

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 21 De Marzo del 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Paola Andrea Falla Pérez, con C.C. No. 1081417720,

Yuberica Alejandra Suarez Gaviria, con C.C. No.1081408589

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

Titulado Evaluación de la efectividad del compost y vermicompost en combinación con las especies forestales (*Jacaranda caucana pittier*, *anacardium excelsum* y *cariniana pyriformis miers*) como técnica para la rehabilitación de áreas degradadas de la finca kirpal del municipio de la Plata, Huila.

Presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de

Ingeniero Agrícola;

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.

Vigilada Mineducación

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.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

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: Paola Andrea Falk Pérez

Firma: Ubérica Suárez

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Vigilada Mineducación

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.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					   	
	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:

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL COMPOST Y VERMICOMPOST EN COMBINACIÓN CON LAS ESPECIES FORESTALES (*Jacaranda caucana* Pittier, *Anacardium excelsum* Y *Cariniana pyriformis* Miers) COMO TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS DE LA FINCA KIRPAL DEL MUNICIPIO DE LA PLATA, HUILA.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
FALLA PÉREZ	PAOLA ANDREA
SUAREZ GAVIRIA	YUBERICA ALEJANDRA

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
RODRÍGUEZ ACOSTA	DANIEL
TORRENTE	ARMANDO

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERÍA AGRÍCOLA

CIUDAD: LA PLATA - HUILA **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2023 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 48

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Vigilada Mineducación

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.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

Diagramas___ Fotografías **X** Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general **X** Grabados___ Láminas___
Litografías___ Mapas **X** Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros **X**

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

WORD (MICROSOFT OFFICE)

ADOBE ACROBAT READER

MATERIAL ANEXO:

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

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Vermicompost
2. Compost
3. Anacardium Excelsum
4. Cariniana Pyriformis
5. Jacaranda Caucana
6. Area Degradada

Inglés

1. Vermicompost
2. Compost
3. Anacardium excelsum
4. Cariniana pyriformis
5. Jacaranda caucana
6. Deteriorated área

Vermicompost, Compost, Anacardium Excelsum, Cariniana Pyriformis, Jacaranda Caucana, Área degradada.

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

En el presente documento, se evaluó la efectividad del compost y Vermicompost en tres especies forestales (*Jacaranda Caucana Pittier, Anacardium excelsum y Cariniana Pyriformis Miers*) como técnica para la rehabilitación de áreas degradadas de la finca el kirpal ubicada en la vereda Lusitana del municipio de La Plata, Huila. Para su la obtención de las enmiendas se estableció una biofabrica en la cual se realizó la elaboración de los sustratos de compost y Vermicompost derivados de la pulpa de café y estiércol bovino, Se realizó un diseño experimental de bloques al azar, con seis repeticiones por tratamiento para cada especie (T1: condición control, T2: Compost; T3 Vermicompost) para un total de 54 unidades experimentales. Como resultado en la medición de los 10 meses de crecimiento de altura y diámetro, se determinaron diferencias significativas en los tres sustratos usados como enmiendas, por lo que el de mayor efectividad fue el Vermicompost

Vigilada Mineducación

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.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3

evidenciado en el desarrollo de las tres especies. La especie *Anacardium excelsum* fue la que se destacó por tener la mayor adaptación en el área degradada. Que obtuvo el máximo desarrollo de altura y diámetro en el Vermicompost, presento diferencias significativas frente al tratamiento testigo y el compost, esta especie se destacó por tener la mayor adaptación en el área con un diámetro promedio de 36,33mm y una altura total de 196,5cm.

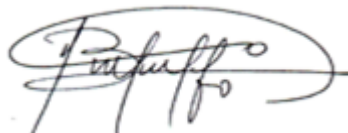
ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

In this document, the effectiveness of compost and Vermicompost was evaluated in three forest species (*Jacaranda Caucana* Pittier, *Anacardium excelsum* and *Cariniana Pyriformis* Miers) as a technique for the rehabilitation of degraded areas of the El Kirpal farm located in the Lusitania village of the municipality of La Plata, Huila. To obtain the amendments, a biofactory was established in which the preparation of compost and Vermicompost substrates derived from coffee pulp and bovine manure was carried out. A randomized block experimental design was carried out, with six repetitions per treatment. For each species (T1: control condition, T2: Compost; T3 Vermicompost) for a total of 54 experimental units. As a result of the measurement of the 10 months of height and diameter growth, significant differences were determined in the three substrates used as amendments, for What the most effective was the Vermicompost evidenced in the development of the three species. The species *Anacardium excelsum* was the one that stood out for having the greatest adaptation in the degraded area, which obtained the maximum development of height and diameter in the Vermicompost, so the latter presented significant differences compared to the Control treatment and compost, this species stood out for having the greatest adaptation in the area with an average diameter of 36.33mm and a total height of 196.5cm.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: BERTULFO DELGADO JOVEN

Firma:



Vigilada Mineducación

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.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					   	
	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:

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL COMPOST Y VERMICOMPOST EN COMBINACIÓN CON LAS ESPECIES FORESTALES (*Jacaranda caucana* Pittier, *Anacardium excelsum* Y *Cariniana pyriformis* Miers) COMO TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS DE LA FINCA KIRPAL DEL MUNICIPIO DE LA PLATA, HUILA.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
FALLA PÉREZ	PAOLA ANDREA
SUAREZ GAVIRIA	YUBERICA ALEJANDRA

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
RODRÍGUEZ ACOSTA	DANIEL
TORRENTE	ARMANDO

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERÍA AGRÍCOLA

CIUDAD: LA PLATA - HUILA AÑO DE PRESENTACIÓN: 2023 NÚMERO DE PÁGINAS: 48

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Vigilada Mineducación

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.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Diagramas___Fotografías **X** Grabaciones en discos___Ilustraciones en general **X** Grabados___Láminas___
Litografías___Mapas **X** Música impresa___ Planos___Retratos___Sin ilustraciones___Tablas o Cuadros **X**

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

WORD (MICROSOFT OFFICE)

ADOBE ACROBAT READER

MATERIAL ANEXO:

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

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Vermicompost
2. Compost
3. Anacardium Excelsum
4. Cariniana Pyriformis
5. Jacaranda Caucana
6. Area Degradada

Inglés

1. Vermicompost
2. Compost
3. Anacardium excelsum
4. Cariniana pyriformis
5. Jacaranda caucana
6. Deteriorated área

Vermicompost, Compost, Anacardium Excelsum, Cariniana Pyriformis, Jacaranda Caucana, Área degradada.

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

En el presente documento, se evaluó la efectividad del compost y Vermicompost en tres especies forestales (*Jacaranda Caucana Pittier*, *Anacardium excelsum* y *Cariniana Pyriformis Miers*) como técnica para la rehabilitación de áreas degradadas de la finca el kirpal ubicada en la vereda Lusitana del municipio de La Plata, Huila. Para su la obtención de las enmiendas se estableció una biofabrica en la cual se realizó la elaboración de los sustratos de compost y Vermicompost derivados de la pulpa de café y estiércol bovino, Se realizó un diseño experimental de bloques al azar, con seis repeticiones por tratamiento para cada especie (T1: condición control, T2: Compost; T3 Vermicompost) para un total de 54 unidades experimentales. Como resultado en la medición de los 10 meses de crecimiento de altura y diámetro, se determinaron diferencias significativas en los tres sustratos usados como enmiendas, por lo que el de mayor efectividad fue el Vermicompost

Vigilada Mineducación

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.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

evidenciado en el desarrollo de las tres especies. La especie *Anacardium excelsum* fue la que se destacó por tener la mayor adaptación en el área degradada. Que obtuvo el máximo desarrollo de altura y diámetro en el Vermicompost, presento diferencias significativas frente al tratamiento testigo y el compost, esta especie se destacó por tener la mayor adaptación en el área con un diámetro promedio de 36,33mm y una altura total de 196,5cm.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

In this document, the effectiveness of compost and Vermicompost was evaluated in three forest species (*Jacaranda Caucana* Pittier, *Anacardium excelsum* and *Cariniana Pyriformis* Miers) as a technique for the rehabilitation of degraded areas of the El Kirpal farm located in the Lusitania village of the municipality of La Plata, Huila. To obtain the amendments, a biofactory was established in which the preparation of compost and Vermicompost substrates derived from coffee pulp and bovine manure was carried out. A randomized block experimental design was carried out, with six repetitions per treatment. For each species (T1: control condition, T2: Compost; T3 Vermicompost) for a total of 54 experimental units. As a result of the measurement of the 10 months of height and diameter growth, significant differences were determined in the three substrates used as amendments, for What the most effective was the Vermicompost evidenced in the development of the three species. The species *Anacardium excelsum* was the one that stood out for having the greatest adaptation in the degraded area, which obtained the maximum development of height and diameter in the Vermicompost, so the latter presented significant differences compared to the Control treatment and compost, this species stood out for having the greatest adaptation in the area with an average diameter of 36.33mm and a total height of 196.5cm.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: DIANA CAROLINA POLONÍA MONTIEL

**EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD DEL COMPOST Y
VERMICOMPOST EN COMBINACIÓN CON LAS ESPECIES
FORESTALES (*Jacaranda caucana*
Pittier, *Anacardium excelsum* Y *Cariniana pyriformis* Miers) COMO
TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS DE
LA FINCA KIRPAL DEL MUNICIPIO DE LA PLATA, HUILA.**

Trabajo de grado presentado al departamento de Ingeniería Agrícola
Como requisito para optar al título de: Ingeniero Agrícola

Autore(s)

Paola Andrea Falla Pérez: 20132123696

Yuberica Alejandra Suarez Gaviria: 20132123694

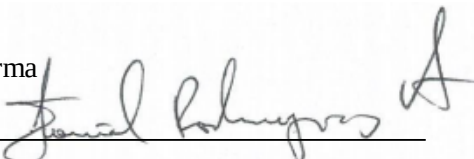
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Sede la Plata, Huila, Colombia. 2022

Firma



Director: Daniel Rodríguez Acosta

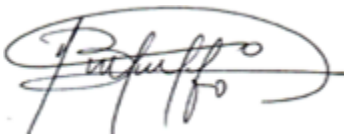
Firma



Codirector: Armando Torrente

Nota de aceptación

Firma



Jurado: Bertulfo Delgado Joven

Firma

Jurado: Diana Carolina Polanía Montiel

EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD DEL COMPOST Y VERMICOMPOST EN COMBINACIÓN CON LAS ESPECIES FORESTALES (*Jacaranda caucana pittier*, *Anacardium excelsum* Y *Cariniana pyriformis miers*) COMO TÉCNICA PARA LA REHABILITACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS DE LA FINCA KIRPAL DEL MUNICIPIO DE LA PLATA, HUILA.

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la efectividad del compost y vermicompost en tres especies forestales (*Jacaranda Caucana* Pittier, *Anacardium excelsum* y *Cariniana pyriformis* Miers), teniendo como base, la altura, diámetro y la supervivencia en el crecimiento inicial de los primeros 10 meses de establecidas en el área degradada. Para la obtención de las enmiendas se estableció una biofabrica en la cual se realizó la elaboración de los sustratos de compost y vermicompost derivado de la pulpa de café y estiércol bobino. Se realizó un diseño experimental de bloques al azar, con 6 repeticiones por tratamiento para cada especie (T1: condición control, T2: compost; T3: Vermicompost), para un total de 54 unidades experimentales. Como resultado en la medición de los 10 meses de crecimiento de altura y diámetro de *Cariniana pyriformis* Miers, se determinaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los tres sustratos usados como enmiendas, por lo que el de mayor efectividad fue el vermicompost evidenciado en el desarrollo de la altura con un promedio de 170,5 cm y un diámetro de 15.5 mm, esta especie tuvo una mortalidad del 27,7% lo cual fue independiente de la enmienda ya que presento una alta susceptibilidad al ataque de la hormiga arriera. La especie *Anacardium excelsum* obtuvo el máximo desarrollo de altura y diámetro en el vermicompost por lo que este último presento diferencias significativas frente al tratamiento testigo y el compost, esta especie se destacó por tener la mayor adaptación en el área degradada con un diámetro promedio de 36,33mm y una altura total de 196,5cm. La especie *Jacaranda Caucana* Pittier, aunque presentó vulnerabilidad frente al ataque de la hormiga, conservo todos sus individuos hasta el último monitoreo; presento diferencias estadísticamente significativas en todos los tratamientos, siendo así que los mejores rendimientos los obtuvo con vermicompost, obteniendo un promedio mayor en el desarrollo de la altura 124 cm y del diámetro 19.3 en comparación con el compost y el testigo.

En términos generales el ensayo demuestra la efectividad del uso de enmiendas orgánicas en la zona degradada, al mejorar las condiciones del suelo y aumentar el crecimiento de las tres especies forestales.

Palabras clave: Vermicompost, compost, *Anacardium excelsum*, *Cariniana pyriformis*, *Jacaranda caucana*, área degradada.

