio, con fines de reforestación*. Tesis de grado , Universidad del Tolima , Ibagué.
- Alarcón, J., & Olarte, J. (2013). *Esfuerzo máximo a la tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de la Guadua angustifolia del municipio de Pitalito-Huila*. Proyecto de Grado , Universidad Surcolombiana, Huila, Neiva.
- Amezuca, J., & Lara, M. (Septiembre de 2017). El zinc en las plantas. *Ciencia*, 68(3), 28-35. Obtenido de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf
- Campos, M., & Rojas, G. (2015). *Determinación de la resistencia al corte de la Guadua angustifolia Kunth del municipio de Pitalito- Huila*. Proyecto de Grado , Universidad Surcolombiana , Huila, Neiva.
- Capera, A., & Erzo, W. (2012). *Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la Guadua angustifolia del municipio de Pitalito -Huila*. Proyecto de Grado , Universidad Surcolombiana , Huila, Neiva.
- Castaño, F. (2002). *Estudio de la calidad de sitio y su incidencia en el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de Guadua (Análisis de caso: Valle del Cauca)*. Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), Valle del Cauca, Armenia.
- Castro, H. E., & Gómez, M. I. (2010). *Ciencia del Suelo: Fertilidad de suelos y fertilizantes* (Primera ed.). Bogotá D.C: Guadalupe S.A.
- Cely, L. A. (2011). *civilgeeks.com*. Obtenido de La Guadua, Acero Vegetal Y Prodigio de la Naturaleza: <https://civilgeeks.com/2011/12/07/la-guadua-acero-vegetal-y-prodigio-de-la-naturaleza/>
- Chaowana, P. (2013). Bamboo: An alternative raw material for wood and wood-based composites. *Journal of Materials Science Research*.
- Chung, K., & Yu, W. (2002). Mechanical properties of structural bamboo for bamboo scaffoldings . *Engineering Structures* , 422-429.
- Correal, J., & Arbeláez, J. (2010). Influence of age and height position on colombian *Guadua angustifolia* Bamboo mechanical properties . *Maderas, Ciencia y Tecnología* , 105-113.

- Cruz, H. (1994). *La Guadua nuestro bambú*. Corporación autónoma regional del Quindío y centro nacional para el estudio del bambú y la guadua, Quindío, Armenia.
- Duarte, M., *et al.*, (Marzo de 2016). Factores edáficos asociados a las propiedades mecánicas de la *Guadua angustifolia*. *Ingeniería y Región*(15), 9-21.
- Elmer, W., & Datnoff, L. (2014). Mineral nutrition and suppression of plant disease. *Encyclopedia of agriculture and food systems*, 231-244.
- Goh, K.-J., & Hardter, R. (2003). *Nutrición general de la palma de aceite*. Alemania.
- Gómez, M., & Sotés, V. (2014). *El Manganeso y la Viticultura: una revisión*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/publicaciones/MANGANESO%20Y%20VITICULTURA_tcm30-89512.pdf
- Guarín, G. W. (2004). *Resistencia a la sección transversal de la Guadua sometida a compresión*. Reporte técnico, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Guelfi, M., & López, C. (2014). Comparación del método de Thiessen con alternativas más simples mediante simulación de Monte Carlo. *Revista Cartografía*.
- Hernández, I., *et al.*, (2015). Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). *Maderas, Ciencia y Tecnología*, 505-516. doi:10.4067/S0718-221X2015005000045.
- Hsiung, W. (1983). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/s2850s/s2850s07.htm>
- Jiménez B, A. (2014). *Viabilidad para el manejo comunitario del cultivo de bambú y su aprovechamiento en construcción en la comunidad Igoupelegenda, Argentina*. Argentina: INTA.
- Juárez, M., *et al.*, (2007). *Hierro en el sistema Suelo-Planta*. Universidad de Alicante, Alicante, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10045/1845>
- Kumar, S., *et al.*, (1994). Bamboo preservation techniques: a review. *INBAR Technical report N° 20*.
- Kyrkby, E., & Romheld, V. (2007). *Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, Absorción y Movilidad*. The international Fertilizer Society, Reino Unido.
- Lahura, E. (Enero de 2003). *El coeficiente de correlación y correlaciones espúreas*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://www.pucp.edu.pe/economia/pdf/DDD218.pdf>
- Liese, W. (1998). The anatomy of bamboo culms. *INBAR Technical report N° 18*, 204.