ABSTRACT

In this research was evaluated compost effectiveness and vermicompost in three forest species (*Jacaranda caucana* Pittier, *Anacardium excelsum* y *Cariniana pyriformis* Miers), having as basis the height, diameter and the survival in normal growth during the first ten months of established in the deteriorated area. For getting the amendment was established a bio factory in which the compost and vermicompost substratum's were made, those were derivated from coffee Pulp and bovine manure. An experimental design of blocks by chance was developed, with six repetitions for treatment in each specie (T1: control condition, T2: compost; T3:vermicompost), for a result of fifty four experimental units. As a result in the measuring during the ten months of height's growth and diameter of *cariniana pyriformis*, were determinated meaningful differences ($p < 0.05$) in the three substratums used as amendments, Vermicompost shown in the development of the height with an average about 170,5 cm and a diameter of 15,5 mm, this variety had a mortality of 27,7 which was independent of the amendment due to it presents a high susceptibility to army's ant attack. The specie "anacardium excelsum, had got the height and diameter maximum development in vermicompost so this last showed significant differences against the treatment control and the compost, this specie was relevant due to its maximum adaptation in the degraded area with an average diameter of 36,33mm and a total height of 196,5cm. Caucana's Jacaranda Pittier specie although it presented vulnerability against ant's attack, conserved all its individuals till the last monitoring; presented differences statically significant in all the treatments, so in this way the best performances were gotten with Vermicompost and getting a greater average in the development of height 124cm and a diameter 19,3 in comparisson with the compost and the control.

In general terms the trial shows the effectiveness in organic amendments use in the deteriorated area, to improve the soil conditions and increase the three species forest growth.

Keywords: vermicompost, compost, *Anacardium excelsum*, *Cariniana pyriformis*, *Jacaranda caucana*, deteriorated área

1. INTRODUCCIÓN

A través de los años las actividades agrícolas han generado altas cantidades de residuos biodegradables orgánicos que pueden ser restituidos en el recurso suelo, es así como se ve la necesidad de retornar a principios del siglo XX. Según Moreno Casco & Moral Herrero, (2008), Albert Howard fue el primer agrónomo quien realizó una aproximación científica del compostaje combinando capas de estiércol, lodos de aguas residuales, hojas y forraje seco, así fue como se dio inicio la agricultura ecológica, implementándose el compostaje como una actividad de mantenimiento de fertilidad al suelo convirtiéndose en una alternativa de generar mayor eficiencia en suelos con déficit de nutrientes hasta lograr ser parte elemental y funcional para las actividades agrícolas. (Marquet et al., 2021).

A pesar de ello, la continua pérdida de suelos por el uso no sostenible de las actividades agropecuarias en el departamento del Huila, generan una serie de impactos ambientales negativos, que afectan a las comunidades, principalmente en infraestructura, fuentes hídricas y los ecosistemas potenciales para la seguridad alimentaria y el desarrollo de flora y fauna, por lo cual es habitual ver sobre las vías principales deslizamientos, golpes de cuchara, remociones en masa y demás efectos derivados de la erosión. Algunos de estos sitios se han intervenido como es el caso de los taludes y laderas generados por la construcción del quimbo, sin embargo, las inversiones son bastante costosas, no muy amigables con el ambiente puesto que en su mayoría se emplean materiales sintéticos y muchas veces esas técnicas no son siempre efectivas (Rodríguez Acosta & Pastrana Bonilla, 2017).

La deforestación, las técnicas de cultivo, las escorrentías y la gravedad, desencadenan la remoción y el transporte de suelo y nutrientes, desde las partes altas de la ladera hacia las bajas, reduciendo, de este modo las actividades agrícolas, ganadería extensiva y transformación de terrenos (Bernal et al., 2014), así que, si todas las actividades se direccionan a contribuir y restaurar mediante compensación y mitigación de impactos generados al suelo, sectores y actividades como las agrícolas y pecuarias serían dos de las más importantes en el momento de incorporar y restablecer suelos degradados como por ejemplo, el uso de enmiendas orgánicas como el vermicompost realizadas a base de pulpa de café y estiércol bovino con microorganismos eficientes, lo que permite la rehabilitación e incremento de la resiliencia ante los factores negativos que se presenta en la zona degradada, así como la sostenibilidad ambiental y las buenas prácticas agrícolas contribuyen a que el proceso de recuperación sea más efectivo y la degradación del suelo sea mitigada hasta el punto que el suelo presente parámetros ideales de producción y estabilidad natural además de ser llamado la segunda revolución verde para la generación de fertilizante orgánico mejorando el suelo y promoviendo la producción de cultivos (Villegas-Cornelio & Canepa, 2017)

Salinas et al., (2018), evaluó la aplicación de fertilizantes agrícolas para determinar el incremento de la materia orgánica (MO) en el suelo, y la actividad enzimática, teniendo como resultado que las adiciones de estos difieren en los efectos sobre la (MO) del suelo y la actividad biológica, encontrando que el efecto del estiércol de ganado es el más favorable, por lo tanto el uso de los abonos orgánicos en la recuperación de suelos es una alternativa eficiente y eficaz puesto que se obtienen mayores efectos y mejoras en la fertilidad del mismo. De acuerdo con lo anterior en el presente estudio se evaluó la efectividad del compost y vermicompost en combinación con las especies forestales (*jacaranda caucana* Pittier, *anacardium excelsum* y *cariniana pyriformis* Miers) como técnica para la rehabilitación de áreas degradadas de la finca Kirpal del municipio de La Plata, Huila.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización

El proyecto se desarrolló en el municipio de la Plata Huila (Figura 1) en la finca el Kirpal, kilómetro 5 vía Neiva, vereda Lusitania (Anexo 2) , con georreferenciación 2°24'47.9'' N y 75°51'45.7''W, altura de 967 msnm, clima templado con un suelo arcilloso.

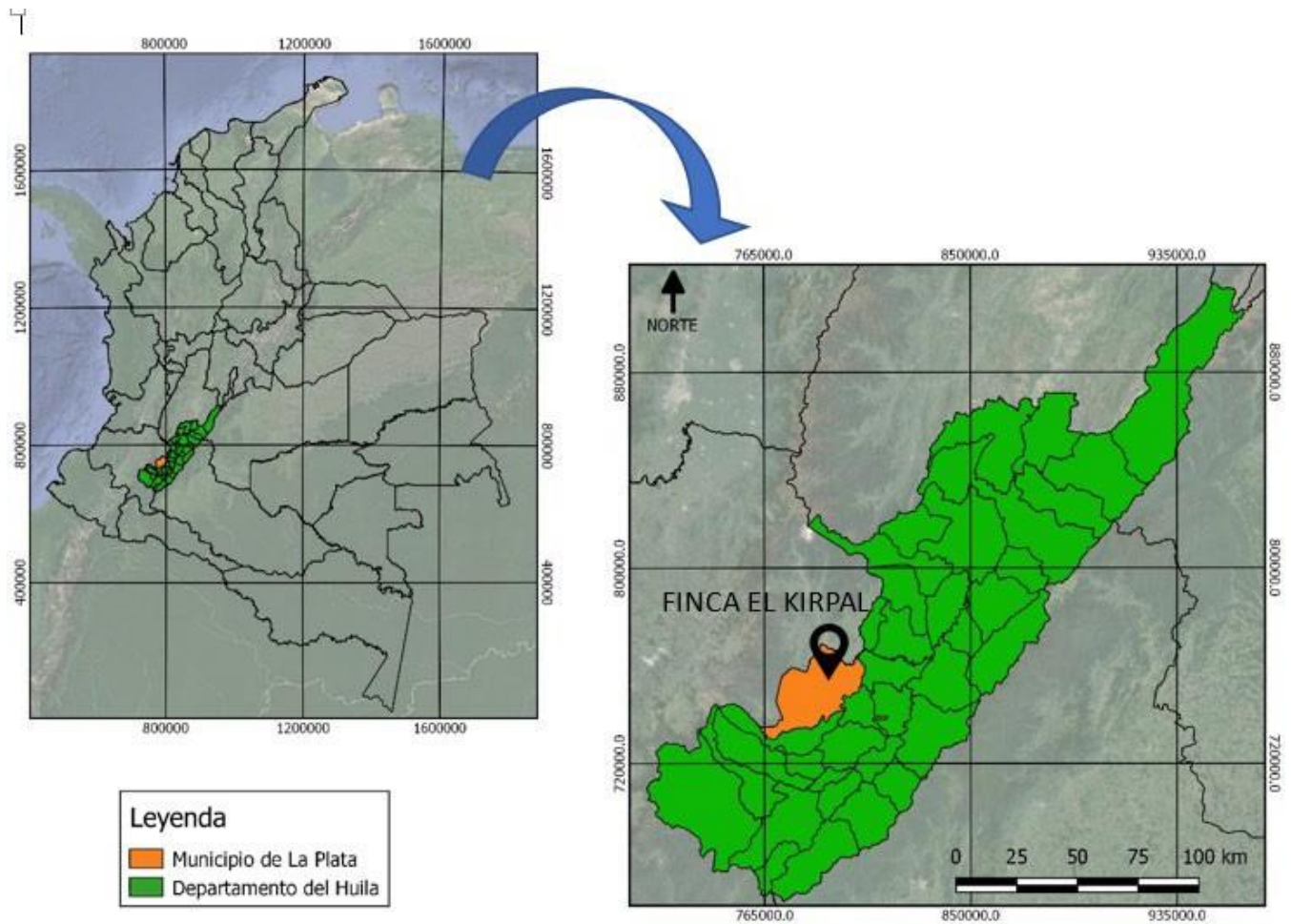


Figura No 1. Mapa de Colombia y Departamento del Huila.

2.2 Reconocimiento Y Medición Área Objeto De Estudio.

Como primera fase se realizó el reconocimiento y medición del área objeto de estudio (Anexo 3).

2.2.1 Inventario forestal.

Se realizó un inventario forestal, del área de influencia en la cual se encontró: árbol de yarumo (*Cecropia peltata* L.), árbol de guanábano (*Annona muricata* L.), plantas de lulo (*Solanum quitoense* Lam), pacunga (*Bidens pilosa* L); además de rocas, troncos y restos de mangueras de riego. Seguido de esto se formalizó una cuadrilla de campo conformado por 10 personas (aprendices, semilleros del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y estudiantes de la Universidad Surcolombiana) y se procedió a realizar la limpia del terreno para proceder con el aislamiento del área objeto de estudio, (Anexo 4).

2.3 Establecimiento De Estructura Para La Realización De Enmiendas Orgánicas

Para la obtención de las enmiendas orgánicas se realizó una biofabrica

2.3.1 Construcción biofabrica

La construcción de la biofabrica se dividió por fases:

2.3.1.1 Primera Fase: Corte de guadua. El corte se realizó con machete directamente por encima del segundo nudo por encima del suelo (Anexo 5). Para evitar algún tipo de almacenamiento de agua que pueda pudrir el rizoma (Aguilar, 2019)

2.3.1.2 Segunda Fase: Transporte. Se seleccionó la guadua de seis metros siendo trasladada manualmente a un punto que facilitara la recolección en un camión y después fue transportada al sitio de trabajo donde se realizó la biofabrica.

2.3.1.3 Tercera Fase: Inmunización de guadua. Según las recomendaciones de (Teneche, 2016), para la inmunización interna se perforo la guadua a 2 cm de cada anillo, adicionando mediante jeringa el inmunizante 2cm³ por perforación (50 % de ACPM y 50 % de lorban) por último se taponó cada agujero con arcilla y como inmunización externa se le aplicó con brochas, alquitrán disuelto en gasolina, el cual ayudó a obtener una mejor apariencia. (Anexo 6 y 7).

2.3.1.4 Cuarta Fase: Adecuación del terreno para biofabrica. Se despejó el terreno necesario para llevar a cabo la obra, eliminando la vegetación de forma manual con machete debido a la interferencia de rocas en esta zona que impedía la utilización de guadaña. (Anexo 8).

2.3.1.5 Quinta Fase: Delimitación del terreno. Se delimitó el área para la biofabrica aplicando el método de Pitágoras, generando un triángulo cuyos lados miden 3, 4 y 5 metros, formando una gran escuadra. Los lados que miden 3 y 4 hacen la escuadra de 90°. A partir de allí se procede a delimitar el terreno en un área de 5 x 5 m y se instalan estacas para su respectiva demarcación (Anexo 9 y 10).

2.3.1.6 Sexta Fase: Nivelación de terreno. Una vez trazado el área a intervenir se realizó un trazado con estacas a distancias de 5 m, a las cuales se les fijo un nivel con manguera, para determinar puntos de inclinación y/o alteraciones topográficas del área y así conocer en donde se requirió intervenir mediante remoción de material o relleno. (Anexo 11 y 12).

2.3.1.7 Séptima Fase: Estructura. Para establecer la estructura se ubicaron 6 columnas de 2,40 m enterradas a una profundidad de 60 cm y tres columnas centrales de 3,20 m cubriéndolas con mortero de arena y cemento para evitar su deterioro, por encima de las guaduas centrales, se colocó una guadua para realizar el techo en dos caídas, con el fin de que el agua fluya. Se utilizaron varillones para establecer los travesaños, los cuales sirvieron de soporte para el amarre de las 20 hojas de zinc. Las columnas y las vigas se unieron mediante tuercas y tornillos de 3/8 dejando un bolado de 50 cm. (Anexo 13, 14 y 15).

2.3.1.8 Octava Fase: Realización piso base. Se utilizó latas de guadua las cuales cumplieron la función de varillas para disminuir costos, la fundición se realizó mediante una proporción 1-3-3 (Cemento-Triturado- Arena). (Anexo 16 y 17)

2.3.1.9 Novena Fase: levantamiento de pared. Las paredes de la biofabrica se levantaron en la parte inferior con latas de guadua hasta 50 cm sobre el suelo siendo ajustadas mediante tornillos golosos de 1 ½ pulgada y posteriormente se le aplico alquitrán para dar un mejor aspecto visual, para la parte superior se instaló malla de polietileno doble, ajustándose con grapadora y procurando un buen temple para un mejor aspecto visual. (Anexo 18 y 19).

2.3.1.10 Decima Fase: seguridad biofabrica. Se realizó una puerta de 2m de larga por 2m de ancha en el cual se le ensambló 45 latas de guadua con puntillas de una pulgada, esta puerta fue instalada a las columnas mediante pasadores y guaya, donde se dio por terminada la estructura de la Biofabrica (Anexo 20).

2.4 Elaboración de Camas Para Enmiendas Orgánicas

2.4.1 Primera Fase: Elaboración de bases para 8 camas

Para las bases de las camas se utilizaron dos guaduas de 1,80 m a lo largo y dos guaduas de 0.85 m de ancho, a cada una de ellas se les hizo un corte tipo flauta para un mejor ensamble, siendo ajustada con tornillo de 3/8 con su respectiva tuerca. Seguido se obtuvo 31 lajas de 0.90 m por base de cama, siendo ajustadas a la base mediante puntillas de una pulgada, después de tener las bases listas se les aplico la solución de alquitrán. (Anexo 21, 22 y 23)

Para la base de las 8 camas en total se utilizaron 16 guaduas de 1,80 m a lo largo, 16 guaduas de 0.85 m a lo ancho y 248 lajas de 1 m de ancho.

2.4.2 Segunda Fase: Elaboración de módulos largos para cama

Para la elaboración de las camas se realizaron dos módulos largos por cama para un total de 16 módulos y se ubicaron de manera que formaron una Anexo rectangular, cada cama se estableció

con 4 guaduas de 1,80 m, midiéndose la circunferencia y marcándose el diámetro con el fin de que las perforaciones quedaran alineadas teniendo así un mejor ensamble de la guadua con el tornillo 3/8 y sus respectivas tuercas. (Anexo 24, 25 y 26).

Para las 8 camas en total se utilizaron 64 guaduas de 1.80 m, (16 módulos largos).

2.4.3 Tercera Fase: Elaboración de Módulos cortos

Estos se realizaron con 4 guaduas de 0,85m, unidos mediante 2 tornillos de 3/8, por cada cama se realizaron dos módulos cortos para luego ser unidos en cada extremo con los dos módulos largos formando una Anexo rectangular, (Anexo 27, 28 y 29).

Para las 8 camas en total se utilizaron 64 guaduas de 0.85 m (16 módulos).

2.4.4 Cuarta Fase: Montaje de cama

Se unieron los módulos en la parte inferior utilizando tornillos de 3/8 con tuerca y arandela, siendo doblados en la punta para un buen enganche y en la parte superior los módulos fueron ajustados por alambre, (Anexo 30 y 31).

2.4.5 Quinta Fase: Instalación plástico negro

Se instaló plástico de polietileno negro calibre 4, midiendo y cortando a 3 x 3 m de plástico por cama, siendo instalado mediante grapadora, lo que permitió mantener el vermicompost aislado de patógenos, regar las camas para mantener la humedad y facilitar la recolección de los lixiviados, (Anexo 32 y 33).

2.4.6 Sexta Fase: Instalación drenaje de lixiviados

Para evitar el encharcamiento de las camas y obtener un buen drenaje, con el nivel de burbuja, se procedió a realizar un desnivel del 5%, (2.25°) y se procedió a realizar la abertura de drenajes en el plástico, al cual se le instalo una conexión de tubo de PVC hembra y macho, y se cubrió con malla de polietileno evitando el paso de partículas, seguidamente se insertó un tubo de PVC de 10 cm a la conexión macho habilitando el paso de los lixiviados a su recipiente de recolección. (Anexo 34)

2.5 Preparación de Microorganismos para Enmiendas Orgánicas

2.5.1 Microorganismos Eficientes - EM

Con el fin de acelerar los procesos de descomposición de la materia orgánica y favorecer el proceso de obtención de humus. En un contenedor se preservó la semilla de los microorganismos aplicando una proporción de 1lt de microorganismos x 9 lt de agua, se adicionó en total al contenedor 20 litros de microorganismos eficientes - EM por 180 lt de agua con 1kl de melaza, suero, raíz de limoncillo (*Cymbopogon citratus*), ortiga (*Urtica dioica* L.), borraja (*Borago officinalis* L.) y tierra de bosque para enriquecer las colonias benéficas de microorganismos, Rodríguez, (2 017).

2.5.2 Alimentación Microorganismos Eficientes

Los microorganismos se alimentaron cada 15 días mediante la aplicación de suero de leche, una proporción de (5 lt de agua por 1 kl de melaza) (Anexo 35, 36, 37 y 38).

2.6 Preparación de Insumos

La recolección de los insumos se realizó en fincas ganaderas y agrícolas cercanas al área de estudio, mediante un método manual el cual consistía en utilizar palas y llenar empaques de fibras de 40 kilos, luego fueron transportadas mediante un camión al predio La Merita donde se realizó el procedimiento de transformación. (Anexo 39 y 40).

2.6.1 Fermentación estiércol bovino

Para la realización del compost se procedió a fermentar el estiércol bovino, realizando una pila de este material orgánico de 1m de alto aplicando 20 lt de agua por 20 lt de microorganismos eficientes, al finalizar este proceso para guardar humedad y temperatura se cubrió la pila con plástico negro. (Anexo 41, 42, 43 y 44).

2.6.2 Elaboración De Vermicompost

La elaboración del vermicompost se divide en 3 fases:

2.6.2.1 Primera Fase: Semicompostaje de la materia prima. El estiércol bovino y la pulpa de café fue recogido en las fincas ganaderas y agrícolas cercanas los cuales fueron transportado a la finca La Merita, lugar donde se realizó la transformación para dichas enmiendas, para el estiércol se realizó una pila la cual fue tapada con plástico negro calibre 4 con el fin de equilibrar la materia en cuanto a temperatura y pH por 40 días y la pulpa de café se colocó en una cama el cual se le aplico agua con melaza para acelerar su fermentación, se dejó en un lapso de 40 días (Anexo 45 y 46).

2.6.2.2 Segunda Fase: Incorporación del material a las camas. Según (Contreras et al., 2014) el vermicompost se elabora a partir de la mezcla de los materiales semicompostados en partes iguales de pulpa de café y estiércol bovino, alternados en capas de 15 cm de espesor dentro de cada cama, después de la aplicación de estos materiales, se le adiciono 10 lt de microorganismos por 10 lt de agua, de tal forma que este material quedara humedecido, esta humedad se verifico durante todo el proceso con el fin de mantener un ambiente apropiado para el desarrollo de las lombrices, para ello se realiza el método del puño, (Salinas et al., 2018), el cual consiste en comprimir un puñado del material con la mano y comprobar que estando completamente húmedo, salen de 8 a 10 gotas la humedad corresponde a un 70 % . (Anexo 47, 48 y 49).

2.6.2.3 Tercera Fase: Incorporación de pie de cría de Lombriz. La semilla de lombriz californiana (*Eisenia foetida*) fue adquirida de un lombricultivo ubicado la vereda el Cabuyal del municipio de La Plata Huila, se transportó con sustrato en empaque de fibra hasta las camas de reproducción , la semilla con sustrato pesó 40 kg, cual se dividió para las 8 camas, correspondiéndole 5 kg a cada una, seguido de esto se tomó al azar una muestra de 5 kg realizando el conteo de la lombriz, siendo aplicadas aproximadamente 1420 lombrices por cama, por último, después de incorporar la semilla de lombriz californiana (*Eisenia Foetida*), se cubrieron las camas con plástico negro para evitar el estrés por luz. (Anexo 50, 51 y 52).

2.7 Selección Especies Forestales

De acuerdo al diagnóstico de esta área degradada se buscaron especies forestales que además de ser nativas, fueran aptas para este tipo de suelo y comportamiento climático y que a su vez ayudara a mejorar el embellecimiento paisajístico de esa zona, por tal motivo se eligió la especie Gualanday (*Jacaranda caucana* Pittier) que además de sus flores azules, según (Conde, 2014) requiere de suelos franco arcillosos a arcillosos, Caracolí (*Anacardium excelsum*) porque es una especie de gran porte y que según (G. Morales, 2018) esta especie se encuentra a orillas de ríos o quebradas en suelos franco arcillosos y el Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) debido a que es una especie maderable fina, por esa razón se decide probar con estas especies a ver cuál de estas tiene una mejor adaptabilidad y desarrollo en la zona.

2.7.1 Adaptación de especies

Se seleccionaron plántulas sanas, que no se evidenciara presencia de plagas y con color uniforme. (Anexo 53).

2.8 Diseño experimental

Se realizó un diseño de bloques al azar, con 6 repeticiones para cada especie y se evaluaron 3 tratamientos con el fin de observar el comportamiento de cada especie frente a la enmienda, evaluando un total de 54 unidades experimentales (UE) (Tabla 1 – Anexo 54).

Tabla 1. Clasificación de Tratamientos para cada especie.

	Clasificación de tratamientos para cada especie	Factores		Observación
		Especie	Sustrato	
T1 (TESTIGO)	t1	<i>Cariniana Pyriformis</i>	Sin enmienda	T1R1-T1R2-T1R3 T1R4 -T1R5-T1R6
T2	t4	<i>Cariniana Pyriformis</i>	Compostaje	T4R1-T4R2-T4R3 T4R4-T4R5-T4R6
T3	t7	<i>Cariniana Pyriformis</i>	Vermicompost	T7R1- T7R2-T7R3 T7R4- T7R5-T7R6
T1 (TESTIGO)	t2	<i>Anacardium Excelsum</i>	Sin enmienda	T2R1-T2R2-T2R3 T2R4-T2R5-T2R6
T2	t5	<i>Anacardium Excelsum</i>	Compostaje	T5R1-T5R2-T5R3 T5R4-T5R5-T5R6
T3	t8	<i>Anacardium Excelsum</i>	Vermicompost	T8R1-T8R2-T8R3 T8R4-T8R5-T8R6
T1 (TESTIGO)	t3	<i>Jacaranda Caucana</i>	Sin enmienda	T3R1-T3R2-T3R3 T3R4-T3R5-T3R6

T2	t6	<i>Jacaranda Caucana</i>	Compostaje	T6R1-T6R2-T6R3 T6R4-T6R5-T6R6
T3	t9	<i>Jacaranda Caucana</i>	Vermicompost	T9R1-T9R2-T9R3 T9R4-T9R5-T9R6

B= Bloques; t= tratamientos por especie; A= Abarco; B=Caracolí; G= Gualanday

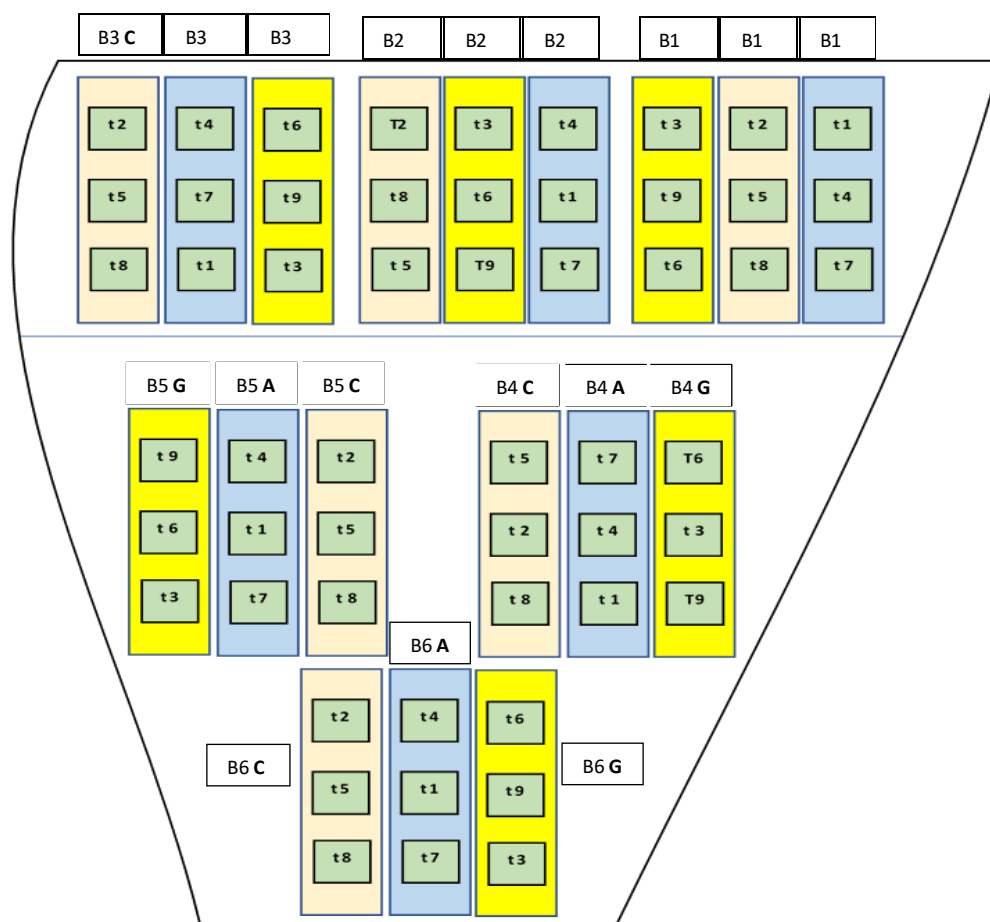


Figura 2. Distribución de tratamientos y sus repeticiones (bloques)

2.9 Ahoyado

Como el terreno era pedregoso y muy compacto, por cada dos miembros de la cuadrilla de campo se le asigna la abertura de 3 hoyos con una dimensión de 1x1x1m, con un distanciamiento mínimo de siembra de 3 m, implementando para la abertura herramientas como (ahoyadora, pica de hierro, barra y pala), (Anexo 55 y 56).

2.9.1 Preparación de hoyo para siembra

A cada hoyo donde quedó la unidad experimental se le aplicó 40 kilos de los sustratos (compostaje y vermicompost), menos al testigo y seguido de esto se terminó el llenado de los hoyos con el mismo suelo que se obtuvo de excavación, quedando listos para la siembra. (Anexo 57, 58 y 59).

2.9.2 Siembra

Se transportó la plántula manualmente y con mucho cuidado hasta la zona a ser sembrada, después de esto se le realizó un corte vertical hasta la parte inferior de la bolsa, para no dañar el pan de tierra de la plántula siendo situada en el centro del área del ahoyado y luego se aporcó, seguido se realizó un cerco a cada unidad experimental con 10 latas de guadua con el fin de evitar la interferencia de animales que dañen la plántula, facilitar el proceso de identificación de la UE y mantenimiento. (Anexo 60 y 61).

Este proceso se realizó con cada especie forestal (Anexos 62, 63 y 64).

2.10 Seguimiento y Monitoreo de Desarrollo de las Especies

A cada una de las unidades experimentales se les realizó seguimiento de su desarrollo semanalmente, durante diez meses midiendo el crecimiento en altura mediante una regla métrica de madera, el diámetro medido con un pie de rey y observaciones generales de cada especie. (Anexo 65 y 66). Ejemplo: 5 unidades experimentales de Abarco no sobrevivieron, debido al ataque constante de la hormiga arriera.

3. Análisis estadístico.

Los datos obtenidos de las tres especies forestales con los tratamientos fueron evaluados estadísticamente mediante el paquete estadístico de statgraphics Version XVI, con un nivel de confianza del 95% y fue comparado con el programa de Excel, el cual permitió corroborar que el análisis arrojado por el paquete estadístico de statgraphics fue correcto.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis general del objeto de estudio

El suelo de la zona de estudio se analizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana, se encontró a manera general una textura arcillosa, de pH ácido con un valor de 4,95; una densidad aparente (ρ_a) de 1,74 el cual presenta procesos de compactación que se relaciona al efecto de las actividades ganaderas que se desarrollaban en la zona. Esta compactación del suelo está asociada a la pérdida de los espacios intergranulares entre las partículas sólidas que lo conforman. Esto disminuye considerablemente la porosidad y la permeabilidad efectiva. En el caso de suelos arcillosos, de permeabilidad naturalmente baja, esta puede disminuir aún más, impidiendo no sólo el flujo del agua, sino también constriñendo la capacidad de oxigenación del suelo, fundamental en la fertilidad. La existencia de costras en la capa superior del suelo, huellas de endurecimiento, así como suelos agrietados, son todas evidencias de compactación en suelos, se determinó que los suelos tienen bajo contenido de sales ya que al evaluar la conductividad eléctrica se obtuvo un valor de 0,047 dsm⁻¹, en cuanto a la materia orgánica (MO) el suelo contenía

un porcentaje medio de 2,56 %. El color del suelo según la tabla Munsell fue en húmedo 2.5Y 5/2, pardo grisáceo y en seco 7.5YR4/4 pardo oscuro, plástico en mojado y moderadamente firme, con escasa raíces (tabla 2).

Tabla 2. Características del suelo donde se ubica las unidades experimentales.

Textura	Estructura	Densidad aparente (g.cm-3)	Densidad real (g.cm-3)	pH	Conductividad (dsm ⁻¹)	Materia orgánica %	Color en seco
Arcillosa	En bloques	1,74	2,31	4,95	0,047	2,56	Húmedo 2.5Y 5/2 Seco 7.5YR 4/4
A:26,94%							
Arc:47,3%							
L:25,7%							

3.2 Compost y vermicompost obtenido de residuos orgánicos de boñiga de bobino y pulpa de café.

Los residuos orgánicos de boñiga de bovino y pulpa de café inicialmente en su proceso de fermentación son ácidos, pero cuando son expuestos a una condición aerobia en presencia de una alta humedad se favorece la formación de hidróxidos básicos (Morales-Mora, 2016), permitiendo que el pH tienda a aumentar, como se evidencio con el compost que obtuvo un pH de 6,8, y que al pasar por el tracto digestivo de la lombriz roja californiana se convirtió en vermicompost, logrando un pH de 6,95 los cuales se pueden considerar muy cercanos a la neutralidad. La pa que se obtuvo del vermicompost fue de 0,9 g.cm-3 mayor que la del compost con 0,6 g.cm-3, las cuales al tener densidades bajas permiten mejorar las condiciones permeables del suelo objeto de estudio, teniendo en cuenta que la compactación disminuye el volumen de poros, modifica la estructura porosa y aumenta la pa (Blanco Sepulveda, 2009) como se puede ver en la tabla 3, una pa del suelo objeto de estudio de 1,74 g.cm-3. En cuanto a la conductividad esta resulto ser mayor para el compostaje con 0,24 ds m-1, mientras que en el vermicompost fue de 0,011 ds m-1. Sin embargo, ninguna de las dos implica una conductividad alta que indique presencia de sales que puedan generar afectación al suelo. En cuanto a MO el vermicompost obtuvo un valor del 39% mientras que el compost un 33,6%, lo que implica un aporte significativo de MO al suelo, destacando que las heces biocompostadas tienen menor contenido de MO que el estiércol crudo pero un mayor proceso de humificación (Aguilar, 2019). Aunque se considera que el comportamiento del nitrógeno en el vermicompostaje puede ser variable dependiendo del tipo de residuo orgánico y de las condiciones del proceso (J. Morales, 2017) en el obtenido de boñiga de bobino y pulpa de café se obtuvo un contenido de 1,5% mientras que para el compost fue de 1,2%, como se puede ver en la Tabla 3.

Tabla 3. Características fisicoquímicas del compost y el vermicompost.

Elemento	Vermicompost	Compost
Ph	6,95	6,8

Humedad (%)	31	40,4
Densidad Aparente (G Ml ⁻¹)	0,9	0,6
Conductividad Eléctrica (Ds M ⁻¹)	0,011	0,24
Nitrógeno Total (%)	1,5	1,2
Fosforo (%)	0,8	0,6
Potasio (%)	0,3	0,25
Materia Orgánica (%)	39	33,6
Calcio %	5,40	0,51
Magnesio %	0,9	1,8
Hierro%	1	0,2
Manganeso%	0,005	0,007
Cobre%	0,003	0,001
Zinc%	0,01	0
Boro%	0,003	0

Esta investigación concuerda con el estudio realizado (Šimon & Czakó, 2014), en donde determinan que el uso de los abonos orgánicos en la recuperación de suelos es una alternativa eficiente y eficaz puesto que se obtienen mayores efectos y mejoras en la fertilidad del mismo; también se relaciona con el estudio realizado por (Loli & Vasquez, 2018) en donde evaluaron el efecto de incorporar vermicompost en comparación con compost, preparados por residuos de jardín y estiércol vacuno, en las propiedades de un suelo de Ecuador explotado dieciocho años con monocultivo por *Gypsophila*, donde se encontró que el tratamiento de compost incremento las características físicas del cultivo mientras que el tratamiento vermicompost fue reflejado en una mejor cosecha, llegando a la conclusión que el uso de biofertilizantes de origen orgánico tienen mayor impacto en la recuperación de los suelos.

3.3 Efectividad de las enmiendas para el desarrollo de la altura total y el diámetro de tres especies arbóreas en la zona objeto de estudio.

En el Anexo 67, se puede observar que se presentó una mortalidad de 5 individuos de la especie Abarco en los bloques B2A y B3A, ocasionado por el ataque constante de la hormiga arriera, por lo cual como estos datos afectan el diseño estadístico para la especie Abarco, se consideraron como atípicos y por lo cual no se tuvieron en cuenta para el análisis de varianza. Las pruebas de normalidad de los datos para cada una de las especies se pueden ver en el anexo 67.1, 67.2 y 67.3.

3.3.1 Análisis de varianza para la altura de la especie abarco frente a los tratamientos de enmiendas orgánicas.

Se establecieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0500$), frente a los resultados de crecimiento en altura para la especie abarco con las enmiendas utilizadas como tratamientos, como se puede ver en (Tabla 5). Para las discrepancias entre los tratamientos se determinó la diferencia mínima significativa DMS con un valor de 2,378 ver (Tabla 6).

Tabla 5. Análisis de Varianza para Altura- Suma de cuadrados tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	420,667	2	210,333	111,35	0,0000
B:BLOQUE	40,9167	3	13,6389	7,22	0,0204
RESIDUOS	11,3333	6	1,88889		
TOTAL (CORREGIDO)	472,917	11			

Tabla 6. Pruebas de múltiple rango para Altura por tratamientos – DMS

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TESTIGO	4	155,75	0,687184	X
COMPOST	4	163,25	0,687184	X
VERMICOMPOST	4	170,25	0,687184	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
COMPOST - TESTIGO	*	7,5	2,37798
COMPOST - VERMICOMPOST	*	-7,0	2,37798
TESTIGO - VERMICOMPOST	*	-14,5	2,37798

A nivel técnico el tratamiento más recomendable para el crecimiento en altura de la especie Abarco es el vermicompostage (T3), este aporte, permitió evidenciar que la especie en particular tiene el mejor desarrollo en una ladera degradada con esta enmienda, lo que facilita el desarrollo forestal y se integra a los resultados de efectividad que se han hecho sobre cultivos agrícolas, como los realizados por (Loli & Vasquez, 2018). Se destaca que el compost presento diferencias significativas frente al tratamiento control, además los costos son bajos para su producción. En la Figura 2 se puede ver la efectividad de las enmiendas en el crecimiento de altura de la especie Abarco.

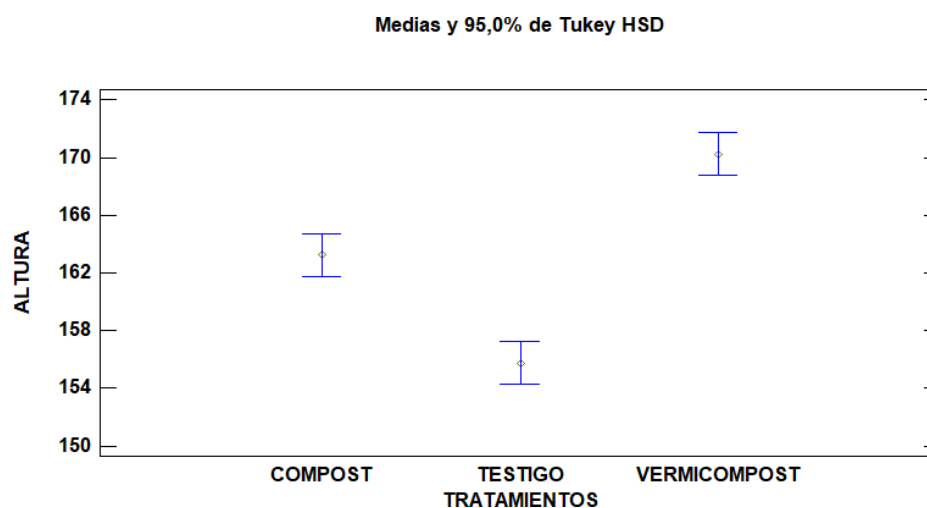


Figura 2. Efectividad de las enmiendas- crecimiento en altura especie abarco

3.3.2 Análisis de varianza para el diámetro de la especie abarco frente a los tratamientos de enmiendas orgánicas.

Se establecieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0500$) (Tabla 7) frente a los resultados de crecimiento en diámetro para la especie abarco con las enmiendas utilizadas como tratamientos. Para las discrepancias entre los tratamientos se determinó la diferencia mínima significativa DMS con un valor de 1,00 ver (Tabla 8).

Tabla 7. Analisis de varianza para Diametro – Sumas de cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	26,0	2	13,0	39,00	0,0004
B:BLOQUE	6,0	3	2,0	6,00	0,0308
RESIDUOS	2,0	6	0,333333		
TOTAL (CORREGIDO)	34,0	11			

Tabla 8. Pruebas de multiples rangos para Diametro por tratamientos – DMS

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TESTIGO	4	12,0	0,288675	X
COMPOST	4	14,5	0,288675	X
VERMICOMPOST	4	15,5	0,288675	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
COMPOST - TESTIGO	*	2,5	0,99895
COMPOST - VERMICOMPOST	*	-1,0	0,99895
TESTIGO - VERMICOMPOST	*	-3,5	0,99895

A nivel técnico el tratamiento 3 (vermicompost), es el más recomendable para el crecimiento en diámetro de la especie abarco, Por efecto de costos y tiempo, el tratamiento 2 (compostaje) puede ser una buena opción; teniendo en cuenta que la diferencia entre los promedios de los Tr 3 y 2, no sobrepasa la DMS, pero si son superiores al T1 por lo cual se determina que el Tr 2 también es recomendable, ya que contribuye de manera significativa al crecimiento en diámetro al tiempo que aminora costos de producción y disminuye el tiempo de obtención de la enmienda. En la Figura 3 se puede ver la efectividad de las enmiendas en el crecimiento de diámetro de la especie Abarco

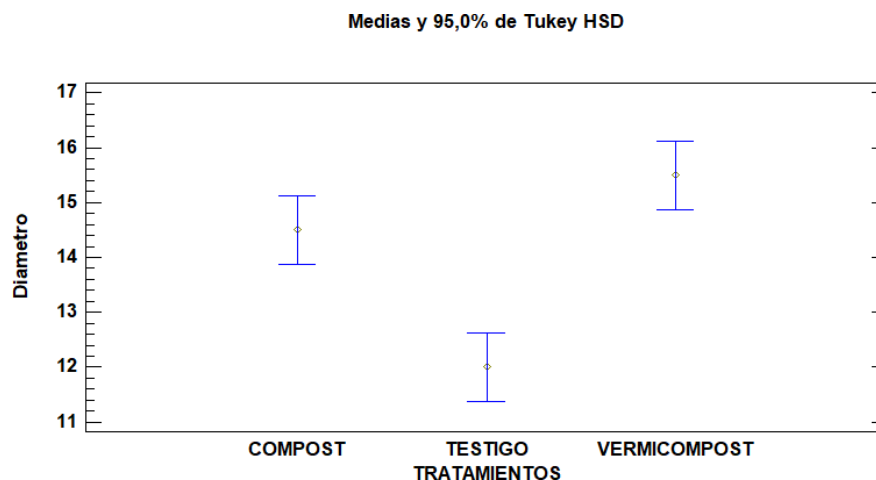


Figura 3. Efectividad de las enmiendas en el crecimiento del diámetro del Abarco

3.3.3 Análisis de varianza para la Altura de la especie Caracolí frente a los tratamientos de enmiendas orgánicas.

Se establecieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0500$) ver (Tabla 9), frente a los resultados de crecimiento en altura para la especie Caracolí con las enmiendas utilizadas como tratamientos. Para las discrepancias entre los tratamientos se determinó la diferencia mínima significativa DMS con un valor de 8,00 (Tabla 10).

Tabla 9. Analisis de varianza para Altura por tratamiento- Suma de cuadrados tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	5147,11	2	2573,56	66,52	0,0000
B:BLOQUE	794,278	5	158,856	4,11	0,0275
RESIDUOS	386,889	10	38,6889		
TOTAL (CORREGIDO)	6328,28	17			

Tabla 10. Prueba de multiple rangos para altura por tratamientos- DMS

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
TESTIGO	6	155,167	2,53932	X
COMPOST	6	178,167	2,53932	X
VERMICOMPOST	6	196,5	2,53932	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
COMPOST - TESTIGO	*	23,0	8,00158
COMPOST - VERMICOMPOST	*	-18,3333	8,00158
TESTIGO - VERMICOMPOST	*	-41,3333	8,00158

A nivel técnico el tratamiento más recomendable para contribuir con el crecimiento en altura de la especie Caracolí es el 3 (Vermicompostage), Aunque el T2 presenta diferencias significativas frente a el tratamiento 3, se debe tener en cuenta puesto que aunque sea menor su efecto en el crecimiento en altura de los árboles, su rápido tiempo de obtención de la enmienda y su bajo costo de producción puede resultar de interés, ya que frente al grupo control, sobre pasa la DMS, permitiendo evidenciar que también genera un efecto positivo en el crecimiento en altura de la especie caracolí, aunque sea menor que el T3. En la Figura 4 se puede ver la efectividad de las enmiendas en el crecimiento de altura de la especie Caracolí.

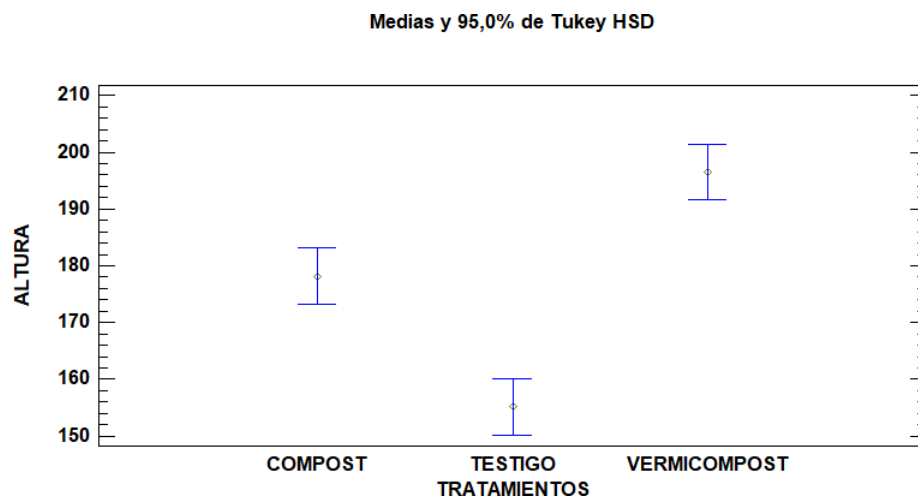


Figura 4. Efectividad de las enmiendas en el crecimiento de altura de la especie Caracolí.

3.3.4 Análisis de varianza para el diámetro de la especie Caracolí frente a los tratamientos de enmiendas orgánicas.

Se establecieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0500$) ver (Tabla 11), frente a los resultados de crecimiento en diámetro para la especie Caracolí con las enmiendas utilizadas como tratamientos. Para las discrepancias entre los tratamientos se determinó la diferencia mínima significativa DMS con un valor de 1.951. (Tabla 12).

Tabla 11. Análisis de varianza para Diámetro – Suma de cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	142,333	2	71,1667	30,94	0,0001
B:BLOQUE	40,6667	5	8,13333	3,54	0,0423
RESIDUOS	23,0	10	2,3		
TOTAL (CORREGIDO)	206,0	17			

Tabla 12. Pruebas de múltiple rango para diámetro por tratamientos – DMS

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TESTIGO	6	29,5	0,619139	X
COMPOST	6	32,1667	0,619139	X
VERMICOMPOST	6	36,3333	0,619139	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
COMPOST - TESTIGO	*	2,66667	1,95095
COMPOST - VERMICOMPOST	*	-4,16667	1,95095
TESTIGO - VERMICOMPOST	*	-6,83333	1,95095

A nivel técnico el tratamiento más recomendable para contribuir con el crecimiento en diámetro de la especie Caracolí es el 3 (Vermicompostage), El tratamiento 2, presenta una DMS superior frente al tratamiento 1 (control), por lo cual, si promueve el crecimiento en diámetro de la especie caracolí, aunque su efectividad sea menor que el tratamiento 3, sin embargo, es de recalcar que el T2, presenta un menor tiempo de obtención y un costo menor. En la figura 5 se puede ver la efectividad de las enmiendas en el crecimiento del diámetro de la especie Caracolí.

Medias y 95,0% de Tukey HSD

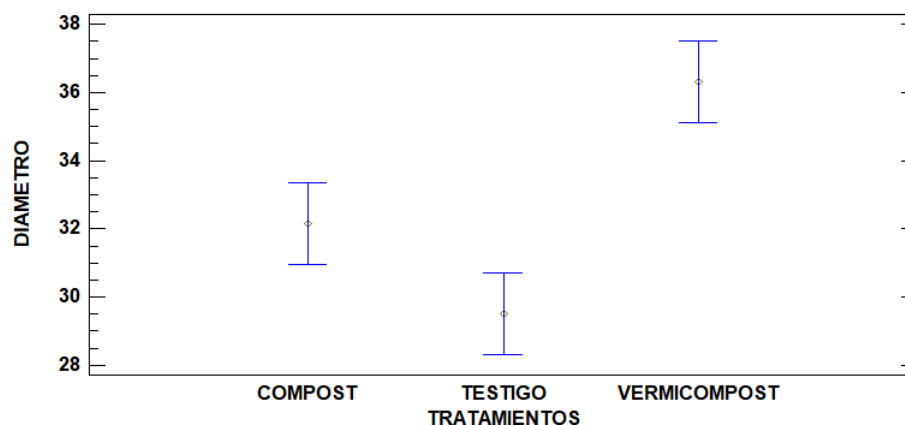


Figura 5. Efectividad de las enmiendas en el crecimiento del diámetro de la especie Caracolí.

3.4.5 Análisis de varianza para la altura de la especie Gualanday frente a los tratamientos de enmiendas orgánicas.

Se establecieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0500$) ver (Tabla 13) , frente a los resultados de crecimiento en altura para la especie Gualanday con las enmiendas utilizadas como tratamientos. Para las discrepancias entre los tratamientos se determinó la diferencia mínima significativa DMS con un valor de 5.014 (Tabla 14).

Tabla 13. Análisis de varianza para altura – Suma de cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
TESTIGO	6	96,6	1,59141	X
COMPOST	6	102,333	1,59141	X
VERMICOMPOST	6	124,0	1,59141	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
COMPOST - TESTIGO	*	5,73333	5,01465
COMPOST - VERMICOMPOST	*	-21,6667	5,01465
TESTIGO - VERMICOMPOST	*	-27,4	5,01465

* indica una diferencia significativa.

Tabla 14. Prueba de múltiples rangos para altura por tratamientos – DMS

A nivel técnico el tratamiento más recomendable para contribuir con el crecimiento en altura de la especie Gualanday es el T3 (Vermicompostage), el T2, aunque presenta diferencias significativas frente al tratamiento 1, puede ser una opción, por los bajos costos de producción y tiempo de obtención, no se recomienda debido a que los valores obtenidos en crecimiento en altura de la especie gualanday en T3 son muy superiores a los obtenidos en T2. En la Figura 6 se puede ver la efectividad de las enmiendas en el crecimiento de altura de la especie Gualanday.

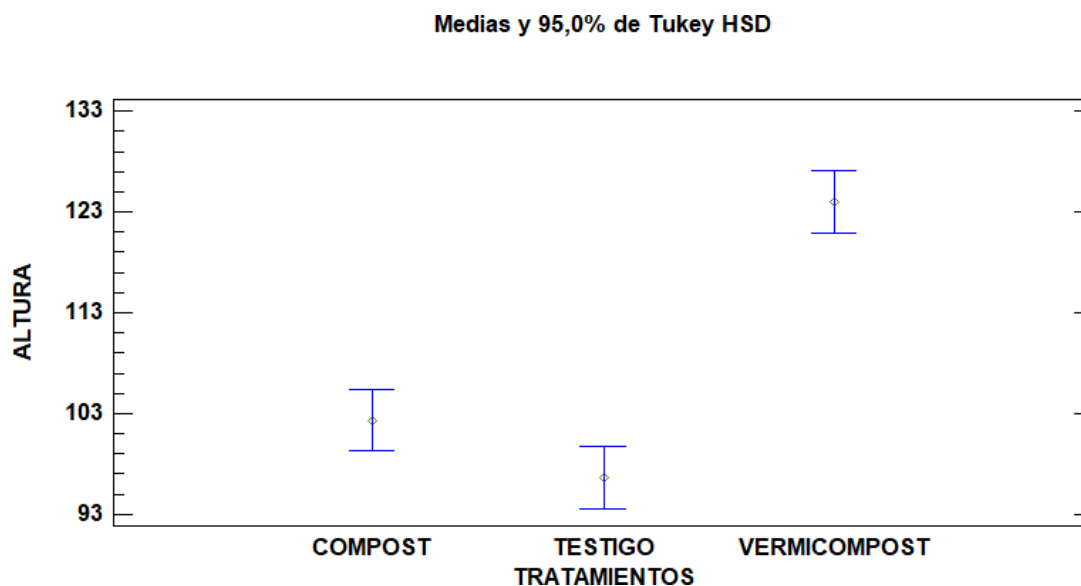


Figura 6. Efectividad de las enmiendas en el crecimiento de altura de la especie Gualanday.

3.4.6 Análisis de varianza para el diámetro de la especie Gualanday frente a los tratamientos de enmiendas orgánicas.

Se establecieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0500$) ver (Tabla 15), frente a los resultados de crecimiento en diámetro para la especie Gualanday con las enmiendas utilizadas como tratamientos. Para las discrepancias entre los tratamientos se determinó la diferencia mínima significativa DMS con un valor de 0.868 (Tabla 16).

Tabla 15. Análisis de varianza para diámetro – Suma cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	24,1111	2	12,0556	26,46	0,0001
B:BLOQUE	12,2778	5	2,45556	5,39	0,0116
RESIDUOS	4,55556	10	0,455556		
TOTAL (CORREGIDO)	40,9444	17			

Tabla 16. Pruebas de multiple rango para diametro por tratamientos – DMS

Método: 95,0 porcentaje LSD

TRATAMIENTOS	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
TESTIGO	6	16,5	0,275547	X
COMPOST	6	18,0	0,275547	X
VERMICOMPOST	6	19,3333	0,275547	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
COMPOST - TESTIGO	*	1,5	0,868267
COMPOST - VERMICOMPOST	*	-1,33333	0,868267
TESTIGO - VERMICOMPOST	*	-2,83333	0,868267

A nivel técnico el tratamiento más recomendable para contribuir con el crecimiento en Diámetro de la especie Gualanday es el 3 (Vermicompostage), El tratamiento 2, presenta una DMS superior frente al tratamiento 1 (control), por lo cual, si promueve el crecimiento en diámetro de la especie Gualanday, aunque su efectividad sea menor que el tratamiento 3, sin embargo, es de recalcar que el T2, presenta un menor tiempo de obtención y un costo menor. En la figura 7 se puede ver la efectividad de las enmiendas en el crecimiento de diámetro de la especie Gualanday.

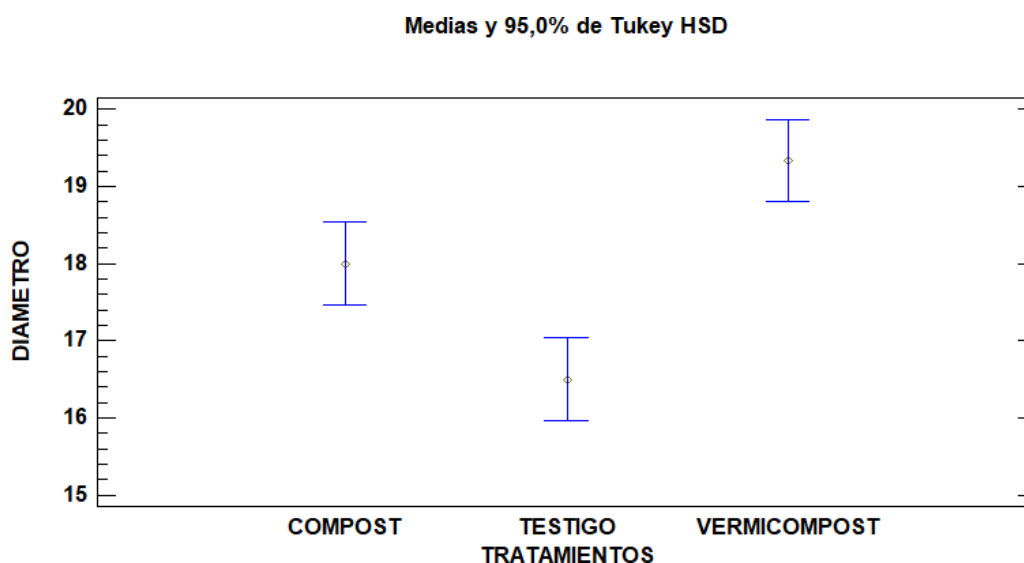


Figura 7. Efectividad de las enmiendas en el crecimiento de diámetro de la especie Gualanday.

En la tabla 17, según el comportamiento de altura y diámetro en los diferentes tipos de enmienda, es de observar que a través del testigo se logra identificar que con los dos tipos de enmienda se logra un desarrollo vegetativo óptimo en función de la altura y el diámetro de la planta en las tres especies a través de los dos tratamientos tanto compost como vermicompost teniendo en cuenta que los diámetros y las alturas en las tres especies en el testigo que no recibió ningún tipo de aplicación son inferiores a las especies que recibieron el tipo de enmienda.

Teniendo en cuenta los dos tipos de enmienda, en las tres especies forestales se observa que es muy bien aceptado el vermicompost, ya que se identifican datos que asemejan un aumento tanto en la altura como en el diámetro de cada una de las especies con respecto a las especies que se les aplicó compost.

Es muy notorio que a través del testigo, compost y vermicompost el caracolí presenta un desarrollo vegetativo más acelerado refiriéndonos a altura y diámetro en el tallo que la especie de abarco y gualanday.

			TIPOS DE ENMIENDA		
			TESTIGO	COMPOST	VERMICOMPOST
ESPECIES	ABARCO	ALTURA (cm)	155,7	163,2	170,2
		DIAMETRO (mm)	12	14,5	15,5
	CARACOLÍ	ALTURA (cm)	155,20	178,20	196,5
		DIAMETRO (mm)	29,5	32,20	36,3
	GUALANDAY	ALTURA (cm)	96,6	102,3	124
		DIAMETRO (mm)	16,5	18	19,3

Tabla 17. Comportamiento de Altura y Diámetro en tipos de enmienda.

La Figura 8, hace referencia a una interacción de los dos factores de manera simultánea, en esta se puede ver claramente como el abarco desarrolla la mejor altura en el tratamiento vermicompost, con mínimas diferencias significativas frente al compost y el testigo. La especie gualanday aunque presenta un mejor crecimiento de altura en el vermicompost que en las otras enmiendas, se evidencia un desarrollo lento de sus primeros estados, mientras que el caracolí, además de favorecerse

notablemente con la aplicación del vermicompost, su desarrollo en altura es altamente significativo en esta enmienda, así mismo tiene características propias de la especie que le permitió obtener los mayores valores en altura en todos los tratamientos.

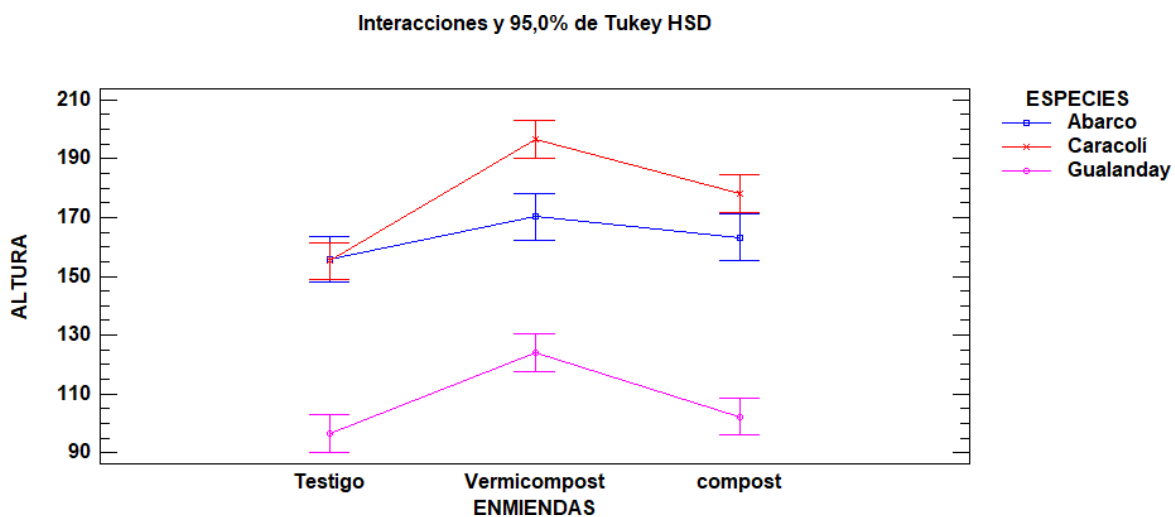


Figura 8. Interacción de los dos factores (Enmiendas y Especies) con respecto a la altura.

La figura 9, hace referencia a una interacción de los dos factores de manera simultánea, en esta se puede ver claramente que el abarco fue la especie que obtuvo el desempeño más bajo en desarrollo de diámetro en las tres enmiendas. El gualanday presentó un mejor desarrollo que el abarco, pero con una misma tendencia obteniendo los mejores diámetros en el vermicompost, seguido de compost y testigo. El desarrollo de caracolí si fue completamente diferente, ya que su mejor diámetro lo obtuvo del vermicompost, seguido del compost y por último el testigo, pero se destaca, que aunque las enmiendas benefician su crecimiento, lo que

más sobre sale son las características intrínsecas de la especie, y que se diferencia notablemente con diferencias altamente significativas frente al gualanday y el abarco.

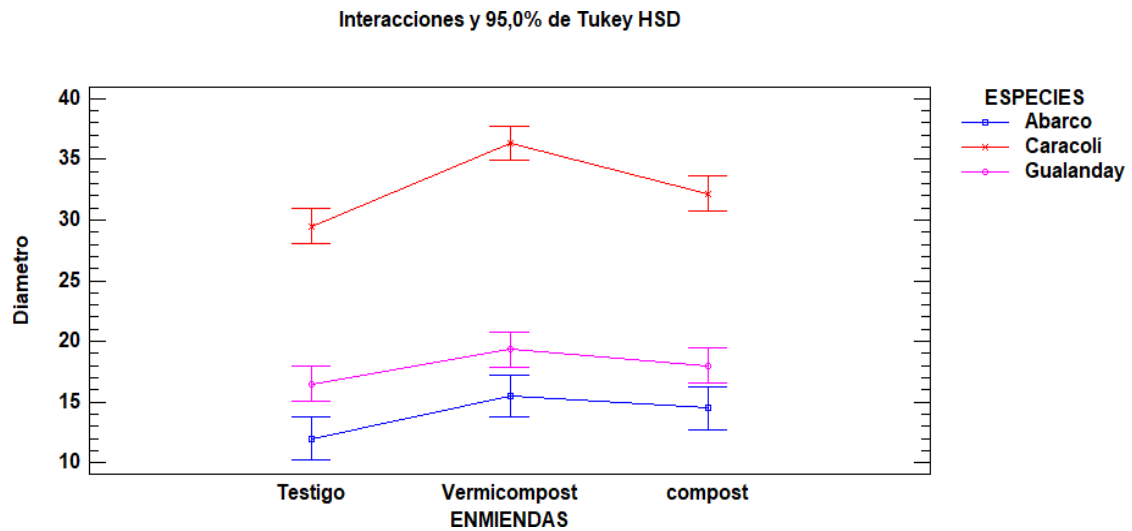


Figura 9. Interacción de los dos factores (Enmiendas y Especies) con respecto al diámetro.

4 CONCLUSIONES

Con los residuos orgánicos de pulpa de café y estiércol bobino, se generaron dos productos viables para la rehabilitación de laderas como lo son el compost y vermicompost, los cuales por su características físico químicas y sobre todo por tener el mayor aporte en materia orgánica pueden ser utilizados como enmiendas en zonas degradadas de ladera para el desarrollo de la flora arbórea, teniendo en cuenta que el desarrollo de las coberturas depende en gran medida de las características propias de la especie forestal.

La enmienda más efectiva para el desarrollo de las especies forestales en el área degradada fue el vermicompost, el cual presento diferencias altamente significativas frente al tratamiento control y al compost. Obteniendo los valores más altos de crecimiento en altura y diámetro de las especies Abarco, Caracolí y Gualanday.

La especie que obtuvo el mejor desarrollo en altura y diámetro fue la especie caracolí en todos los tratamientos, por lo cual se destaca la importancia del seguimiento de esta especie para su implementación en la rehabilitación de laderas degradadas. Es de resaltar que su crecimiento se estimula cuando se aplica la enmienda de vermicompost y que además de ser la de mayor dominancia en la zona de estudio por su altura y su diámetro, se destaca por la capacidad de generar follaje.

El Abarco, fue la única especie del estudio que presento bajas en un 27,7% debido al ataque de la hormiga arriera y aunque su mejor rendimiento de altura y diámetro lo obtuvo del vermicompost seguido del compost, no es recomendable para las zonas en donde no se tenga control sobre la hormiga arriera ya que es extremadamente susceptible al ataque de estos insectos.

La especie gualanday obtuvo su mejor altura y diámetro en el vermicompost, su desarrollo en la ladera degradada fue superior al del abarco e inferior al Caracolí, teniendo en cuenta que cada una presenta características fisiológicas diferentes. Sin embargo, es una especie que se puede involucrar en los procesos de rehabilitación de ladera debido a su alto nivel de adaptación y resistencia al ataque de las hormigas, además que como valor agregado genera coberturas que embellecen el paisaje.

En este estudio los tratamientos testigo permitieron el desarrollo de las tres especies, en donde el crecimiento vario de acuerdo a sus características fisiológicas y que a pesar de estar en una zona degradada por remoción en masa su desarrollo fue notorio, por lo cual se evidencio la importancia de establecer las especies forestales con una profundidad mínima de un metro, así como la descompactación del suelo que ocurre en la apertura de la calicata para la siembra de las especies forestales.

Este estudio permitió fortalecer competencias de ingeniería agrícola, ya que se establecieron construcciones agroforestales utilizando elementos disponibles en la zona como lo es la guadua; es

así como se logró efectuar el desarrollo de una biofabrica, las camas de producción para enmiendas y la obtención de microorganismos eficientes. Insumos que permitieron realizar los procesos para la obtención del compost y vermicompost, que fueron la base fundamental para el desarrollo de la flora arbórea en la ladera y que pueden ser utilizados para la agricultura o rehabilitación de suelos, gracias a los aportes significativos de materia orgánica.

5 AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida, salud y oportunidad de culminar nuestro trabajo de grado

Extendemos nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro director el Ingeniero Daniel Rodríguez por dirigirnos y enseñarnos desde la paciencia, por sus valiosos consejos, recomendaciones y el tiempo que dedico a la realización de este trabajo ya que sin su ayuda no se hubiese podido realizar.

A nuestros compañeros de campo, los aprendices del SENA por la amistad, disposición y colaboración que demostraron con nosotras.

Finalmente, a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de esta tesis.

6. REFERENCIAS

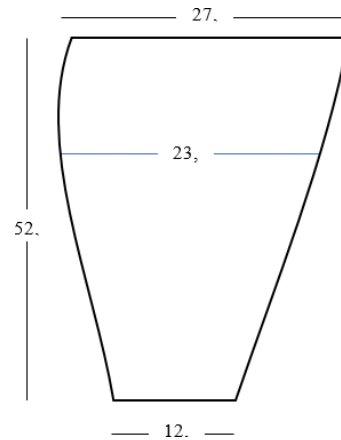
- Aguilar, L. (2019). Manual para la construccion de bambu. *Arquitectos*, <https://news.ge/anakliis-porti-aris-qveynis-momava>.
- Bernal, M. P., Pascual, J., Ros, M., & Clemente, R. (2014). *De Residuo a Recurso: Estrategias de Gestión, Tratamiento y Valorización*.
- Blanco Sepulveda, R. (2009). La relación entre la densidad aparente y la resistencia mecánica como indicadores de la compactación del suelo. *Agrociencia*, 3(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952009000300002&script=sci_arttext
- Conde, J. (2014). *Gualanday, Jacaranda caucana*. Pajaros y Naturaleza. <http://juanfconde.blogspot.com/2014/08/gualanday-jacaranda-caucana.html>
- Contreras, J. L., Rojas, J., Acevedo, I., & Adams, M. (2014). Caracterización de las propiedades físicas y bioquímicas del vermicompost de pergamino de café y estiércol de bovino. *Rev. Fac. Agron*, 1, 489–501.
- Loli, O., & Vasquez, J. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 43–52. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2018.01.05>
- Marquet, P., Rojas, M., Stehr, A., Farias, L., Gonzales, H., Muñoz, J. carlos, Wagemann, E., Roajs, C., Rodriguez, I., & Hoyos, J. (2021). Soluciones Basadas en la Naturaleza. *Comite Cientifico de Cambio Climatico*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5736938>
- Morales-Mora, G. A. (2016). Plan de manejo y conservacion del caracoli (*Anacardium excelsum*) en la jurisdiccion CAR Bogotá, Colombia. *Car*, 1–47.
- Morales, G. (2018). Plan de manejo y conservacion del abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) en la dirección de Recursos Naturales. *Car*, 46.
- Morales, J. (2017). Estudio del vermicompostaje de compost de residuos orgánicos distinta naturaleza. *Universidad Miguel Hernández De Elche*, 1, 60. http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2820/1/TFM_Camiletti_Morales%2C_Justin.pdf
- Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. (2008). *Compostaje* (Ediciones Mundi-Pre...). https://books.google.com.pe/books?id=IWYJAQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Rodríguez Acosta, D., & Pastrana Bonilla, E. (2017). *Desarrollo de un método sistémico para la rehabilitación ecológica de suelos erosionados de ladera en el municipio de La Plata, departamento del Huila /*.
- Salinas, C., León, M. de los Á., Pérez, M. I., & Yagello, J. (2018). *Manual de compostaje para zonas frías*. <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/Manual-de-Compostaje.pdf>
- Šimon, T., & Czako, A. (2014). Influence of long-term application of organic and inorganic fertilizers on soil properties. *Plant, Soil and Environment*, 60(7), 314–319. <https://doi.org/10.17221/264/2014-PSE>
- Teneche, G. (2016, March 30). *Recomendaciones para inmunizar y establecer la guadua - guadua bambu Colombia*. <https://guaduabambucolombia.co/2016/03/30/recomendaciones-para-inmunizar-y-embellecer-la-guadua/>

Villegas-Cornelio, V. M., & Canepa, J. R. L. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 393–406. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V8I2.59>

ANEXOS.



Anexo 2. Finca el Kirpal, vereda Lusitania



Anexo 3. Medidas área objeto de estudio



Anexo 4. Limpieza del área objeto de estudio terminada



Anexo 5. Corte de la caña en la mata

Hidalgo O. (S.E.). Manual de construcción con bambú guadua. Colombia: Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Tomado de (Manual para la construcción con bambú Lucila Aguilar arquitectos)



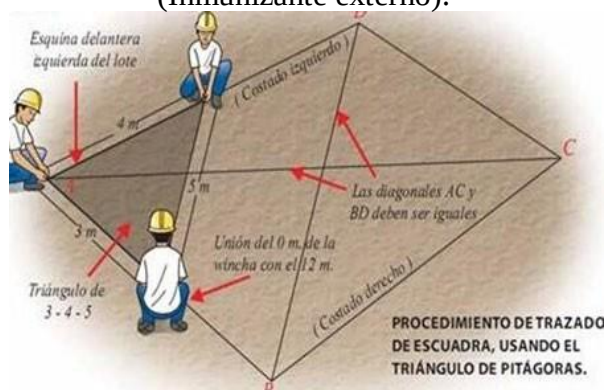
Anexo 6. Adición del inmunizante interno mediante jeringa.



Anexo 7. Guaduas con Alquitrán. (Inmunizante externo).



Anexo 8. Limpia del terreno mediante machete.



Anexo 9. Procedimiento de trazado

Fuente. Aceros Arequipa, Construye seguro, manual del maestro constructor (Procedimiento de trazado de escuadra, usando el triángulo de Pitágoras).



Anexo 10. Delimitación de área.



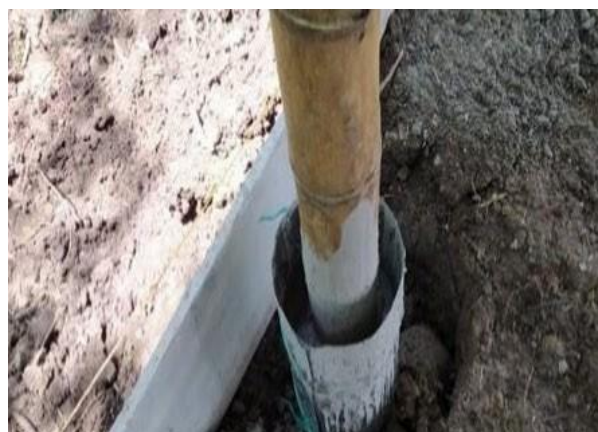
Anexo 11. Medición de nivel para relleno



Figure 12. Material para la nivelación por Pendiente



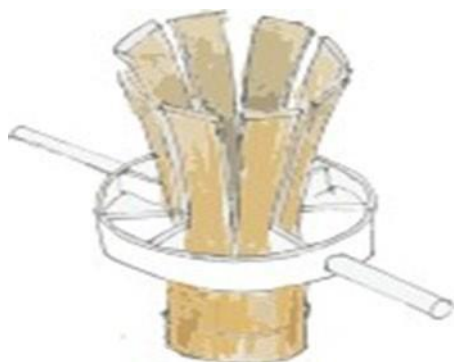
Anexo 13. 6 columnas de 2,40 m y 3 columnas centrales de 3,2m.



Anexo 14. Cubrimiento de mortero a columnas

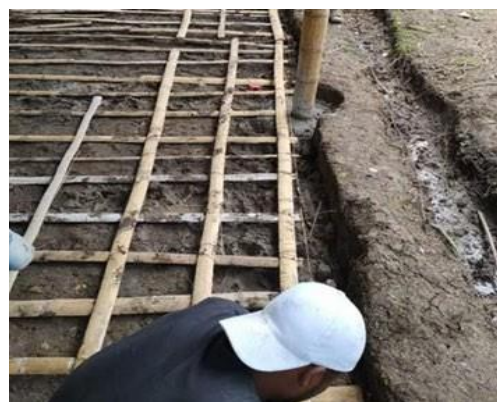


Anexo 15. Instalación hojas de zinc.



Anexo 16. Uso de cortador

Fuente. Lucia Aguilar Arquitectos, manual para la construcción con bambú, Uso de cortador



Anexo 17. Latas de guadua en función de varillas.

radial metálico (Fabricación de latas y canales)



Anexo 18. Aplicación alquitrán.



Anexo 19. Instalación malla polietileno.



Anexo 20. Biofabrica terminada.



Anexo 21. Ensamble base de cama



Anexo 22. Base de cama terminada



Anexo 23. Aplicación de alquitran a la base



Anexo 24. Medición circunferencia y diámetro



Anexo 25. Alistamiento de la Guadua a 1.80 m para su respectivo corte.



Anexo 26. Modulo largo.



Anexo 27. Corte de Guadua de 0.85m



Anexo 28. Medición circunferencia y Diámetro



Anexo 29. Ensamble de guadua modulo corto.



Anexo 30. Ensamble de módulos parte inferior



Anexo 31. Ensamble de módulos parte superior



Anexo 32. Medición 3 x 3m de Plástico negro



Anexo 33. Instalación de plástico en cama



Anexo 34. Conexión de Tuvo de PVC con recipiente de recolección de lixiviados.



Anexo 35. Microorganismos eficientes



Anexo 36. Aplicación de melaza.



Anexo 37. Aplicación de suero.



Anexo 38. Trozos de raíz de limoncillo (*Cymbopogon citratus*) para aplicación a microorganismos.



Anexo 39. Recolección de material a transformar



Anexo 40. Transporte de material a



Anexo 41. Capa de estiércol.

transformar.



Anexo 42. Aplicación de microorganismos eficientes a capa de estiércol.



Anexo 43. Aplicación de agua a capa de estiércol



Anexo 44. Cubrimiento con plástico negro.



Anexo 45. Pila de estiércol.



Anexo 46. Tapado de pila con plástico negro.



Anexo 47. Material semicompostado en capas de 15 cm por cama.



Anexo 48. Aplicación de agua al Material



Anexo 49. Aplicación de microorganismos al material.



Anexo 50. Peso de 5 kg de lombriz



Anexo 51. Aplicación de Lombriz a la cama



Anexo 52. Cama cubierta con plástico negro



Anexo 53. Plántulas en área de investigación.



Anexo 55. Ahoyado mediante (ahoyadura, pica de hierro, barra)



Anexo 56. Medición de profundidad



Anexo 57. Cubrimiento de hoyo totalmente con tierra para tratamientos (Testigo).



Anexo 58. Aplicación de compost.



Anexo 59. Aplicación de Vermicompost.



Anexo 60. Siembra de la plantula



Anexo 61. Encercado de Plántula.



Anexo 62. Siembra de abarco (*Cariniana pyriformis* Miers.)



Anexo 63. Siembra de Caracolí (*Anacardium excelsum*).



Anexo 64. Siembra de Gualanday (*Jacaranda caucana* Pittier).



Anexo 65. Medición de Altura Mediante regla métrica de madera.



Anexo 66. Medición de diámetro con pie de rey.

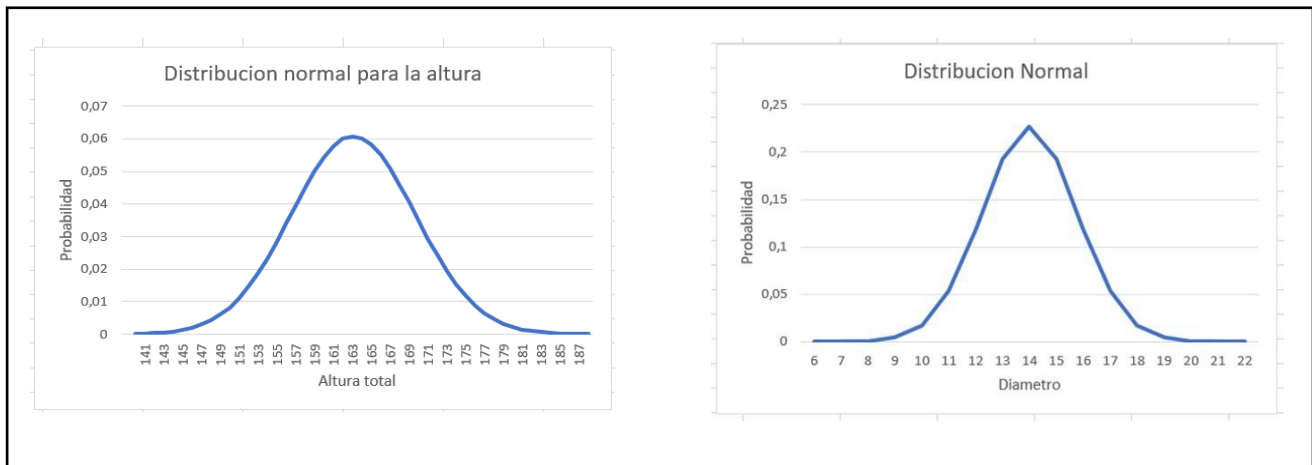
Anexo 67. Factores, respuestas de la altura total, diámetro de cada unidad experimental y mortalidad de especie Abarco a los 10 meses.

Bloques	Tratamiento	Factor 1 A: Enmienda	Factor 2 B: Especies	Altura total (cm)	Diámetro (mm)	Observaciones
B4A	T1R1	Testigo	Abarco	155	10	
B1A	T1R4	Testigo	Abarco	151	12	
B3A	T1R2	Testigo	Abarco	0	0	Muerto por hormiga
B2A	T1R3	Testigo	Abarco	149	12	
B5A	T1R5	Testigo	Abarco	158	13	
B6A	T1R6	Testigo	Abarco	159	13	
B2A	T4R1	compost	Abarco	0	0	Muerto por hormiga
B1A	T4R2	compost	Abarco	163	14	
B4A	T4R3	compost	Abarco	161	14	
B5A	T4R4	compost	Abarco	164	15	
B3A	T4R6	compost	Abarco	0	0	Muerto por hormiga
B6A	T4R5	compost	Abarco	165	15	
B1A	T7R1	Vermicompost	Abarco	170	15	
B2A	T7R2	Vermicompost	Abarco	0	0	Muerto por hormiga
B4A	T7R3	Vermicompost	Abarco	169	15	

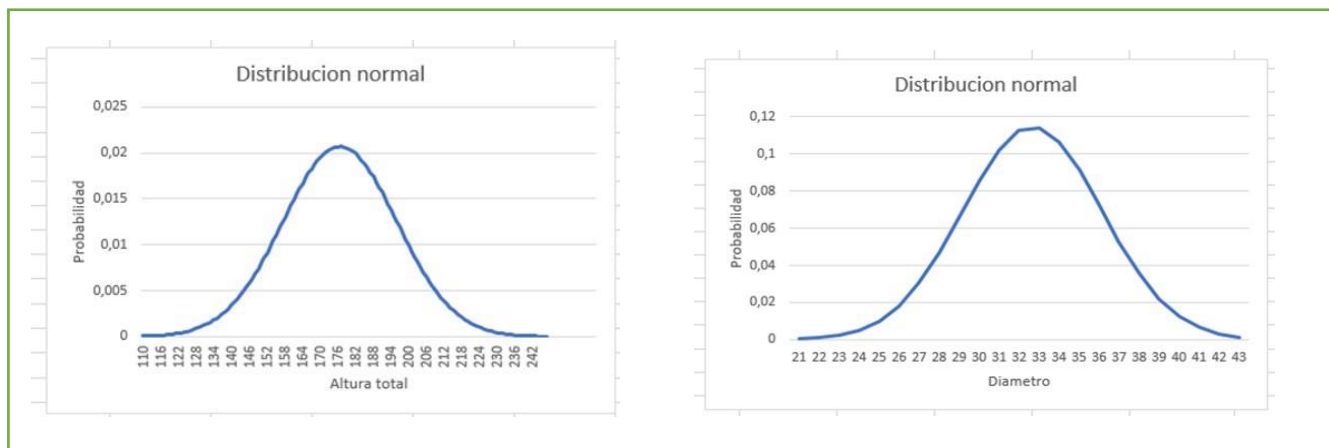
B3A	T7R4	Vermicompost	Abarco	0	0	Muerto por hormiga
B5A	T7R5	Vermicompost	Abarco	170	16	
B6A	T7R6	Vermicompost	Abarco	172	16	
B1C	T2R1	Testigo	Caracolí	145	29	
B2C	T2R2	Testigo	Caracolí	150	27	
B3C	T2R3	Testigo	Caracolí	165	32	
B4C	T2R4	Testigo	Caracolí	149	26	
B5C	T2R5	Testigo	Caracolí	160	31	
B6C	T2R6	Testigo	Caracolí	162	32	
B1C	T5R1	compost	Caracolí	170	31	
B2C	T5R2	compost	Caracolí	169	30	
B3C	T5R3	compost	Caracolí	181	34	
B4C	T5R4	compost	Caracolí	188	33	
B6C	T5R5	compost	Caracolí	170	30	
B5C	T5R6	compost	Caracolí	191	35	
B1C	T8R1	Vermicompost	Caracolí	187	37	
B2C	T8R2	Vermicompost	Caracolí	196	35	
B3C	T8R3	Vermicompost	Caracolí	210	38	
B4C	T8R4	Vermicompost	Caracolí	198	36	
B6C	T8R5	Vermicompost	Caracolí	188	35	
B5C	T8R6	Vermicompost	Caracolí	200	37	
B1G	T3R1	Testigo	Gualanday	93,6	16	
B2G	T3R2	Testigo	Gualanday	97	16	
B3G	T3R3	Testigo	Gualanday	103	17	
B4G	T3R4	Testigo	Gualanday	102	17	
B5G	T3R5	Testigo	Gualanday	92	16	
B6G	T3R6	Testigo	Gualanday	92	17	
B1G	T6R1	compost	Gualanday	98	17	
B3G	T6R2	compost	Gualanday	97	18	
B2G	T6R3	compost	Gualanday	105	19	
B5G	T6R4	compost	Gualanday	115	19	
B6G	T6R5	compost	Gualanday	102	17	
B4G	T6R6	compost	Gualanday	97	18	

B3G	T9R1	Vermicompost	Gualanday	125	18	
B1G	T9R2	Vermicompost	Gualanday	120	18	
B4G	T9R3	Vermicompost	Gualanday	135	22	
B6G	T9R4	Vermicompost	Gualanday	125	20	
B5G	T9R5	Vermicompost	Gualanday	119	19	
B2G	T9R6	Vermicompost	Gualanday	120	19	

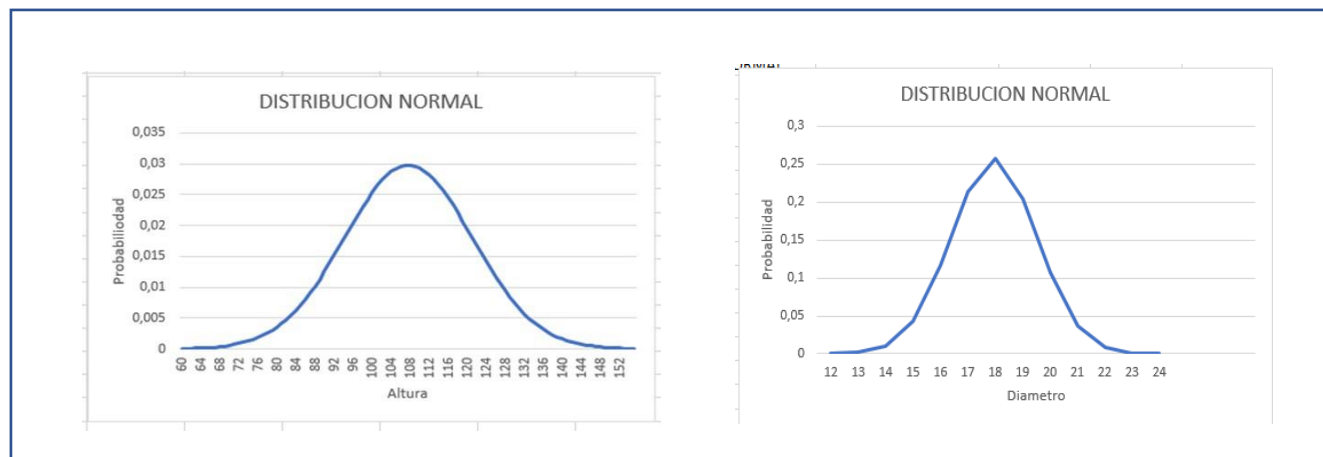
Anexo 67.1 Normalidad especie Abarco



Anexo 67.2 Normalidad especie Caracolí



Anexo 67.3. Normalidad especie Gualanday.



Anexo 68. Análisis de varianza ANOVA altura especie abarco

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
Tr	2	420,67	210,33	111,35	5,14
Bloques	3	40,92	13,64	7,22	4,76
Error	6	11,33	1,89		
Total	11	472,92			

Anexo 69. DMS para altura especie abarco

$DMS(5\%) = t_{\frac{\alpha}{2}, Gl} \sqrt{\frac{2 * CM}{r}}$				
$DMS(5\%) = t_{0,025,6} \sqrt{\frac{2 * 1,889}{4}} = 2,447 \sqrt{0,94444444} = 2,378$				
T3-T1	170,3	155,8	14,5	Existe diferencia
T3-T2	170,3	163,3	7	Existe diferencia
T2-T1	163,3	155,8	7,5	Existe diferencia

Anexo 70. Tabla 18. Análisis de varianza ANOVA diámetro especie Abarco

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
Tr	2	26,00	13,00	39,00	5,14
Bloques	3	6,00	2,00	6,00	4,76
Error	6	2,00	0,33		
Total	11	34,00			

Anexo 71. DMS para diámetro especie abarco

$DMS(5\%) = t_{\alpha, \frac{2}{2}, Gl} \sqrt{\frac{2 * CM}{r}}$				
$DMS(5\%) = t_{0,025,6} \sqrt{\frac{2 * 0,33}{4}} = 2.447 \sqrt{0,165} = 1$				
T3-T1	15,5	12	3,5	Existe diferencia
T3-T2	15,5	14,5	1	NO existe diferencia
T2-T1	14,5	12	2,5	Existe diferencia

Anexo 72. Tabla 19 análisis de varianza ANOVA para altura caracolí

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
Tr	2	5147,11	2573,56	66,52	4,1
Bloques	5	794,28	158,86	4,11	3,23
Error	10	386,89	38,69		
Total	17	6328,28			

Anexo 73. DMS para altura caracolí

$DMS(5\%) = t_{\frac{\alpha}{2}, Gl} \sqrt{\frac{2 * CM}{r}}$ $DMS(5\%) = t_{0,025,10} \sqrt{\frac{2 * 38,69}{6}} = 2.228 \sqrt{12,897} = 8,001$				
T3-T1	196,5	155,167	41,333	Existe diferencia
T3-T2	196,5	178,167	18,333	Existe diferencia
T2-T1	178,167	155,167	23	Existe diferencia

Anexo 74. Tabla 20 Análisis de varianza ANOVA para diámetro caracolí

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
Tr	2	142,33	71,17	30,94	4,1
Bloques	5	40,67	8,13	3,54	3,23
Error	10	23,00	2,30		
Total	17	206,00			

Anexo 75. DMS para diámetro caracolí

$DMS(5\%) = t_{\frac{\alpha}{2}, Gl} \sqrt{\frac{2 * CM}{r}}$ $DMS(5\%) = t_{0,025,10} \sqrt{\frac{2 * 2,3}{6}} = 2.228 \sqrt{0,76667} = 1,95$				
T3-T1	36,3	29,5	6,83	Existe diferencia
T3-T2	36,3	32,17	4,17	Existe diferencia
T2-T1	32,2	29,5	2,7	Existe diferencia

Anexo 76. Tabla 21 Análisis de varianza ANOVA para altura gualanday

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
Tr	2	2506,15	1253,08	82,46	4,1
Bloques	5	392,98	78,60	5,17	3,23
Error	10	151,96	15,20		
Total	17	3051,08			

Anexo 77. DMS para altura gualanday

$DMS(5\%) = t_{\frac{\alpha}{2}, Gl} \sqrt{\frac{2 * CM}{r}}$				
$DMS(5\%) = t_{0,025,10} \sqrt{\frac{2 * 15,20}{6}} = 2.228 \sqrt{5,06667} = 5,014$				
T3-T1	124	96,6	27,4	Existe diferencia
T3-T2	124	102,3	21,67	Existe diferencia
T2-T1	102,33	96,60	5,733	Existe diferencia

Anexo 78. Tabla 22 Análisis de varianza ANOVA para diámetro gualanday

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(5%)
Tr	2	24,11	12,06	26,46	4,1
Bloques	5	12,28	2,46	5,39	3,23
Error	10	4,56	0,46		
Total	17	40,94			

Anexo 79. DMS para diámetro gualanday

$$DMS(5\%) = t_{\frac{\alpha}{2}, gl} \sqrt{\frac{2 * CM}{r}}$$

$$DMS(5\%) = t_{0,025,10} \sqrt{\frac{2 * 0,46}{6}} = 2.228 \sqrt{0,1519} = 0,868$$

T3-T1	19,33	16,50	2,83	Existe diferencia
T3-T2	19,33	18,00	1,33	Existe diferencia
T2-T1	18,00	16,50	1,50	Existe diferencia