- Limés, A. (2010). Clima y cambio climático. *Revista del Aficionado a la Meteorología*.
- Londoño, X. (Agosto de 2002). *Distribución, Morfología, Taxonomía, Anatomía, Silvicultura y Usos de los bambúes del nuevo mundo*. Obtenido de www.hof-landlust.de: <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>
- Londoño, X. (2011). El Bambú en Colombia . *Biotecnología Vegetal*, 143-154.
- Londoño, X., *et al.*, (2002). Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society*, 16, 18-31.
- López, G., & Salcedo, J. (2016). *Resistencia a la compresión perpendicular y módulo de elasticidad de la Guadua*. Proyecto de grado , Universidad Surcolombiana , Huila, Neiva.
- Mengel, K., & Kirkby, E. (1987). *Principles of plant nutrition* (4th ed.). Basel, Switzerland: International Potash Institute.
- Ministerio de Ambiente. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*. Bogotá D.C.
- Montiel, M. (Junio de 1998). El Bambú: revisión de su biología y cultivo. *Biología Tropical*, 46, 65-87. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=Ywb0TFiho08C&pg=PA65&dq=rizomas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi7sqCEuoP1AhUigK0KHQqtCQ4Q6AEIPTAD#v=onepage&q=rizomas&f=true>
- Motomura, H., *et al.*, (2004). Silica deposition in relation to ageing of leaf tissues in sasa veitchii (Carrière) rehder. *Ann Bot.*, 1-14. doi:10.1093/aob/mch034
- Ordóñez, V. R., & Bárcenas, M. G. (2014). Propiedades físicas y mecánicas de tres especies de guaduas mexicanas (*Guadua Aculeata*, *Guadua Amplexifolia* y *Guadua Velutina*). *Maderas y Bosques*, 111 - 125. doi:10.21829/myb.2014.202168
- Osorio, J. A., *et al.*, (Noviembre de 2007). Estructura interna de la guadua y su incidencia en las propiedades mecánicas . *DYNA*, 74(153), 81-94.
- Osorio, J. D., & Sapuyes, E. H. (2017). *Esfuerzo de flexión y módulo de elasticidad de la Guadua angustifolia Kunth procedente del municipio de Pitalito, Huila*. Tesis de grado , Universidad Surcolombiana, Pitalito.
- Restrepo, L. F., & González, J. (2007). De Pearson a Spearman . *Revista Colombiana de Ciencias Agropecuarias*, 183-192.
- Reyes, H., *et al.*, (Junio de 2015). Análisis de la electransformación de lignina en la guadua "Angustifolia Kunth" del Quindío. *Ciencia en Desarrollo*, 6(1), 55-60.

- Rojas, J. M. (2013). *Análisis de las propiedades mecánicas de la guadua angustifolia mediante técnicas estadísticas y redes neuronales*. Trabajo Final Master , Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/44823/1/1032358002.2013.pdf>
- Salas, E. (2006). *Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia*. Tesis de Doctorado , Universidad Politecnica de Cataluña , Barcelona.
- Valenzuela, I. G., & Torrente, A. (2010). *Ciencia del Suelo: Física de Suelos*. Bogotá D.C: Guadalupe S.A.
- Zaragoza-Hernández, I, *et al.*, (2014). Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 20(3), 87-96. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20n3/v20n3a8.pdf>
- zuarq. (27 de Octubre de 2007). *zuarq*. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/zuarq/25860075785/in/album-72157665839649672/>



ANEXOS



UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA

ANEXO A. Resultado análisis químicos de suelos.

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 1 DE 3

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Karla Nicolle Perez Amaya	TELEFONO: 3174263444	CIUDAD: Neiva
DIRECCIÓN: Cra 30 N° 15-49 B/Jardín	E-MAIL: karlanpa97@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Pitalito	DEPARTAMENTO: Huila	
CULTIVO: Guadua	ID CLIENTE: La Esperanza	
FECHA DE RECEPCIÓN: 24/10/2018	FECHA DE ENTREGA: 10/11/2018	

RESULTADOS									
Muestra Lab No.	pH	CE	Al	CIC	Bases de Intercambio				Bases Totales
					Ca	Mg	K	Na	
511-18	5,24	dS/m	meq/100g						12,32
		0,18	0,10	18,78	8,09	3,90	0,25	0,08	
	Fuertemente ácido	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto	Bajo	Bajo	

CO	MO	N	P	S	Elementos Menores					TEXTURA
					Cu	Fe	Zn	Mn	B	
%										
ppm										
2,90	5,00	0,25	65,67	9,55	1,33	237,44	10,63	34,52	0,81	Franco
Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	

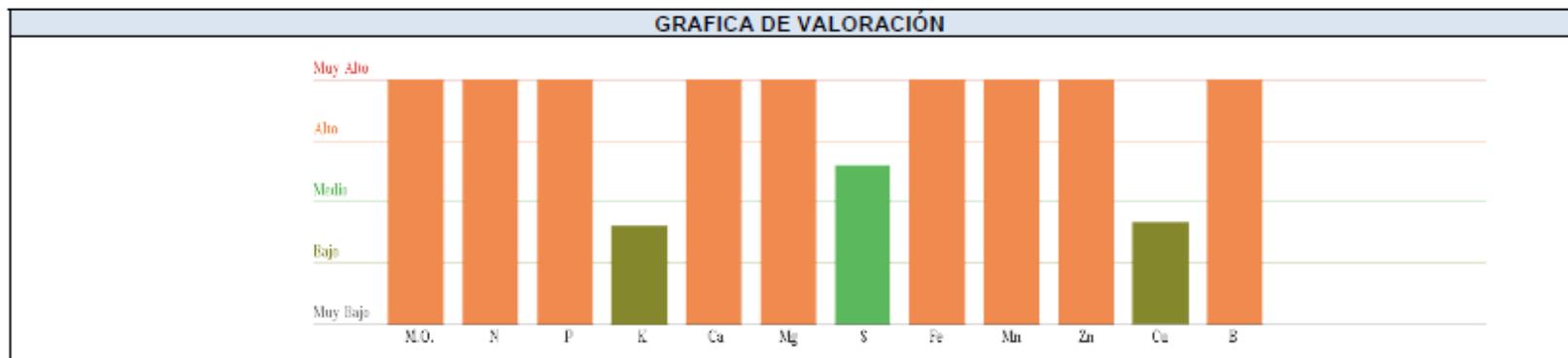
	Relación entre Cationes				Porcentaje de Saturación de Cationes				%SB	%S.A.I
	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	Ca	K	Mg	Na		
Resultado	2,07	15,92	33,02	48,94	43,08	1,30	20,78	0,44	65,61	0,51
Valoración	Deficiente	Deficiencia de Mg	Deficiencia de K	Deficiencia de K	Alto	Bajo	Alto	Muy bajo	Alto	Normal sin problemas

*Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

METODOS	
pH: 1:1 (Suelo: Agua)	Cationes y CIC: AcNH ₄ , 1N pH
CE: 1:2 (Suelo: Agua)	Elementos Menores: DTPA
CO: Walkley Black	P: Bray II
MO: Relación Matemática	S: Fosfato monobásico de Calcio
N: Relación Matemática	B: Agua caliente, Azometina H
Al: KCl 1N	Textura: Bouyoucos/Organoléptica

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Tel. 8666848 Cel. 3142480137
E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO
		ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 2 DE 3



OBSERVACIONES GENERALES		
PARAMETROS	CIC	La CIC media es indicador de una moderada capacidad de carga del suelo.
	M. Orgánica	Los altos contenidos de MO están asociados a exceso de humedad y bajas temperaturas.
	Aluminio	Las cantidades bajas de Al no afectan el desarrollo normal de los cultivos.
ELEMENTOS MAYORES	Nitrógeno	El exceso de N produce mucha vegetación, pocos frutos, retraso en la maduración y ataque de plagas.
	Fosforo	Los altos contenidos de P reducen la producción de materia seca y se induce una deficiencia de Cinc en la planta.
	Potasio	Los bajos contenidos de K pueden afectar la calidad de la cosecha.
ELEMENTOS SECUNDARIOS	Calcio	Los altos contenidos de calcio pueden ocasionar desbalance catiónico en el K y el Mg.
	Magnesio	El exceso de Mg puede reducir la absorción y translocación de potasio y amonio a la parte aérea de la planta.
	Azufre	Los contenidos óptimos de S estimulan el crecimiento de la raíz, el color verde oscuro de las hojas, el vigor de la planta y la producción de semillas.
ELEMENTOS MENORES	Cobre	Los bajos contenidos de Cu producen hojas jóvenes grandes y flácidas.
	Hierro	Los altos contenidos de Fe producen necrosis en las hojas y disminución de biomasa radicular, disminuyendo el crecimiento y el rendimiento del cultivo.
	Zinc	Los Altos contenidos de Zn Inducen a la clorosis y al crecimiento reducido de la planta.
	Manganeso	Los altos contenidos de Mn pueden limitar el proceso fotosintético de las plantas y con ello el crecimiento de las mismas.
	Boro	Los altos contenidos de B producen clorosis y necrosis de los puntos de crecimiento, hojas que se caen e incluso la muerte de la planta.

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 1 DE 3

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Karla Nicolle Perez Amaya DIRECCIÓN: Cra 30 N° 15-49 B/Jardín	TELEFONO: 3174263444 E-MAIL: karlanpa97@gmail.com	CIUDAD: Neiva
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Pitalito CULTIVO: Guadua FECHA DE RECEPCIÓN: 24/10/2018	DEPARTAMENTO: Huila ID CLIENTE: La Vega N°1 FECHA DE ENTREGA: 10/11/2018	

RESULTADOS										
Muestra Lab No.	pH	CE	Al	CIC	Bases de Intercambio				Bases Totales	
					Ca	Mg	K	Na		
515-18	5,70	dS/m	meq/100g							2,37
		0,07	-	7,02	1,50	0,74	0,06	0,07		
	Medianamente ácido	Muy Bajo	-	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Muy Bajo	Bajo		

CO	MO	N	P	S	Elementos Menores					TEXTURA
					Cu	Fe	Zn	Mn	B	
%					ppm					Organoléptica
0,48	0,82	0,04	47,06	7,68	2,11	70,32	4,44	25,04	0,26	Arenoso
Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	

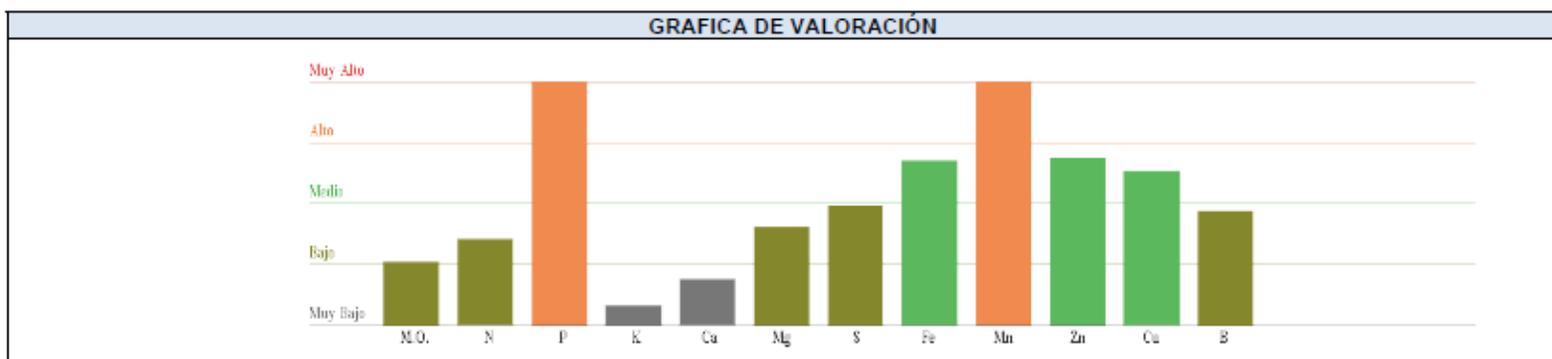
	Relación entre Cationes				Porcentaje de Saturación de Cationes				%SB	%S.A.I
	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	Ca	K	Mg	Na		
Resultado	2,03	11,76	23,87	35,64	21,35	0,89	10,52	0,95	33,70	-
Valoración	Deficiente	Deficiencia de Mg	Deficiente	Deficiente	Bajo	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	-

*Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

METODOS	
pH: 1:1 (Suelo: Agua) CE: 1:2 (Suelo: Agua) CO: Walkley Black MO: Relación Matemática N: Relación Matemática Al: KCl 1N	Cationes y CIC: AcNH ₄ , 1N pH Elementos Menores: DTPA P: Bray II S: Fosfato monobásico de Calcio B: Agua caliente, Azometina H Textura: Bouyoucos/Organoléptica

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Tel. 8666848 Cel. 3142480137
E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 2 DE 3



OBSERVACIONES GENERALES		
PARAMETROS	CIC	La CIC baja es indicador de la deficiencia en la fertilidad del suelo.
	M. Orgánica	Los bajos contenidos de MO limitan el almacenamiento, la disponibilidad de agua y de nutrientes para la planta.
	Aluminio	-
ELEMENTOS MAYORES	Nitrógeno	Los bajos contenidos de N producen reducción en tamaño y vigor, clorosis y floración prematura.
	Fosforo	Los altos contenidos de P reducen la producción de materia seca y se induce una deficiencia de Cinc en la planta.
	Potasio	La deficiencia de K produce frutos pequeños y caída prematura de hojas y frutos.
ELEMENTOS SECUNDARIOS	Calcio	La deficiencia de Ca produce hojas amarillas en las puntas y márgenes.
	Magnesio	Los bajos contenidos de Mg producen hojas maduras con manchas amarillas en forma de punta de flecha y alteraciones en la cosecha.
	Azufre	Los bajos contenidos de S causan alteración de los procesos metabólicos y síntesis de proteínas.
ELEMENTOS MENORES	Cobre	Los contenidos óptimos de Cu promueve la vegetación, resistencia a las enfermedades y menor caída de los frutos.
	Hierro	Los contenidos óptimos de Fe promueven la formación de quelatos estables y solubles, haciendo parte de un gran número de funciones fisiológicas.
	Zinc	Los contenidos óptimos de Zn promueven el crecimiento vegetativo y del fruto.
	Manganeso	Los altos contenidos de Mn pueden limitar el proceso fotosintético de las plantas y con ello el crecimiento de las mismas.
	Boro	Los bajos contenidos de B ocasionan la caída prematura de botones florales, poca floración y pérdida en rendimientos.

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 1 DE 3

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Karla Nicolle Perez Amaya	TELEFONO: 3174263444	CIUDAD: Neiva
DIRECCIÓN: Cra 30 N° 15-49 B/Jardín	E-MAIL: karlanpa97@gmail.com	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Pitalito	DEPARTAMENTO: Huila	
CULTIVO: Guadua	ID CLIENTE: Sena N°.1	
FECHA DE RECEPCIÓN: 24/10/2018	FECHA DE ENTREGA: 10/11/2018	

RESULTADOS									
Muestra Lab No.	pH	CE	Al	CIC	Bases de Intercambio				Bases Totales
					Ca	Mg	K	Na	
513-18	5,56	dS/m			meq/100g				10,43
		0,11	-	16,10	6,80	3,13	0,43	0,07	
	Fuertemente ácido	Muy Bajo	-	Medio	Alto	Alto	Medio	Bajo	

CO	MO	N	P	S	Elementos Menores					TEXTURA
					Cu	Fe	Zn	Mn	B	
%					ppm					Organoléptica
2,62	4,52	0,23	8,93	8,00	1,52	211,45	10,69	37,20	1,39	Franco Arenoso
Medio	Alto	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	

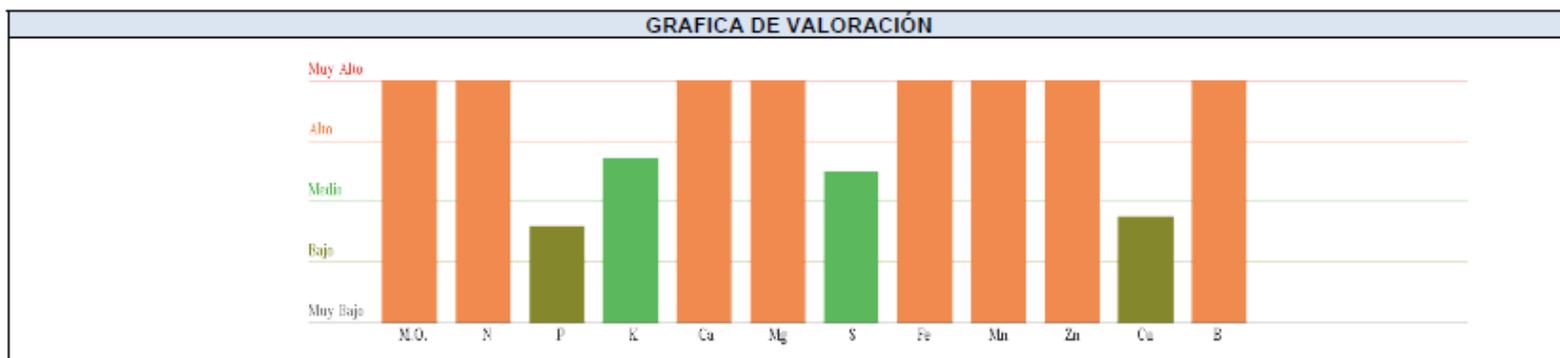
Relación entre Cationes					Porcentaje de Saturación de Cationes				%SB	%S.A.I
	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	Ca	K	Mg	Na		
Resultado	2,17	7,25	15,73	22,98	42,22	2,68	19,45	0,44	64,80	-
Valoración	Deficiente	Deficiencia de Mg	Relación Ideal	Deficiente	Alto	Medio	Medio	Muy bajo	Alto	-

*Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

METODOS	
pH: 1:1 (Suelo: Agua)	Cationes y CIC: AcNH ₄ , 1N pH
CE: 1:2 (Suelo: Agua)	Elementos Menores: DTPA
CO: Walkley Black	P: Bray II
MO: Relación Matemática	S: Fosfato monobásico de Calcio
N: Relación Matemática	B: Agua caliente, Azometina H
Al: KCl 1N	Textura: Bouyoucos/Organoléptica

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Tel. 8666848 Cel. 3142480137
 E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 2 DE 3



OBSERVACIONES GENERALES		
PARAMETROS	CIC	La CIC media es indicador de una moderada capacidad de carga del suelo.
	M. Orgánica	Los altos contenidos de MO están asociados a exceso de humedad y bajas temperaturas.
	Aluminio	-
ELEMENTOS MAYORES	Nitrógeno	El exceso de N produce mucha vegetación, pocos frutos, retraso en la maduración y ataque de plagas.
	Fosforo	Los bajos contenidos de P pueden ocasionar reducción en el tamaño y en el rendimiento de la planta.
	Potasio	Los contenidos óptimos de K producen mayor resistencia a las sequías, heladas, plagas y enfermedades.
ELEMENTOS SECUNDARIOS	Calcio	Los altos contenidos de calcio pueden ocasionar desbalance catiónico en el K y el Mg.
	Magnesio	El exceso de Mg puede reducir la absorción y translocación de potasio y amonio a la parte aérea de la planta.
	Azufre	Los contenidos óptimos de S estimulan el crecimiento de la raíz, el color verde oscuro de las hojas, el vigor de la planta y la producción de semillas.
ELEMENTOS MENORES	Cobre	Los bajos contenidos de Cu producen hojas jóvenes grandes y flácidas.
	Hierro	Los altos contenidos de Fe producen necrosis en las hojas y disminución de biomasa radicular, disminuyendo el crecimiento y el rendimiento del cultivo.
	Zinc	Los Altos contenidos de Zn inducen a la clorosis y al crecimiento reducido de la planta.
	Manganeso	Los altos contenidos de Mn pueden limitar el proceso fotosintético de las plantas y con ello el crecimiento de las mismas.
	Boro	Los altos contenidos de B producen clorosis y necrosis de los puntos de crecimiento, hojas que se caen e incluso la muerte de la planta.

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 1 DE 3

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Karla Nicolle Perez Amaya DIRECCIÓN: Cra 30 N° 15-49 B/Jardín	TELEFONO: 3174263444 E-MAIL: karlanpa97@gmail.com	CIUDAD: Neiva
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Pitalito CULTIVO: Guadua FECHA DE RECEPCIÓN: 24/10/2018	DEPARTAMENTO: Huila ID CLIENTE: La Dalia N°. 1 FECHA DE ENTREGA: 10/11/2018	

RESULTADOS									
Muestra Lab No.	pH	CE	Al	CIC	Bases de Intercambio				Bases Totales
					Ca	Mg	K	Na	
516-18	5,49	dS/m	meq/100g						5,83
	Fuertemente ácido	0,05	0,10	15,73	3,95	1,71	0,09	0,08	
		Muy Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Muy Bajo	Bajo	

CO	MO	N	P	S	Elementos Menores					TEXTURA
					Cu	Fe	Zn	Mn	B	
%					ppm					Organoléptica
0,84	1,45	0,07	11,35	6,43	1,82	104,94	1,46	10,37	0,16	Franco Arcillo Arenoso
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	

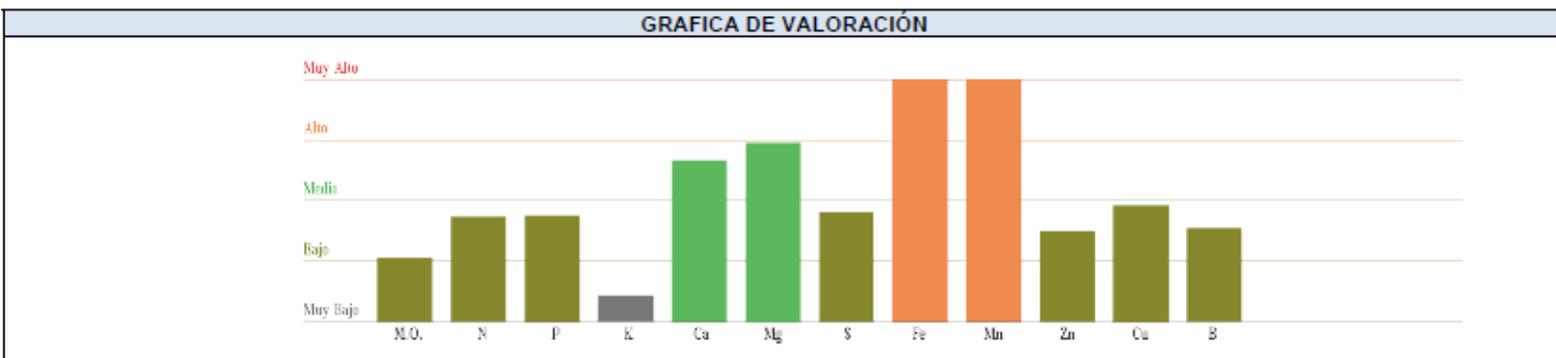
	Relación entre Cationes				Porcentaje de Saturación de Cationes				%SB	%S.A.I
	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	Ca	K	Mg	Na		
Resultado	2,31	19,89	45,89	65,78	25,09	0,55	10,87	0,53	37,04	0,61
Valoración	Deficiente	Deficiencia de Mg	Deficiencia de K	Deficiencia de K	Bajo	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Medio	Normal sin problemas

*Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

METODOS	
pH: 1:1 (Suelo: Agua) CE: 1:2 (Suelo: Agua) CO: Walkley Black MO: Relación Matemática N: Relación Matemática Al: KCl 1N	Cationes y CIC: AcNH ₄ , 1N pH Elementos Menores: DTPA P: Bray II S: Fosfato monobásico de Calcio B: Agua caliente, Azometina H Textura: Bouyoucos/Organoléptica

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Tel. 8666848 Cel. 3142480137
 E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 2 DE 3



OBSERVACIONES GENERALES		
PARAMETROS	CIC	La CIC media es indicador de una moderada capacidad de carga del suelo.
	M. Orgánica	Los bajos contenidos de MO limitan el almacenamiento, la disponibilidad de agua y de nutrientes para la planta.
	Aluminio	Las cantidades bajas de Al no afectan el desarrollo normal de los cultivos.
ELEMENTOS MAYORES	Nitrógeno	Los bajos contenidos de N producen reducción en tamaño y vigor, clorosis y floración prematura.
	Fosforo	Los bajos contenidos de P pueden ocasionar reducción en el tamaño y en el rendimiento de la planta.
	Potasio	La deficiencia de K produce frutos pequeños y caída prematura de hojas y frutos.
ELEMENTOS SECUNDARIOS	Calcio	Los contenidos óptimos de Ca producen un buen desarrollo y funcionamiento de las raíces.
	Magnesio	Los contenidos óptimos de Mg generan buen desarrollo de la vegetación.
	Azufre	Los bajos contenidos de S causan alteración de los procesos metabólicos y síntesis de proteínas.
ELEMENTOS MENORES	Cobre	Los bajos contenidos de Cu producen hojas jóvenes grandes y flácidas.
	Hierro	Los altos contenidos de Fe producen necrosis en las hojas y disminución de biomasa radicular, disminuyendo el crecimiento y el rendimiento del cultivo.
	Zinc	Los bajos contenidos de Zn reducen el crecimiento, produce hojas más pequeñas y cloróticas.
	Manganeso	Los altos contenidos de Mn pueden limitar el proceso fotosintético de las plantas y con ello el crecimiento de las mismas.
	Boro	Los bajos contenidos de B ocasionan la caída prematura de botones florales, poca floración y pérdida en rendimientos.

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 1 DE 3

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Karla Nicolle Perez Amaya DIRECCIÓN: Cra 30 N° 15-49 B/Jardín	TELEFONO: 3174263444 E-MAIL: karlanpa97@gmail.com	CIUDAD: Neiva
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Pitalito CULTIVO: Guadua FECHA DE RECEPCIÓN: 24/10/2018	DEPARTAMENTO: Huila ID CLIENTE: Villa Maria N°. 1 FECHA DE ENTREGA: 10/11/2018	

RESULTADOS									
Muestra Lab No.	pH	CE	Al	CIC	Bases de Intercambio				Bases Totales
					Ca	Mg	K	Na	
517-18	4,58	dS/m	meq/100g						14,64
	Extremadamente ácido	0,13	4,38	20,19	10,05	4,35	0,17	0,06	
		Muy Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Bajo	Bajo	

CO	MO	N	P	S	Elementos Menores					TEXTURA
					Cu	Fe	Zn	Mn	B	
%		ppm								Organoléptica
1,15	1,99	0,10	9,41	7,95	1,81	76,05	2,80	54,39	0,38	Arcilloso
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio	

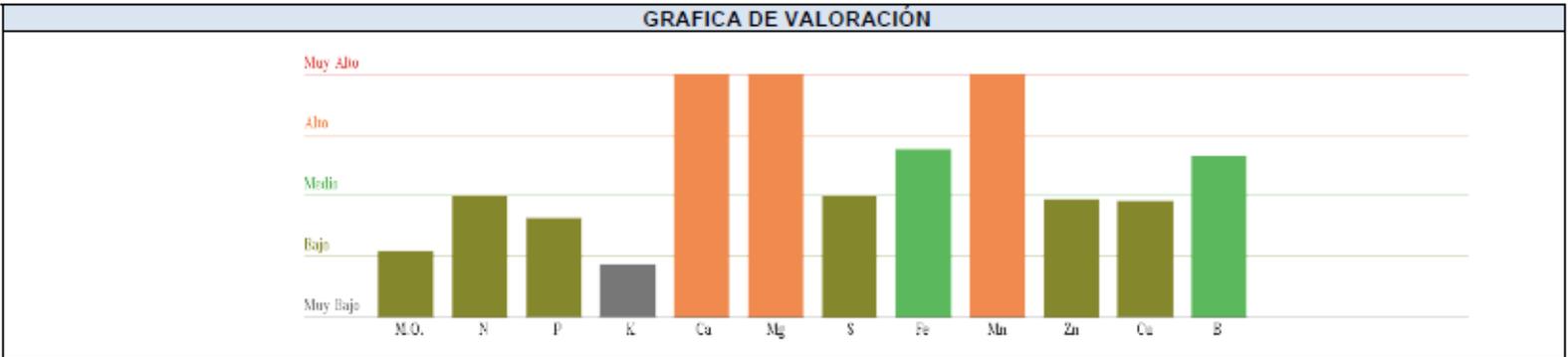
Relación entre Cationes					Porcentaje de Saturación de Cationes				%SB	%S.A.I
	Ca/Mg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	Ca	K	Mg	Na		
Resultado	2,31	25,11	57,97	83,08	49,80	0,86	21,57	0,31	72,53	21,68
Valoración	Deficiente	Deficiencia de Mg	Deficiencia de K	Deficiencia de K	Alto	Muy bajo	Alto	Muy bajo	Alto	Toxico para plantas tolerantes

*Los resultados corresponden únicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

METODOS	
pH: 1:1 (Suelo: Agua) CE: 1:2 (Suelo: Agua) CO: Walkley Black MO: Relación Matemática N: Relación Matemática Al: KCl 1N	Cationes y CIC: AcNH ₄ , 1N pH Elementos Menores: DTPA P: Bray II S: Fosfato monobásico de Calcio B: Agua caliente, Azometina H Textura: Bouyoucos/Organoléptica

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Tel. 8666848 Cel. 3142480137
E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS	CODIGO
		ER-FR-01
		VERSIÓN 01
		PAG: 2 DE 3



OBSERVACIONES GENERALES		
PARAMETROS	CIC	La CIC alta es indicador de alta capacidad del suelo para almacenamiento de los elementos nutricionales para las plantas.
	M. Orgánica	Los bajos contenidos de MO limitan el almacenamiento, la disponibilidad de agua y de nutrientes para la planta.
	Aluminio	Las altas concentraciones de Al producen limitaciones en el desarrollo radicular y en la absorción de nutrientes y agua.
ELEMENTOS MAYORES	Nitrógeno	Los bajos contenidos de N producen reducción en tamaño y vigor, clorosis y floración prematura.
	Fosforo	Los bajos contenidos de P pueden ocasionar reducción en el tamaño y en el rendimiento de la planta.
	Potasio	La deficiencia de K produce frutos pequeños y caída prematura de hojas y frutos.
ELEMENTOS SECUNDARIOS	Calcio	Los altos contenidos de calcio pueden ocasionar desbalance catiónico en el K y el Mg.
	Magnesio	El exceso de Mg puede reducir la absorción y translocación de potasio y amonio a la parte aérea de la planta.
	Azufre	Los bajos contenidos de S causan alteración de los procesos metabólicos y síntesis de proteínas.
ELEMENTOS MENORES	Cobre	Los bajos contenidos de Cu producen hojas jóvenes grandes y flácidas.
	Hierro	Los contenidos óptimos de Fe promueven la formación de quelatos estables y solubles, haciendo parte de un gran número de funciones fisiológicas.
	Zinc	Los bajos contenidos de Zn reducen el crecimiento, produce hojas más pequeñas y cloróticas.
	Manganeso	Los altos contenidos de Mn pueden limitar el proceso fotosintético de las plantas y con ello el crecimiento de las mismas.
	Boro	Los contenidos óptimos de B favorecen el transporte de azúcares.

ANEXO E. Resultados de pruebas de propiedades mecánicas.

Tabla 1. Resultados obtenidos para cada una de las zonas de muestreo para resistencia a la compresión perpendicular a la fibra en MPa

DALIA	LA ESPERANZA	VILLA MARIA	YAMBORO
11,25	7,47	9,09	12,14
8,22	7,03	6,32	9,96
2,12	3,81	3,74	15,69
6,47	4,46	4,25	8,81
12,95	5,2	9,49	9,53
10,14	5,47	8,7	6,75
9,17	6,77	6,08	20,45
5,96	3,09	2,43	8,28
8,03	6,83	10,31	9,29
5,86	8,32	9,1	4,72
13,19	4,83	10,16	7,38
8,92	8,25	9,81	10,01
8,32	7,87	4,13	5,66
6,78	7,63	7,93	9,38
6,6	8,33	9,41	8,37
8,14	3,32	11,33	10,95
11,95	6,21	10,17	10,61
7,11	4,22	3,95	10,59
11,65	7,92	5,2	9,25
7,69	4,02	5,16	6,71
3,26	7,1	4,1	8,69
9,9	8,73	9,48	6,69
7,93	5,36	8,47	7,77
11,04	21,84	12,62	3,16
11,56	10,31	9,91	6,69
8,24	13,01	2,04	7,78
11,21	10,31	4,27	9,95
8,36	8,17	6,21	5,71
2,17	7,93	6,87	9,92
4,89	7,23	5,11	7,32
6,7	12,48	7,89	6,99
6,89	1,64	7,86	11,64
4,8	9,12	5,21	6,16
10,07	4,35	4,02	6,64
	8,4	12,59	7,91
	3,02	10,19	12,64
	9,5	6,13	7,18
		8,58	6,12
		7,78	10,9

Tabla 2. Resultados obtenidos para cada una de las zonas de muestreo para resistencia a la compresión paralela a la fibra MPa

LA VEGA	LA ESPERANZA	LA DALIA	YAMBORO	VILLA MARÍA
37,38	28,86	38	39,32	46
32,37	35,88	0	36,44	42,53
39,93	37,41	35,74	46,15	37,26
37,88	33,89	33,01	29,29	37,07
35,38	38,5	40,86	43,38	27,98
37,17	49,11	40,11	47,24	45,88
38,92	31,92	45,92	33,32	36,07
33,81	40,56	41,2	33,3	41,59
32,99	59,05	47,34	39,21	44,66
35,16	48,17	42,49	36,36	36,99
36,06	35,27	33,12	36,6	40,86
40,27	0	0	37,46	35,94
36,98	37,07	31,77	37,05	30,37
33,2	31,68	41,95	30,39	37,46
21,34	49,64	37,58	35,86	37,51
32,17	30	0	39,92	31,7
25,87	49,35	44,05	32,38	35,99
32,34	39,17	37	39,66	41,81
29,95	38,46	34,23	33,66	40,79
34,05	33,82	39,2	33,53	37,05
38,31	46,57	42,83	35,46	36,16
36,3	27,88	30,41	35,82	38,75
30,19	33,45	36,09	40,37	33,64
36,44	32,02	42,83	40,27	48,27
39,89	31,81	25,47	44,5	39,62
30,59	35,51	37,02	38,71	38,38
34,34	40,06	43,61	49,46	35,1
40,7	39	38,65	35,7	30,96
32,77	37,51	38,21	34,98	29,72
40,7	44,83	38,6	45,96	42,69

Tabla 3. Resultados obtenidos para cada una de las zonas de muestreo para resistencia al corte en MPa

LA DALIA	LA ESPERANZA	VILLA MARIA	YAMBORO
8,54	8,95	7,7	6,68
6,19	8,21	4,9	0,575
7,46	5,49	7,2	5,38
4,64	9,78	4,25	6,3
6,69	6,79	5,33	6,08
7,1	11,99	5,61	5,98
6,78	5,73	5,87	8,14
5,73	4,95	3,97	5,27
6,8	4,8	3,7	6,64
6,74	7,72	4,95	8,56
6,66	4,47	4,51	3,3
6,14	4,64	5,39	6,05
5,12	5,47	5,99	5,2
9,67	4,45	6,57	7,2
7,6	5,12	5,75	4,7
7,31	4,95	5,11	7,79
3,84	4,74	5,17	4,11
6,71	5,09	7,55	6,48
7,42	6,04	6,22	5,96
3,82	5,13	7,32	7,29
7,39	5,31	4,06	7,29
4,98	5,57	8,89	5,72
4,15	5,44	8,73	7,7
5,06	4,42	6,98	7,37
4,53	4,4	5,6	6,2
5,61	12,83	6,71	5,01
7,4	11,52	6,58	7,3
4,18	3,44	7,72	7,4
5,46	6,25	5,45	7,39
5,75	4,54	5,68	5,84
7,26	8,73	3,91	5,18
7,39	6,57	5,18	9,45
1,81	2,27	5,18	4,9
6,03	3,7	5,74	4,43
6,78	4,17	4,8	4,59
5,75	3,13	5,28	5,67
3,38	6,49	5,93	5,5
7,46	5,29	7,14	4,66
6,62	4,53	4,92	8,09
7,21	5,04	5,09	6,98
2,82	5,44	6,05	4,78
7,6	5,32	6,27	4,85
9,48	14,54	7,12	2,22
6,86	4,71	4	4,26
	4,23	6,03	
	3,76	8,41	
	8,34	6,15	

Tabla 4. Resultados obtenidos para cada una de las zonas de muestreo para resistencia a la flexión en MPa

LA DALIA	VILLA MARÍA	LA VEGA	YAMBORO
55,75	68,88	65,45	61,59
67,97	52,24	42,48	75,32
53,22	55,82	63,17	62,16
57,14	51,86	52,95	73,23
63,04	66,99	54,55	69,66
58,06	62,32	57,08	75,88
56,71	61,98	45,88	68,65
55,84	61,93	50,2	60,8
71,62	47,43	50,39	65,66
58,91	41,05	38,49	72,14
42,54	51,62	57,02	67,16
51,26	70,8	57,76	18,59
70,52	54,6	61,79	71,2
67,46	45,46	70,15	65,59
59,95	48,22	47,57	52,3
47,76	47,68	55,08	
62,99	64,35	53,82	
56,63	61,5	49,57	
55,73	54,63	62,62	
58,41		47,92	

SURCOLOMBIANA

Tabla 5. Resultados obtenidos para cada una de las zonas de muestreo para resistencia a la tensión en MPa

LA ESPERANZA	VILLA MARÍA	YAMBORO	LA DALIA
59,89	66,9	60,29	62,36
50,64	57,58	53,28	61,27
59,78	52,86	50,47	62,12
65,99	54,71	92,62	61,42
67,67	56,18	75	68,95
57,68	57,85	66,54	63,83
54,26	66,55	61,95	66,17
64,05	57,64	58,9	59,81
67,47	61,61	74,1	57,88
94,14	55,96	53,39	55,82
54,33	54,24	62,39	58,35
54,06	58,18	51,15	62,89
53,28	57,87	48,71	65,82
82,22	51,64	57,73	51,18
74,16	54,68	61,06	55,38
60,88	56,41	73,69	74
65,1	51,63	66,89	60,83
49,81	61,54	55,6	59,72
94,01	51,56	64,17	60,63
75,15	52,06	63,64	70,16
66,98	59,19	68,91	65,31
64,34	54,62	58,13	59,26
66,44	56,4	58,14	65,89
71,34	58,57	63,49	64,46
83,69	63,98	60,94	54,79
70,83	53,75	63,66	72,77
66,29	59,87	60,15	57,81
69,66	65,28	62,55	68,32
60,91	67,01	58,98	60,11
59,63	62,4	66,15	62,13



UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA