

**EFICACIA DEL USO DE HONGOS MICORRIZICOS Y ENMIENDAS ORGANICAS
COMO ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LA
FINCA SAN MARTIN, DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR – CESAR.**

AUTORES

**CLAUDIA MARCELA CABALLERO OLIVELLA
YULEYNI LUCIA CARO JULIAO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2022



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EFICACIA DEL USO DE HONGOS MICORRIZICOS Y ENMIENDAS ORGANICAS
COMO ALTERNATIVAS DE RECUPERACIÓN EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LA
FINCA SAN MARTIN, DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR – CESAR.**

AUTORES

CLAUDIA MARCELA CABALLERO OLIVELLA
YULEYNI LUCIA CARO JULIAO

DIRECTOR:

HECTOR HELÍ SEGURA OROZCO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2022



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado especialmente a mi madre Rubiela Elena Olivella que fue el pilar con su esmero para que yo me esforzara y dar lo mejor de mí en esta carrera universitaria, a mis hermanos y demás familiares que hicieron parte de este proceso que hoy es gratificante para mí, mis triunfos serán compartidos con todos ustedes.

A la memoria de mi papá Eusebio de Jesús Caballero que fue luz en mi oscuridad.
Gracias, padres por hacer de mí; una profesional.

Claudia Marcela Caballero Olivella

A Dios, por darme la vida y acompañarme siempre.

A mi madre, quien ha sido el pilar más importante.

A mi hijo, que es mi mayor motivación y ese motor que me inspira a salir adelante y nunca rendirme.

A mis hermanas, por su amor y apoyo incondicional.

A mi padre, que desde el cielo me cuida y me ilumina para seguir adelante.

A mi esposo, quien ha sido mi motivación y apoyo constante.

A todos mis familiares y amigos que aportaron su granito de arena en este proceso.

Yuleyni Lucia Caro Juliao





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento de este proyecto va dirigido primeramente a Dios porque sin su gracia nada sería posible.

Al plantel educativo por brindarme las bases y enseñanzas de la carrera.

Al apoyo invaluable de mi familia que con sacrificios y esfuerzos me ayudaron a que este logro se hiciera posible.

Doy gracias a la memoria de mi padre que en su ausencia sentí su acompañamiento en todo el recorrido de esta carrera universitaria.

Claudia Marcela Caballero Olivella

Primeramente, le doy gracias a Dios por guiar mis pasos día a día, por ser mi apoyo y fortaleza en esos momentos de dificultad y debilidad.

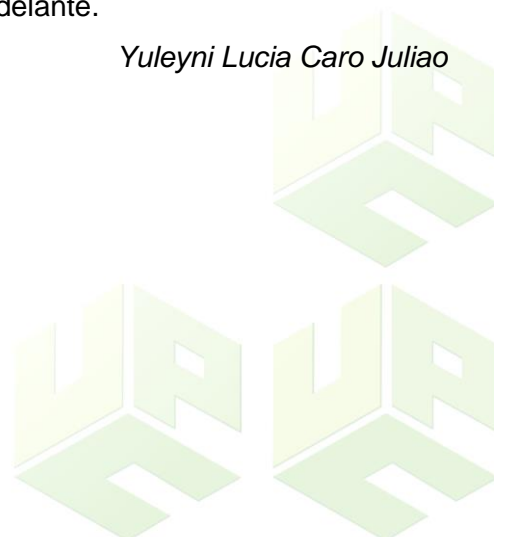
Gracias a la universidad, docentes y compañeros que me acompañaron en todo este proceso.

Gracias a mi madre por su amor, apoyo incondicional y por sus esfuerzos que me han permitido cumplir un sueño más.

Gracias a mi familia por el apoyo tan grande que me brindaron en este proceso

Gracias a mi hijo por ser mi motivación en salir adelante.

Yuleyni Lucia Caro Juliao





**Universidad
Popular del Cesar**

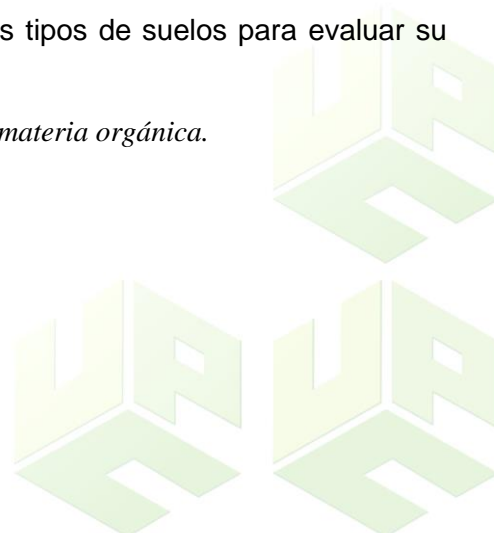
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



RESUMEN Y ABSTRACT

El suelo se establece como un recurso esencial para el desarrollo económico y social, el cual sirve de sostén fisicoquímico de la mayoría de los ecosistemas terrestres. (Mosquera T, 2020). La degradación del suelo es una de las principales problemáticas ambientales más graves que se presentan a escala global. Según la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura - FAO. La investigación tuvo por objeto determinar la eficacia de los hongos micorrízicos y las enmiendas orgánicas como alternativa de recuperación de suelos en las zonas afectadas por procesos agrícolas en la finca San Martín, ubicada en el municipio de Valledupar – Cesar. Para esto, se identificaron las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo de la finca, se aplicó el compost como enmienda orgánica y hongos micorrízicos en los suelos agrícolas y, por último, se evaluó la efectividad de los hongos micorrizas y el efecto del compost como alternativa para la conservación y mejoramiento de suelos afectados por procesos agrícolas. Los resultados permitieron evidenciar que el tratamiento de hongos micorrízicos más compost, permitió el crecimiento del 100% de las especies, en este, las hojas crecieron rápidamente y en su totalidad, sin embargo, se presentaron de las 36 plántulas sembradas, 5 que presentaban afectaciones en sus hojas y crecimiento. Se recomienda continuar con investigaciones para determinar las posibles afectaciones al crecimiento, así como aplicar estos tratamientos a otros tipos de suelos para evaluar su efectividad.

Palabras claves: Enmienda orgánica, remediación de suelos, materia orgánica.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



ABSTRACT

The soil is established as an essential resource for economic and social development, which serves as the physicochemical support of most terrestrial ecosystems. (Mosquera T, 2020). Soil degradation is one of the most serious environmental problems that occur on a global scale. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. The purpose of the research was to determine the effectiveness of mycorrhizal fungi and organic amendments as an alternative for soil recovery in areas affected by agricultural processes in the San Martín farm, located in the municipality of Valledupar - Cesar. For this, the physical, chemical, and microbiological characteristics of the soil of the farm were identified, compost was applied as an organic amendment and mycorrhizal fungi in agricultural soils and finally, the effectiveness of mycorrhizal fungi and the effect of compost as alternative for the conservation and improvement of soils affected by agricultural processes. The results allowed to show that the treatment of mycorrhizal fungi plus compost, allowed the growth of 100% of the species, in this, the leaves grew rapidly and, in its entirety, however, of the 36 planted seedlings, 5 that presented affectations on its leaves and growth. It is recommended to continue with investigations to determine the possible effects on growth, as well as to apply these treatments to other types of soils to evaluate their effectiveness.

Keywords: Organic amendment, soil remediation, organic matter.





TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN Y ABSTRACT	5
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE ANEXOS	12
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4. MARCO REFERENCIAL	20
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
4.2 MARCO TEORICO	23
4.3 MARCO CONCEPTUAL	29
4.4 MARCO CONTEXTUAL	30
4.5 MARCO LEGAL	34
5. MARCO METODOLOGICO	37
5.1 LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN	37
5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
5.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	37

5.3 POBLACIÓN DE ESTUDIO	37
5.4 MUESTRA POBLACIONAL	38
5.5 DESARROLLO METODOLOGICO	38
6 DISEÑO DE LA INVESTIGACION.	47
7. ANÁLISIS Y RESULTADOS	49
7.1 Identificación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.....	49
7.2 Aplicación del compost como enmienda orgánica y hongos micorrízicos.....	59
7.3 Evaluación de los efectos del compost y los hongos micorrízicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de suelos afectados por procesos agrícolas.....	64
8. CONCLUSIONES	18
9. RECOMENDACIONES	20
10. BIBLIOGRAFIA	21
11. ANEXOS.....	24





LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Relación entre la densidad aparente y la porosidad total.....	23
Tabla 2 Valores generalizados para la retención de humedad a 0.3 y 15 bar, según la clase de textura para diferentes suelos.....	24
Tabla 3 Rangos para interpretar la humedad equivalente	24
Tabla 4 Propiedades químicas del suelo	24
Tabla 5 Propiedades biológicas del suelo.....	25
Tabla 6 Fases del compostaje.....	27
Tabla 7 Artículos de la constitución política de Colombia	34
Tabla 8 Normas generales relacionadas con el proyecto de investigación	35
Tabla 9 División del terreno para puntos de muestreo.....	38
Tabla 10 Plan de preparación de muestras mixtas para cada estrato de suelo sospechoso (homogeneidad espacial).....	39
Tabla 11 Parámetros fisicoquímicos del suelo estudiados.....	42
Tabla 12 Parametros del compostaje	43
Tabla 13 Organización de los tratamientos de investigación.	44
Tabla 14 Indicadores de adaptación de la siembra.....	46
Tabla 15 Correlación entre los parámetros fisicoquímicos del suelo.....	47
Tabla 16 Cuadro análisis de varianza (ANOVA) para el diseño de bloques al azar	48
Tabla 17 División del terreno para puntos de muestreo.....	50
Tabla 18 Parámetros fisicoquímicos del suelo estudiados.....	55
Tabla 19 Seguimiento a las condiciones de crecimiento y desarrollo del compost	60
Tabla 20 Organización de los tratamientos de investigación. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 21 Seguimiento de adaptación de la siembra testigo	6
Tabla 22 Seguimiento de adaptación de la siembra tratamiento compost	0
Tabla 23 Seguimiento de adaptación de la siembra tratamiento hongos micorrízicos	0
Tabla 24 Seguimiento de adaptación de la siembra tratamiento compost más hongos micorrízicos.....	0
Tabla 25 Resultados parcela control	1

Tabla 26 Resultados parcela compost.....	3
Tabla 27 Resultados parcela hongos micorrízicos.....	5
Tabla 28 Resultados parcela hongos micorrízicos más compost.....	8
Tabla 29 Correlación de parámetros antes y después.....	10
Tabla 30 Correlación de crecimiento antes y después.....	12





LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje.....	26
Figura 2 Desarrollo de hifas intramatriciales y estructuras del hongo micorrízico arbuscular en la raíz.....	28
Figura 3 Ubicación finca San Martin.....	31
Figura 4 Terreno usado para la división del parcelamiento	49
Figura 5 División del terreno para puntos de muestreo.	51
Figura 6 Delimitación parcela objeto de estudio	51
Figura 7 Puntos de muestreo establecidos	52
Figura 8 Recorrido en zigzag para la toma de muestras en la parcela 3	53
Figura 9 Proceso de recolección de las muestras de suelo.....	54
Figura 10 Residuos orgánicos recolectados.....	59
Figura 11 Seguimiento y control del compost elaborado	0
Figura 12 Proceso de preparación del suelo	1
Figura 13 Aplicación del compost en el terreno 1	2
Figura 14 Aplicación de hongos micorrízicos	3
Figura 15 Aplicación combinada	4
Figura 16 Seguimiento al crecimiento en terreno testigo	0
Figura 17 Seguimiento al crecimiento en terreno con compost	0
Figura 18 Seguimiento al crecimiento en el terreno con hongos micorrízicos	0
Figura 19 Seguimiento al crecimiento con tratamiento combinado.....	0
Figura 20 Parámetros fisicoquímicos analizados	¡Error! Marcador no definido.
Figura 21 Crecimiento de hojas terreno testigo	13
Figura 22 Crecimiento de hojas terreno compost.....	14
Figura 23 Crecimiento de hojas terreno con hongos	14
Figura 24 Crecimiento de hojas terreno con hongos más compost ... definido.	¡Error! Marcador no
Figura 25 Crecimiento de hojas terreno combinado	15
Figura 26 Crecimiento de hojas con respecto al total sembradas	16



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Resultados de análisis fisicoquímicos por parte del laboratorio terreno control .	83
Anexo 2 Resultados de análisis fisicoquímicos por parte del laboratorio terreno con compost.....	85
Anexo 3 Resultados de análisis fisicoquímicos por parte del laboratorio terreno con hongos micorrízicos	87
Anexo 4 Resultados de análisis fisicoquímicos por parte del laboratorio terreno con hongos micorrízicos más compost.....	89
Anexo 5 Fotografías desarrollo de la siembra	92





INTRODUCCIÓN

El término “contaminación del suelo” se refiere a la presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no están destinados. La contaminación del suelo con frecuencia no puede ser directamente evaluada o percibida visualmente, convirtiéndola en un peligro oculto.

El Estado del Informe Mundial sobre Recursos del Suelo (SWSR) identificó la contaminación del suelo como una de las principales amenazas para el suelo que afectan los suelos del mundo y los servicios a los ecosistemas que éstos proporcionan.

Las preocupaciones sobre la contaminación del suelo van en aumento en todas las regiones. En fechas recientes, la Asamblea Ambiental de las Naciones Unidas (UNEA-3) adoptó una resolución que clama por acciones aceleradas y por ayuda para abordar y manejar la contaminación del suelo.

Las principales fuentes antropogénicas de la contaminación del suelo son los químicos utilizados en, en productos como subproductos de actividades industriales, residuos domésticos, ganaderos y municipales (incluyendo aguas residuales), agroquímicos y productos derivados del petróleo.

Estos químicos son liberados al ambiente accidentalmente, por ejemplo, por derrames petroleros o filtración de vertederos o, intencionalmente, como sucede con el uso de fertilizantes y plaguicidas, irrigación con aguas residuales no tratadas o aplicación al suelo de lodos residuales.

La contaminación del suelo también proviene de la deposición atmosférica de la fundición, transporte, pulverización de aplicaciones de plaguicidas y de la combustión incompleta de muchas sustancias, así como de la deposición de radionúclidos de pruebas de armas atmosféricas y accidentes nucleares. Han surgido nuevas preocupaciones sobre contaminantes emergentes como son productos farmacéuticos, interruptores endocrinos, hormonas y toxinas, entre otros, así como contaminantes biológicos como micro contaminantes en suelos que incluyen bacterias y virus

La investigación pretendió determinar la eficacia de los hongos micorrízicos y las enmiendas orgánicas como alternativa de recuperación de suelos en las zonas afectadas



por procesos agrícolas en la finca San Martín, ubicada en el municipio de Valledupar – Cesar, por medio de tres fases de desarrollo, la primera consistió en la Identificación de las características físicas, químicas del suelo de la finca San Martín, ubicada en el municipio de Valledupar – Cesar, la segunda la aplicación del compost como enmienda orgánica y hongos micorrízicos en los suelos agrícolas de la finca san Martin y por último la evaluación de la efectividad de los hongos micorrizas y el efecto del compost como alternativa para la conservación y mejoramiento de suelos afectados por procesos agrícolas, apoyados en revisiones bibliográficas y siembras en los terrenos establecidos.

Con esta investigación se propone avanzar en el desarrollo de alternativas o métodos para mitigar o solucionar problemas definitivos de degradación de suelos agrícolas, por ende, el planteamiento de esta alternativa busca incrementar y aumentar la calidad de vida del suelo y garantizar a largo plazo una recuperación significativa de los suelos y por ende mantener la economía agrícola de la región

La presente investigación tiene como finalidad dar solución a uno de los mayores problemas ambientales en el departamento por causa del uso inadecuado del suelo y el uso de agroquímicos. Esta investigación nos permitirá identificar posibles cambios que ha sufrido esta zona y evaluar sus características antes de llevar a cabo el proceso de restauración, para eso se requiere una evaluación del daño ocasionado y así buscar alternativas que sean afectivas para la restauración, por medio del compost y hongos micorrízicos.

La investigación se estructura en nueve capítulos, divididos de la siguiente manera: en el capítulo número uno, se encuentra la descripción del planteamiento del problema, seguido de la justificación del proyecto de investigación. El capítulo número tres menciona los objetivos de la investigación, dentro de este, el general y específico. Posteriormente, encontramos el marco referencial. El capítulo número cinco, corresponde al marco metodológico, en el que se describe la línea, sublínea, tipo, nivel, población y muestra que requiere el desarrollo de la investigación. Posteriormente, se encuentra el desarrollo metodológico. El capítulo sexto es el encargado de mostrar los resultados y análisis. Posteriormente, en el capítulo séptimo se encuentran las conclusiones de la investigación, seguido por el capítulo octavo, recomendaciones y por último la bibliografía.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento del Cesar es conocido por sus actividades agrícolas y ganaderas que involucran principalmente actividades de uso de suelo en mayor medida, siendo las actividades agrícolas la base para el sustento económico de la región, pilar que se ha visto afectado por múltiples factores como la reutilización del suelo sin ninguna medida, actividades ganaderas y la llegada de la minería a la región que afectan de manera relevante a los suelos de la región.

El suelo se establece como un recurso esencial para el desarrollo económico y social, el cual sirve de sostén fisicoquímico de la mayoría de los ecosistemas terrestres. (Mosquera T, 2020). La degradación del suelo es una de las principales problemáticas ambientales más graves que se presentan a escala global. Según la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura - FAO. (2015) se afirma que durante los últimos 40 años se ha perdido alrededor de una tercera parte de la tierra cultivable por efectos de la erosión, pero lo más preocupante es que esta cifra continúa en aumento en más de 10 millones de hectáreas por año. Esta situación redundante en que el 80 % de los suelos agrícolas del mundo sufran erosión moderada a severa, y el 10% una erosión ligera (FAO, 2015).

En Colombia el panorama no es más alentador, debido a que el 40 % de la superficie continental e insular es afectada por la erosión; de esta área el 20% presenta erosión ligera, el 17 % erosión moderada, el 3 % erosión severa y el 0,2 % presenta erosión muy severa. Las áreas de uso exclusivamente agrícola corresponden a cerca de 2.078.094 ha, de las cuales el 93 % presenta erosión, situación que es ocasionada por el manejo inadecuado en las labores agrícolas. (IDEAM, 2015). La erosión es un proceso que ocasiona la pérdida de los beneficios que aporta el suelo al equilibrio ecosistémico, la degradación del suelo en su mayoría no se percibe de forma evidente, pero causa un gran impacto ya que promueve la pérdida de las capacidades reguladoras del ciclo hídrico, así como el almacenamiento de cantidades de carbono y disminuyen la captación de los gases de efecto invernadero (FAO, 2015). Por otra parte, existen efectos más notorios que afectan de manera relevante a la sociedad, entre ellos se encuentran la pérdida en los rendimientos de los cultivos, así como el rendimiento comercial al momento de ofrecer los productos que son cultivados en el



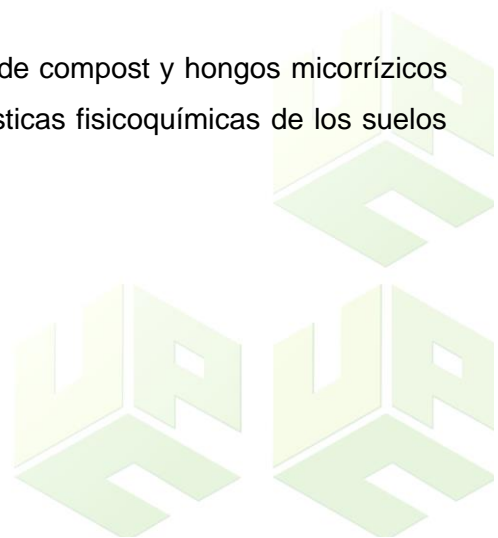
suelo, situación que genera una preocupación en manera de seguridad alimentaria a millones de personas.

A nivel del departamento del Cesar el panorama no cambia mucho, debido a que uno de los pilares fundamentales para la producción económica de la región se fundamenta en las actividades agrícolas y ganaderas en mayor proporción, el departamento cuenta con un total de 2.290.500 hectáreas de las cuales, 613.795 hectáreas presentan desertificación alta y severa lo cual representa más del 50% del área del departamento afectada por procesos de desertificación, (Martínez H, 2016). Este proceso en vez de disminuir está aumentando cada vez más lo que ha traído consecuencias como la pérdida de la cobertura vegetal, degradación del agua y la reducción del rendimiento de los modelos agropecuarios.

En la actualidad, aun cuando se destacan actividades de minería del carbón, siguen prevaleciendo actividades económicas ligadas a la ganadería y agricultura en el departamento del Cesar, las cuales se presentan como una importante fuente de recursos económicos para el departamento. El uso de agroquímicos y prácticas de riego inadecuada ha provocado la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, provocando como consecuencia, la erosión del suelo, aumento en la salinidad y acidez, afectando su fertilidad, la disminución en la producción agrícola y como consecuencia se ha disminuido el desarrollo económico de esta región.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Acorde a la situación planteada, ¿La aplicación de compost y hongos micorrízicos representa una alternativa para recuperar las características fisicoquímicas de los suelos agrícolas de la región?





2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los problemas ambientales de las actividades agrícolas son los residuos orgánicos que se generan (restos de poda, de cosecha, de postcosecha, estiércol, pasto, fruta caída, entre otros). Normalmente, debido al desconocimiento, a la falta de un espacio adecuado, o de tiempo, las prácticas habituales con estos residuos son la quema, el enterramiento o el abandono del material a la intemperie hasta su pudrición. El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. (Roman, Martínez, & Pantoja, 2013)

Una alternativa que se perfila como una solución viable en la recuperación de los suelos agrícolas, es la aplicación de compost y hongos micorrízicos al suelo, debido a que se ha demostrado que esta aplicación puede proporcionar beneficios para el crecimiento de las plantas y la recuperación de algunos nutrientes presentes en el suelo, así como la recuperación y el mejoramiento de las características fisicoquímicas del suelo. La utilización de compost ha mejorado considerablemente la fertilidad del suelo a largo plazo debido al gran aporte de materia orgánica que estos poseen, lo que provoca una mejora considerable en los componentes del suelo.

Las micorrizas de tipo arbusculares representan del 5% al 50% de la biomasa de los microbios del suelo y son considerados como una comunidad biológica diversa y activa, esencial para incrementar la sostenibilidad de los agroecosistemas, representando las simbiosis de mayor relevancia en los sistemas agroecológicos. En la agricultura, el uso de HMA tiene un gran potencial debido a que facilitan la disponibilidad de nutrientes para las plantas como los de poca movilidad (fósforo), mayor absorción de agua debido a la extensa red de hifas que el hongo forma, resistencia a patógenos de hábito radical como nematodos. (Acosta, 2019).

Con esta investigación se propone avanzar en el desarrollo de alternativas o métodos para mitigar o solucionar problemas definitivos de degradación de suelos agrícolas, basado en esto se debe considerar al suelo como un recurso básico, debido a que se ha visto relegado y no se le ha dado la correcta importancia que este merece, por ende el planteamiento de esta alternativa busca incrementar y aumentar la calidad de vida



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



del suelo y garantizar a largo plazo una recuperación significativa de los suelos y por ende mantener la economía agrícola de la región.

Con esta investigación se dan a conocer alternativas para la recuperación de los suelos para garantizar un mejor trato para la sostenibilidad del recurso suelo, mejorar los procesos de agricultura y para el diseño de estrategias para el uso de este recurso como tal.

La presente investigación tiene como finalidad dar solución a uno de los mayores problemas ambientales en el departamento por causa del uso inadecuado del suelo y el uso de agroquímicos. Esta investigación nos permitirá identificar posibles cambios que ha sufrido esta zona y evaluar sus características antes de llevar a cabo el proceso de restauración, para eso se requiere una evaluación del daño ocasionado y así buscar alternativas que sean afectivas para la restauración, por medio del compost y hongos micorrízicos.





3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar la eficacia de los hongos micorrízicos y las enmiendas orgánicas como alternativa de recuperación de suelos en las zonas afectadas por procesos agrícolas en la finca San Martín, ubicada en el municipio de Valledupar – Cesar.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características físicas, químicas del suelo de la finca San Martín, ubicada en el municipio de Valledupar – Cesar.
- Diseñar las Parcelas de Implementación del Compost Orgánico y Hongos Micorrízicos en los suelos Agrícolas en la finca San Martí
- Evaluar la efectividad de los hongos micorrizas y el efecto del compost como alternativa para la conservación y mejoramiento de suelos afectados por procesos agrícolas.





4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para la ejecución del presente proyecto, se tomarán como línea base las siguientes investigaciones y tesis de grado que permitirán el cumplimiento de los objetivos planteados:

Zea mays L. (2020). desarrolló la investigación titulada Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo, como artículo de investigación en la Universidad Colonia Lomas del Campestre, León, Guanajuato, que tuvo como finalidad la determinación de cómo utilizar las enmiendas orgánicas, como el compost a base de estiércol como alternativas viables en la acumulación de nutrientes para mejorar o mantener la fertilidad de los suelos que han sido intervenidos, el objetivo de este estudio fue el de evaluar las características y la composición química del suelo y el rendimiento a través de la aplicación de esta enmienda en cultivos recientes, se trabajó en varias etapas; la primera consistió en un muestreo experimental de los parámetros físicos del suelo intervenido para establecer el tipo de indicador que se evaluaría en cada proceso, la segunda actividad consistió en verificar los niveles de fertilización orgánica en dos ciclos de cultivo y como última etapa se verifico la eficacia de la enmienda orgánica aplicada en el suelo y el nivel de recuperación del mismo. Este articulo marca una parte importante en esta investigación debido a que se analizaran algunos parámetros físicos y microbiológicos del suelo, así como el diseño del compost utilizando una metodología similar en nuestro proyecto de investigación.

Acosta Peñaloza D. (2019). Desarrollo la investigación titulada Aplicación de hongos micorrízicos orbiculares en la producción de plantas de selva baja caducifolia con fines de reforestación; para optar al título de maestro en ciencias naturales, en la Universidad autónoma del estado de Morelos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los hongos micorrízicos en plantas nativas de la selva baja caducifolia producidas en un vivero de la ciudad de México, la metodología utilizada se basó primeramente en escoger las muestras del suelo y de las raíces de los árboles de caobilla, donde se desarrollan este tipo de hongos, para el proceso de la extracción de las esporas se realizó un proceso de tamizado y decantación. Para evaluar el efecto de la inoculación con HMA,



por separado se sembraron semillas de caobilla, palo dulce y guaje en bolsas forestales de un litro y se manejaron como se hace comúnmente en el vivero. A los 120 días después de la siembra, se registraron los datos de: altura de la planta, peso seco del vástago, peso seco de la raíz y porcentaje de colonización de HMA. Los datos se analizaron con análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar de cinco tratamientos y seis repeticiones, por separado en cada especie. Este trabajo nos aporta en gran medida en la determinación del tipo de hongo micorriza a escoger, teniendo en cuenta sus características y la correlación entre el suelo y como este tipo de hongo aporta positivamente en la recuperación del suelo y el tiempo gradual que se necesita para que este mismo pueda actuar de forma eficaz.

Delgado J. (2019). Desarrolló la investigación titulada bioindicadores en suelos y abonos orgánicos; Para optar al título de magister en ciencias naturales de la Universidad de Tolima. En este documento, se aborda una revisión de los efectos del compost sobre la estructura del suelo, luego, se reporta un análisis de los indicadores microbiológicos de suelo más usados en sistemas agroforestales, con datos experimentales de los efectos del compost sobre el suelo. En los últimos dos capítulos, se trata el proceso de compostaje proveniente de material orgánico como producto de la mezcla de pulpa de café, banano, gallinaza y bovinaza, proveniente de fincas cafeteras ubicadas en el departamento de Cundinamarca, donde se cuantificaron poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos y se identificaron microorganismos patógenos característicos de contaminación fecal asociados a la calidad y se estimó la biomasa microbiana y el valor fertilizante de las compostas. Finalmente, se muestran resultados de un análisis de muestras de suelo en las cuales se realizaron las respectivas pruebas para identificar correlaciones entre indicadores microbiológicos y químicos del suelo.

Sánchez A. (2015). Desarrollo la investigación titulada variación de la población de hongos micorrízicos arbusculares en un suelo agrícola; para optar al título de maestro en ciencias y tecnologías ambientales de la universidad de Guadalajara, México. En este trabajo se investigan la simbiosis entre los hongos micorrízicos y las plantas superiores y la forma como desarrollan una relación entre el suelo y las raíces de las plantas, se investigó la productividad de la planta y la resistencia en cuanto a la obtención de nutrientes, la



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



aplicación de fertilizantes y vinazas al suelo que aportan una concentración elevada de materia orgánica, para esta investigación se tomaron dos suelos agrícolas con materia orgánica añadida y sin la misma, para así evaluar el comportamiento de la recuperación del suelo y los efectos que tienen estas enmiendas orgánicas sobre la misma. Esta investigación nos aporta la forma en cómo debemos escoger el tipo de suelo agrícola basándonos en dos parámetros importantes, uno de ellos será la forma en como distribuiremos el compost, y así mismo evaluaremos un suelo agrícola sin ninguna intervención.

Barrera j. (2012). desarrollo I investigación titulada evaluación de micorrizas nativas en plantas de plátano hartón; como docente investigador del grupo de agricultura sostenible de la universidad de córdoba. En el trabajo se evaluó el efecto de la aplicación de tres géneros nativos de micorrizas vesícula arbusculares sobre el crecimiento de plantas de plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en etapa de vivero. Las cepas se obtuvieron de la colección del Laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Córdoba, las cuales fueron aisladas de cultivos de plátano en los municipios de Loricá, Los Córdoba y San Bernardo del Viento. Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos: *Glomus* sp. (T1), *Acaullospora* sp. (T2), *Scutellospora* sp. (T3), una combinación de los géneros *Glomus*, *Acaullospora* y *Scutellospora* (T4), un tratamiento químico de fosfato diamónico, DAP (T5) y un control absoluto (T6), con diez repeticiones por tratamiento. Los resultados mostraron que con la combinación de géneros de micorrizas (T4) se obtuvo un mayor número de esporas y un porcentaje más alto de infección, seguido de los tratamientos T1, T3 y T2. Además, con esta combinación se encontraron diferencias significativas en diámetro del pseudotallo, relación de área foliar: peso fresco y seco de raíz, en comparación con los demás tratamientos. El área foliar y la longitud de raíz fueron más altos en el tratamiento T5. Esta investigación es importante porque nos permitirá determinar a través del método experimental de bloques al azar la cantidad de repeticiones que se deberán elaborar para obtener los resultados esperados al momento de aplicar nuestra enmienda orgánica al suelo y así poder evaluar el comportamiento positivo o negativo hacia el suelo.



4.2 MARCO TEORICO

El suelo es un recurso vivo, dinámico y no renovable, el cual está necesitado de unas condiciones mínimas y adecuadas que le permitan llevar a cabo sin problemas aquellas funciones suficientes para su mantenimiento y conservación, así como para la producción de alimentos, y para el mantenimiento de la calidad ambiental local, regional y global. Los procesos de descomposición y respiración que suceden en él, fundamentalmente derivados de las acciones sobre su parte viva u orgánica, tienen un papel importante para el mantenimiento del balance entre la producción y el consumo del CO₂ de la biosfera, tanto para el reciclaje del C atmosférico que está en forma de CO₂ como para la formación de la materia orgánica, la cual es una reserva no solo del C atmosférico sino de otros elementos. Las etapas esenciales de los ciclos globales de elementos claves para la vida del suelo como son, además del agua, el C, N, P y S se suceden en el suelo con una cierta velocidad de reciclaje de los mencionados elementos, y es por ello por lo que su disponibilidad se puede ver claramente alterada por las diferentes formas de vida y por la constante búsqueda de fuentes de alimento y energía. (García, 2008).

4.2.1 Propiedades físicas: Las propiedades físicas pueden ser: Fundamentales. aquellas que no se derivan de otras y se encuentran dentro de este grupo el color. la textura. la estructura. la densidad. La consistencia. la temperatura. etc. Derivadas. que. como su nombre lo indica. Son todas las que nacen de la interacción de las fundamentales.

Tabla 1

Relación entre la densidad aparente y la porosidad total

DENSIDAD APARENTE G/CC	POROSIDAD TOTAL %
< 1.0	>63
1.0 – 1.2	55-62
1.2 – 1.4	47-54
1.4 – 1.6	40-46
1.6 – 1.8	32-39
>1.8	<31

Fuente. (Ramirez Carvajal, 1997)



Tabla 2

Valores generalizados para la retención de humedad a 0.3 y 15 bar, según la clase de textura para diferentes suelos

CLASE TEXTURAL	RETENCIÓN DE HUMEDAD %	
	0.3 bars	15 bars
Arenosa	5-15	2-10
Franco arenosa	12-32	5-18
Franca	18-40	10-30
Franco arcillosa	20-50	12-35
Arcillosa	25-75	15-45

Fuente. (Ramírez Carvajal, 1997)

Tabla 3

Rangos para interpretar la humedad equivalente

CONTENIDO DE HUMEDAD %	INTERPRETACIÓN
< 5	Muy baja
5-15	Baja
15-25	Media
25-35	Alta
>35	Muy alta

Fuente. (Ramírez Carvajal, 1997)

4.2.2 Propiedades químicas

Tabla 4

Propiedades químicas del suelo

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/ 100g de suelo. A valores altos de la ele existe una gran disponibilidad de los diferentes elementos en el suelo. Menores a 10 meq/ 100g.s. son bajos. entre 10 y 20 medios. de 20 a 30 altos y mayores a 30 meq/100g.s. muy altos.

Ph

Es una de las propiedades fisicoquímicas más importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica.

Nitrógeno	Esta mineralización se da en valores cercanos a pH 7, que es donde mayor desarrollo presentan las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno.
Fósforo	El fósforo presenta su mayor disponibilidad con pH entre 6.5 y 7.5, siendo en ese rango donde se presenta la mayor mineralización de compuestos de fósforo orgánico y mineral
Calcio, magnesio y potasio	Estos elementos aumentan su solubilidad con pH de 7 a 8.5. En suelos ácidos, la ele disminuye y, por 10 tanto, aumenta la posibilidad de que estos elementos sean lavados del perfil.
Capacidad de intercambio catiónico	Un aumento en el pH origina cargas negativas libres y que pueden ser posiciones intercambiables entre los cationes presentes en la solución del suelo.

Fuente. (Ramírez Carvajal, 1997)

4.2.3 *Propiedades biológicas del suelo*

Tabla 5

Propiedades biológicas del suelo

Procesos biológicos de algunos elementos en el suelo	Mineralización
	Desnitrificación
	Fijación biológica
	Reducción de azufre inorgánico

Fuente. (Ramírez Carvajal, 1997)

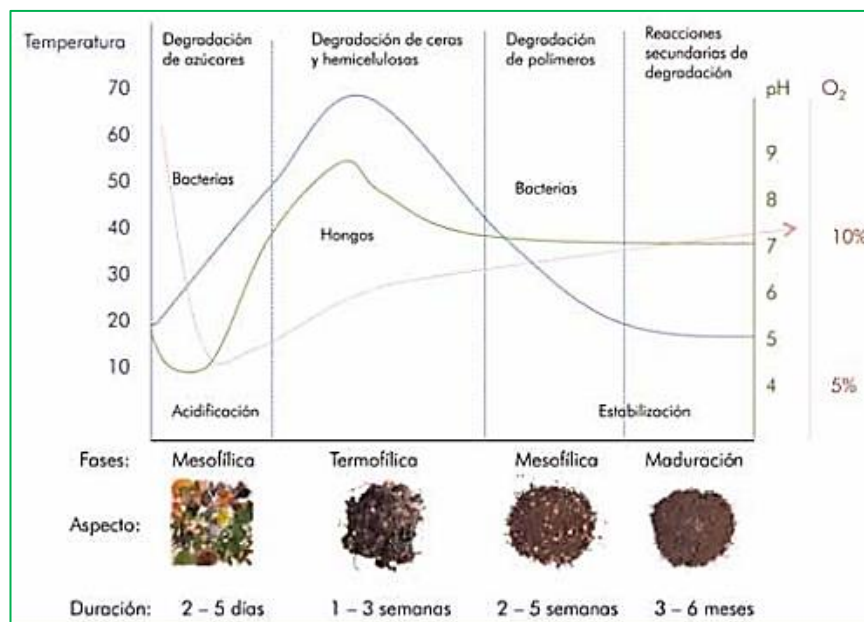
4.2.4 *Importancia de la materia orgánica en el suelo:* La materia orgánica es uno de los más importantes componentes del suelo puede ser aplicada al suelo en las siguientes formas: Fresca, como el caso de los estiércoles en el mismo potrero, seca, como en el caso del mulch o de las coberturas muertas producto de los residuos de cosecha (paja o barbecho) y procesada, bien sea en forma de compost, vermicompost, purines o estabilizados (por ejemplo, de estiércol o guano de aves-gallinaza, pavo). Una vez alcanza el máximo grado de descomposición, todas estas sustancias que quedan en el suelo, inician la formación de complejos de carbono,

altamente estables y de lenta degradación. Este nuevo material es el humus. Es entonces el material más estabilizado, como ácidos húmicos y fúlvicos que ha sufrido un proceso de mineralización, con participación de microorganismos y luego un proceso de humificación.

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost.

Figura 1

Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje



Fuente. Román et al. (2013)



Tabla 6

Fases del compostaje

Fase Mesófila	El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor.
Fase Termófila o de Higienización	Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina.
Fase de Enfriamiento o Mesófila II	Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista
Fase de Maduración	Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Fuente. Román, Martínez, Pantoja (2013)

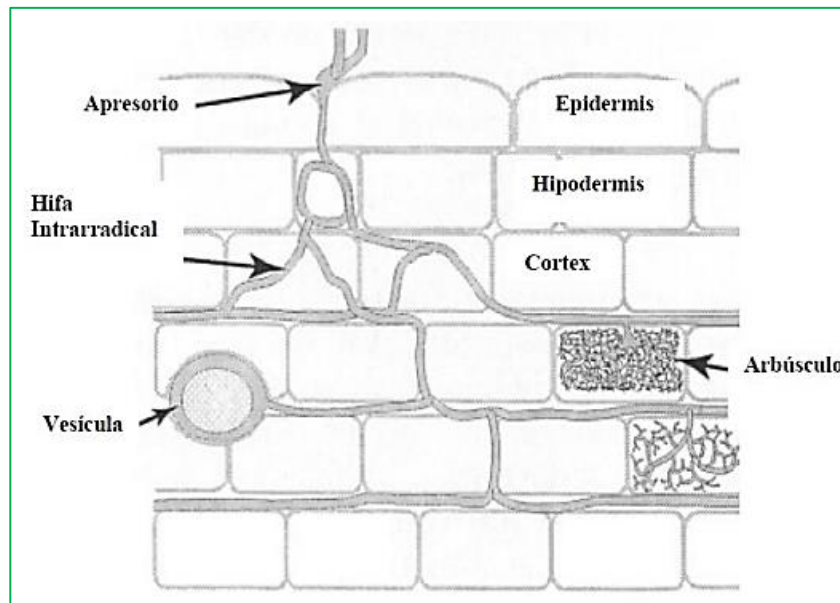
Numerosos estudios han comprobado que el compost juega un papel importante en el control de procesos erosivos al reducir problemas de adensamientos (formación de

costra, compactación, escorrentía). Los residuos orgánicos compostados podrían ser utilizados como acolchados para controlar la escorrentía y erosión del suelo. Numerosos estudios han demostrado la efectividad de las compostas, aplicadas en la superficie del suelo, para reducir la escorrentía y las pérdidas de sedimentos y por tanto el incremento de la infiltración en pendientes perturbadas, al comparar suelos desnudos.

4.2.5 Hongos micorrízicos arbusculares (HMA): Los HMA se forman en una variedad de plantas hospederas y tienen cuatro componentes importantes: la raíz, las estructuras de hongos dentro y entre las células de la raíz (hifa intrarradical), un micelio extrarradical en el suelo y la interfaz. Las estructuras más comunes que poseen los HMA son esporas, hifa, arbuscúlos y vesículas. Los HMA se forman en una variedad de plantas hospederas y tienen cuatro componentes importantes: la raíz, las estructuras de hongos dentro y entre las células de la raíz (hifa intrarradical), un micelio extrarradical en el suelo y la interfaz. Las estructuras más comunes que poseen los HMA son esporas, hifa, arbuscúlos y vesículas.

Figura 2

Desarrollo de hifas intramatriciales y estructuras del hongo micorrízico arbuscular en la raíz



Fuente. Acosta (2019)



En la agricultura, el uso de HMA tiene un gran potencial debido a que facilitan la disponibilidad de nutrientes para las plantas como los de poca movilidad (fósforo), mayor absorción de agua debido a la extensa red de hifas que el hongo forma, resistencia a patógenos de hábito radical como nemátodos. Por lo tanto, plantas micorrizadas poseen una ventaja importante con respecto a las plantas no micorrizadas; así mismo, cualquier especie de HMA puede colonizar o formar simbiosis con cualquier planta; sin embargo, el pH, la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes, influyen tanto en la micorrización en diferentes cultivos como en las variedades de una misma especie vegetal, dando diferentes respuestas en crecimiento y desarrollo de la planta.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Abono orgánico: Tipo de fertilizante que se produce a partir de plantas, animales u hongos. (Ramos D, 2014).

Agricultura: Según el glosario de términos agropecuarios del valle del cauca, (GTAV, 2015). se define como el conjunto de actividades y conocimientos desarrollados por el hombre, destinados a cultivar la tierra y cuya finalidad es obtener productos vegetales (como verduras, frutos, granos y pastos) para la alimentación del ser humano y del ganado.

Bacterias termófilas: Grupo de bacterias que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 40°C a 70°C. (Pantoja A, 2013).

Compostaje: (GTAV, 2015). lo define como el proceso de biooxidación aerobia de materiales orgánicos que conduce a una etapa de maduración mínima que se convierte en un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura.

Degradación: Es un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. (GTAV, 2015).

Ecología: La ecología es el estudio de la relación entre las plantas y los animales con su ambiente físico y biológico. (Román P, 2013).

pH: Medida de la acidez o alcalinidad de una solución. (Román P, 2013).

Enmienda orgánica: La enmienda orgánica es el aporte de un producto fertilizante o de materiales destinados a mejorar la calidad de los suelos. (Pantoja A, 2013).



Fertilidad: La posibilidad de los suelos de albergar nutrientes derivados del nitrógeno, azufre y otros elementos de importancia para la vida vegetal. (Román P, 2013).

Humíferos: De tierra negra, en ellos abunda la materia orgánica en descomposición y retienen muy bien el agua, siendo muy fértiles. (Pantoja A, 2013).

Materia orgánica: La materia orgánica de los suelos es el producto de la descomposición química de las excreciones de animales y microorganismos, de residuos de plantas o de la degradación de cualquiera de ellos tras su muerte. (GTAV, 2015).

Micorrizas: La palabra micorriza, de origen griego, define la simbiosis entre un hongo y las raíces de una planta. (Román P, 2013).

Mineralización: Transformación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos y la liberación de formas inorgánicas esenciales para el desarrollo de las plantas. (Ramos D, 2014).

Simbiosis: Se aplica a la interacción biológica, a la relación estrecha y persistente entre organismos de diferentes especies. Los organismos involucrados en la simbiosis son denominados simbiosis. (Román P, 2013).

Variabilidad: Los suelos presentan por lo general componentes poco homogéneos en su tamaño y constitución, por lo que a pesar de mostrarse como una mezcla homogénea, en realidad poseen rocas y elementos de diverso tamaño y diversa naturaleza. (Ramos D, 2014).

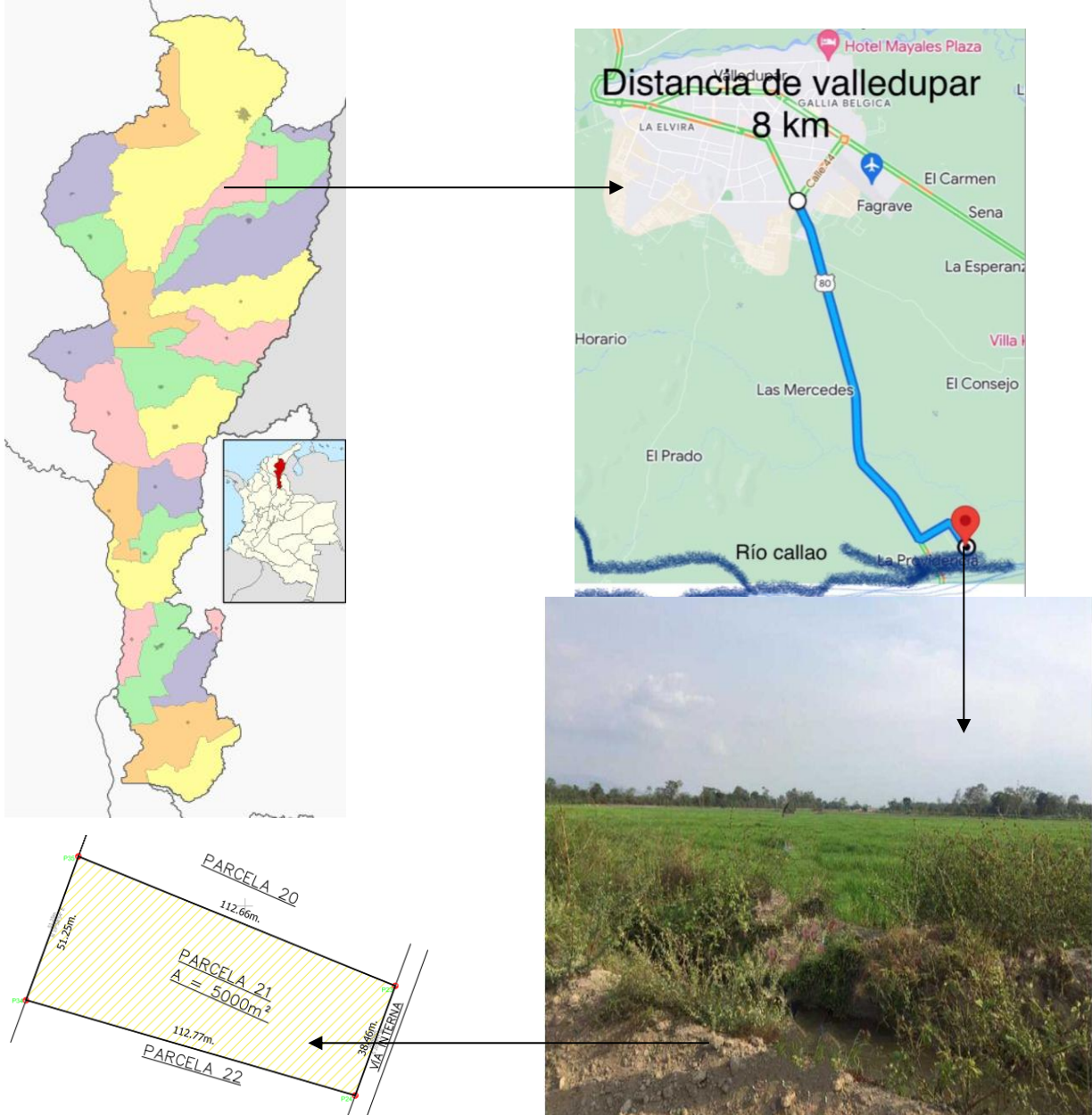
4.4 MARCO CONTEXTUAL

La finca San Martín ubicada a 8 km de la ciudad de Valledupar, la cual se encuentra en el Departamento del Cesar, siendo un importante centro para la producción agrícola, agroindustrial y ganadera de la región; Su territorio es llano y basculado hacia el sureste mediante una leve pendiente. La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m al norte y 150 m al sur, siendo la altitud media de 168 m. Además de las enormes estructuras montañosas que la rodean (Pico Bolívar 5.775 m) sobresalen en inmediaciones de la ciudad dos cerros, al nororiente el "Cicolac" con 330 m.s.n.m. y el de "la Popa" con 310 m.s.n.m.

La finca se encuentra también cerca de la vereda Las Casitas, y el Municipio de San Diego; ubicados los predios en el kilómetro 16 aledaño al río "El Callao".

Figura 3

Ubicación finca San Martín



Fuente: Adaptado archivos Google, 2022



4.4.1 Características Del Ecosistema.

Economía: La economía de la zona de estudio se encuentra regida principalmente por actividades ganaderas y agrícolas en las cuales se destacan los cultivos de arroz y café principalmente, cabe destacar que hace un tiempo estas zonas eran terrenos de siembras de cultivos de algodón los cuales afectaron considerablemente las características del suelo. El cultivo y procesamiento de algodón, las palmas oleaginosas y otros productos agrícolas alcanzan altos niveles de tecnificación y desarrollo. Cesar es el primer productor nacional semilla de palma africana y el segundo de arroz. La elaboración de productos lácteos y de grasas de aceites figura igualmente entre sus principales industrias. También existe una amplia extensión de cultivos de frutas.

Actualmente la ciudad de Valledupar empieza a diversificar su economía abriendo nuevas perspectivas distintas a la tradicional vocación agropecuaria de gran validez histórica. Desde la creación del departamento del Cesar y la designación de la ciudad como su capital, el desarrollo económico de la nueva ciudad creció hasta alcanzar niveles nunca más alcanzados, que en materia agropecuaria logró consolidarse como el primer productor nacional de algodón y la segunda cabaña bovina más grande del país después de Córdoba; trayendo consigo nuevas inversiones y un bienestar realmente palpable. Hacia mediados de los años 90, la ciudad al igual que el resto del país se sume en una profunda crisis económica que a pesar de grandes dificultades y falencias administrativas se logra superar sino completamente en gran parte. La caída del negocio del algodón, la violencia generalizada y el arribo a la ciudad de un gran número de desplazados forzaron que la ciudad empezara a abrir nuevos horizontes en materia de sustento no sin gran dificultad.

Componente social: Extensión total: 4.493 Km²

Extensión área urbana: El casco urbano tiene una longitud norte-sur de 8.3 km y este-oeste de 6.2 km

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): la ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m. al norte y 150 m. a sur, siendo la altitud media de 168 m.

Temperatura media: la temperatura Media Anual es de 28,4 °C, con máximas y mínimas de 22°C y 34°C respectivamente, la temperatura máxima histórica registrada es



de 41.5°C y la mínima de 16°C. El mes más caluroso es abril con un promedio de 30°C y el más fresco octubre.

Distancia de referencia: 132 km, Santa Marta

Su territorio es llano y basculado hacia el sureste mediante una leve pendiente. La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m al norte y 150 m a sur, siendo la altitud media de 168 m. Además de las enormes estructuras montañosas que la rodean (Pico Bolívar 5.775 m) sobresalen en inmediaciones de la ciudad dos cerros, al nororiente el "Cicolac" con 330 m.s.n.m. y el de "la Popa" con 310 m.s.n.m

Clima: Según lo descrito por la corporación regional del cesar (Corpocesar, 2020). El departamento del Cesar presenta variedad de temperaturas debido a que existen tierras en los distintos pisos térmicos, que van desde el cálido ardiente y sofocante a orillas del río Magdalena y llanuras centrales, hasta las cumbres frías de la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá. La temperatura media de la mayor parte del territorio es de 28°C. (Gob. Cesar, 2020)

La mayor parte del tiempo y debido a las variaciones del clima por causas de los efectos del cambio climático la zona presenta unas temperaturas que van desde los 26°C hasta temperaturas de 36°C, esta zona se encuentra considerada dentro de las zonas menos humedad donde las precipitaciones giran en torno a los 1000 mm.

Flora: Según lo descrito por la gobernación del cesar (2020), El valle del río Cesar pertenece a la clasificación climática Bosque Seco Tropical, estando cubierto por un bosque claro muy intervenido donde se alternan árboles dispersos y pastos artificiales para el sostenimiento de la importante cabaña bovina existente en sus campos. Las especies más representativas de la región, que corresponde a bosque seco tropical, están representadas por los géneros Cassia, Tabebuia, Crescentia e Inga entre otras con nombres comunes como acacias, cañaguates, guanábanos, cedros, ceibas y una importante variedad de especies foráneas muy adaptadas ya al medio local como los mangos, eucaliptos y cítricos.

Fauna: La fauna silvestre en la actualidad se encuentra muy afectada, los felinos y mamíferos como el tigrillo y los venados son actualmente una rareza sobresaliendo casi exclusivamente los reptiles representados por las iguanas, lagartijas y algunas serpientes como boas, falsas corales, y mapaná. En cuanto a las aves sobresalen algunas rapaces



como la lechuza y los gavilanes y otras como palomas, tierrelitas, pericos y colibríes. (Gob. Cesar, 2020)

4.5 MARCO LEGAL

Para la evaluación del compost y hongos micorrízicos como alternativa de recuperación de suelos agrícolas en la finca San Martín, se deberá tener en cuenta los siguientes requisitos legales:

- Constitución política de Colombia

Tabla 7

Artículos de la constitución política de Colombia

ARTICULO	TEMA	APLICABILIDAD
79	Derecho a un ambiente sano.	El artículo aplica, puesto que, como ingenieros ambientales debemos garantizar la preservación de los recursos naturales.
80	Planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.	El artículo es aplicable, debido a que el estado debe garantizar la preservación y conservación de los recursos naturales y en la investigación se trabaja sobre el recurso suelo.



95	Protección de los recursos culturales y naturales del país.	Aplica ya que, por medio de la investigación se protege el recurso suelo por medio de su recuperación.
----	---	--

Fuente. Constitución política de Colombia (1991)

- Normas generales

Tabla 8

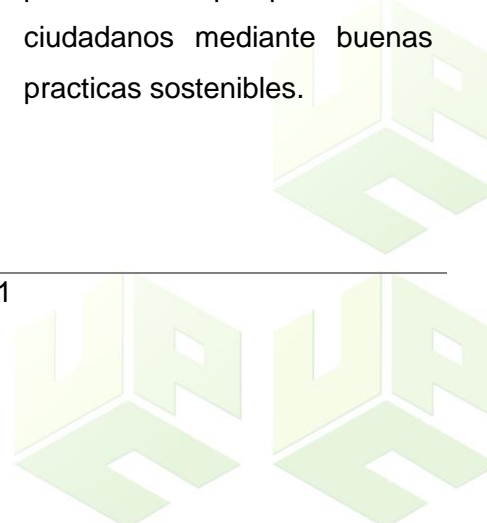
Normas generales relacionadas con el proyecto de investigación

NORMA	CONTENIDO	APLICACIÓN
Ley 23 de 1973	Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo.	La ley es aplicable, ya que por medio de la investigación se logró reducir la contaminación del suelo por residuos sólidos.
Ley 388 de 1997	Establece que el ordenamiento del territorio municipal y distrital tiene por objeto complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible.	Aplica, ya que, esta ley busca el desarrollo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, la cual, por medio de la investigación se logró fomentar la elaboración de compost, disminuyendo impactos generados por residuos sólidos, y establecimiento una agricultura sostenible responsable con el suelo.



Decreto Ley 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Ambiente.	Aplica ya que, en la investigación, el recurso suelo es el objeto de estudio.
Decreto 843 del 1979	Trata sobre la disposición para el control de abonos o fertilizantes en el acondicionamiento del suelo.	Aplica debido a que, el suelo de la finca se encuentra en estado de degradación debido al uso inadecuado de productos químicos, que afectan la fertilidad de este, por ende, el decreto establece su correcto manejo y disposición.
Resolución 0170 de 2009 del eMADS	Se declaró el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos; además se le asigna al Ministerio, entre otras la obligación de formular políticas y expedir normas, directrices e impulsar planes, programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos.	Esta resolución es muy importante, debido a que, el principal recurso tratado en la investigación es el suelo, y esta norma busca y garantiza la protección por parte del estado, pero también por parte de los ciudadanos mediante buenas practicas sostenibles.

Fuente: autores, 2021



5. MARCO METODOLOGICO

5.1 LINEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación correspondió a Sostenibilidad y gestión ambiental y la sublínea correspondió a Gestión Integral Ambiental Del Suelo.

5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para dar cumplimiento con los objetivos planteados en el presente proyecto, se desarrolló una metodología de tipo descriptiva.

Tal cual como lo describe (Mejía T, 2017), La **investigación descriptiva** es un tipo de investigación que se encarga de describir la población, situación o fenómeno alrededor del cual se centra su estudio. Procura brindar información acerca del qué, cómo, cuándo y dónde, relativo al problema de investigación, sin darle prioridad a responder al “por qué” ocurre dicho problema. Como dice su propio nombre, esta forma de investigar “describe”, no explica.

5.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación que soportó el proyecto a desarrollar es de nivel correlacional.

Según el autor (Bouck T, 2020), la investigación correlacional se define como el tipo de método de investigación no experimental en el cual un investigador mide dos variables. Entiende y evalúa la relación estadística entre ellas sin influencia de ninguna variable extraña.

Usualmente se cree que la investigación correlacional debe involucrar dos variables cuantitativas, como puntajes, resultados del número de eventos repetidos dentro de un margen de tiempo. Sin embargo, la característica más importante de la investigación correlacional es que las dos variables tratadas son medidas (sin ser manipuladas) y los resultados son ciertos independientemente del tipo de variable (cuantitativa o categórica).

5.3 POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población del presente proyecto estuvo conformada por las 2 hectáreas que conforma la finca San Martín y sus cultivos, ubicada en la zona rural del municipio de

Valledupar – Cesar, donde se llevará a cabo la evaluación del compost y hongos micorrízicos como alternativa de recuperación de suelos agrícolas.

5.4 MUESTRA POBLACIONAL

La muestra del proyecto estuvo conformada por 3 tratamientos y un testigo, divididos en parcelas delimitadas de 50m² de (10m * 5m) que fueron distribuidas en las dos hectáreas que posee la finca con el fin de obtener una muestra significativa, en las cuales a través de cultivos de maíz se determinaron variaciones significativas entre las características físicas, químicas y microbiológicas de los suelos sometidos a tratamientos con compost y hongos micorrízicos.

5.5 DESARROLLO METODOLOGICO

Para dar cumplimiento con los objetivos planteados, el presente proyecto se desarrollaron las siguientes etapas:

5.6.1 Etapa 1: Identificación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.

Actividad 1.1: Determinación de los puntos de muestreo.

En esta etapa se determinaron los puntos de muestreo para la caracterización física, química y biológica, estas muestras fueron enviadas al laboratorio químico gana campo de la ciudad de Bucaramanga para su respectivo análisis. Para la toma de muestras se dividió el terreno de la finca san Martin en 4 parcelamientos de la siguiente manera:

Tabla 9

División del terreno para puntos de muestreo.

Parcelamientos	Tratamientos
Parcelamiento 1	
50 m ² de 10m * 5 m	Micorrizas
Parcelamiento 2	
50 m ² de 10m * 5 m	Compost



Parcelamiento 3	Compost + micorrizas
50 m ² de 10m * 5 m	
Parcelamiento 4	Control
50 m ² de 10m * 5 m	

Fuente: autores, 2021

Se siguió la siguiente expresión para establecer los puntos de muestreo teniendo en cuenta la división de los parcelamientos realizados.

Con ayuda de la siguiente expresión:

$$n = 5 + A$$

Donde:

n: Número de puntos de muestreo

A: área del entorno afectado o zona investigada en Ha.

Tabla 10

Plan de preparación de muestras mixtas para cada estrato de suelo sospechoso (homogeneidad espacial).

Área del entorno afectado (Ha)	Número de perforaciones	Número de muestras mixtas para cada estrato sospechoso
<1	5	2 (3+2)
1	6	3 (2+2+2)
2	7	3 (3+2+2)
3	8	4 (2+2+2+2)
4	9	4 (3+2+2+2)
5	10	5 (2+2+2+2+2)
6	11	5 (3+2+2+2+2)

Fuente: (Consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible, 2015)



De acuerdo con la metodología suministrada por el laboratorio de suelos, el cual nos indicó que se debía recoger un 1kg de suelo en cada uno de los parcelamientos para el respectivo análisis, teniendo en cuenta que para que la muestra sea significativa, en cada parcelamiento se debieron establecer 5 puntos aleatorios en cada una de las parcelas delimitadas.

Actividad 1.2: Toma de muestras de los puntos elegidos en la finca san Martin.

La finca san Martin está conformada por dos hectáreas de tierras donde se manejan diversos cultivos como el de maíz, entre otros, en esta etapa se tomaron diversos puntos de muestreo. El muestreo según las consideraciones brindadas por el laboratorio de suelos nos indicó que se debían realizar mínimo un recorrido en zig-zag en cada uno de los parcelamientos señalados, tomando 5 puntos para muestra simple (submuestra).

Posteriormente se mezclaron con las muestras de los puntos sucesivos a cada profundidad, formando una muestra compuesta la cual se llevó para su análisis.

Para la toma de muestras se tuvo en cuenta la guía del IGAC, (2015), la cual se describe a continuación:

Para la toma de muestras con pala, abra un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, retire los 2 cm primeros del suelo y extraiga la muestra. En general la profundidad de muestreo está entre 2 y 20 cm que es el área de acción de las raíces. Sin embargo, los pastos acostumbran a muestrearse a menor profundidad (0-10 cm) y para algunos cultivos perennes puede ser importante realizar muestreos más Profundos.

Mezcle en un balde las submuestras hasta obtener una muestra compuesta homogénea. Empaque aproximadamente 1 kg en bolsas plásticas o de papel encerado que no hayan sido usadas antes. No usar bolsas o empaques que contengan fertilizantes u otras sustancias químicas (herbicidas, pesticidas, enmiendas, etc.). Proceda a identificar la muestra en forma concisa y exacta; precise el número de lote o predio, el cultivo o uso actual y el tipo y la cantidad de fertilizantes y enmiendas aplicadas. El rótulo de identificación no debe estar en contacto directo con el suelo a analizar.

Figura 4

Toma de muestras de suelo



Fuente: Autor, 2022

Actividad 1.3: Identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del suelo.

En esta actividad se describieron los parámetros específicos que se tuvieron en cuenta para la evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo las cuales fueron analizadas por el laboratorio de suelos GANACAMPO de la ciudad de Bucaramanga.



Tabla 11

Parámetros fisicoquímicos del suelo estudiados

Parámetro	Técnica	Indicador
FÍSICAS		
Densidad aparente	Método del terrón parafinado. Método del cilindro	< 1 a > 1.8
Densidad real	Picnometría	Fluctúa entre 2.5 y 2.6 g/cc.
Textura	método de bouyoucos	Arenosa Franco arenosa Franca Franco arcillosa Arcillosa
Estructura	Método de tamices.	<0. 5 inestable 0,5 – 1.5 lig estable 3,0 a 5.0 estable
Color	Método munsell	Varía de acuerdo con el tipo de color que se observe en campo.
QUIMICAS		
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Método del acetato de amonio.	Arenoso 5-IS > 12 Franco 15-25 12-20 Arcilloso 25 ^ 20
pH	Método del pH metro o papel reactivo.	4.0 a 6 ácido 7 neutro De 8,5 a 10 básico
Materia orgánica	método por titulación de walkley – black	< 0,7 < 1,2 Pobre 1,2 - 2,0 Satisfactorio 2,0 - 3,5 Rico 2,5 3,5 - 6,0 Muy rico
MICROBIOLÓGICOS		
Biomasa microbiana	Dilución seriada	Unidades formadoras de colonias.

Fuente: Autores, 2021.



5.6.2 Etapa 2: Aplicación del compost como enmienda orgánica y hongos micorrízicos.

En esta etapa se desarrollaron las siguientes actividades:

Actividad 2.1: Preparación del compost a partir de los residuos agrícolas.

Se recolectó la materia orgánica proveniente de los cultivos de yuca, plátano, ahuyama, maíz y papaya, madera, poda. Se trasladaron los residuos separados en diversas fuentes de generación al sitio de tratamiento, sea este una pila dentro del área de compostaje. Ya que el compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se tuvo en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción:

Tabla 12

Parámetros del compostaje

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2- 5 SEMANAS)	Rango ideal compost maduro (3-6 meses)
C: N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 -15:1
Humedad	50%-60%	45%-55%	30%-40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25%	~15cm	<1,6cm
Ph	6.5-8.0	6,0-8,5	6,5-8,5
Temperatura	45-60 °c	45°C temp ambiente	Temp ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (base seca)	50%- 70%	>20%	>20%

Nitrógeno total (base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%
--------------------------------	--------	------	-----

Fuente: (Roman, et al., Manual del compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina, 2013)

Actividad 2.2 Aplicación del compost y hongos micorrízicos en las unidades experimentales

Se aplicaron 3 tratamientos: Compost, hongos micorrízicos y combinación del compost con hongos micorrízicos y 1 testigo o control con 2 repeticiones, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 13

Organización de los tratamientos de investigación.

Tratamientos	Parcelas
Compost	Parcela 1
Hongos micorrízicos	Parcela 2
Combinado (Compost + hongos micorrízicos)	Parcela 3
Testigo	Parcela 4

Fuente: Autores, 2021

Luego de aplicar los tratamientos, se procedió a medir las características fisicoquímicas y biológicas del suelo para determinar la efectividad del compost y hongos micorrízicos en la recuperación del suelo y mejora de los cultivos agrícolas.

5.6.3 ETAPA 3: Evaluación de los efectos del compost y los hongos micorrízicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de suelos afectados por procesos agrícolas.



Actividad 3.1 Seguimiento de adaptación de la siembra en los diferentes parcelamientos.

Para el seguimiento de la adaptación de siembra en los diferentes parcelamientos, se realizó la siembra de frijol cabecita negra, con respecto a los tratamientos ya establecidos, teniendo en cuenta algunos parámetros para el seguimiento del cultivo, tales como crecimiento, aspecto, tamaño, color.

Para la evaluación de estos parámetros, incluido color, aspecto y tamaño o crecimiento, se realizó por medio del método manual. Este es el más conocido y utilizado en las prácticas de laboratorio para determinar el crecimiento de vegetales; es directo y en la mayoría de los casos destructivo, debido a que el sistema vegetal estudiado es dañado. Así mismo, se tomó como guía base para el seguimiento el artículo realizado por quintero, et. Al (2020), Comparación de técnicas experimentales para la medición del crecimiento vegetal, el cual explica cómo realizar el método manual, que, en el caso del crecimiento se puede clasificar de acuerdo con tres factores: lento, si al paso de los 30 primeros días de siembra no se logra observar la planta en crecimiento, medio, si al pasar 20 días se logra observar el crecimiento de la especie, y rápido, si al pasar los 10 días se logra visualizar su formación.

Para el caso del color, se tuvo en cuenta una valoración subjetiva, guiada por el método manual, conforme a la estandarización de colores según las enfermedades que puede presentar una planta.

Por otra parte, se usó esta especie, debido a que, el frijol cabecita negra representa ventajas competitivas de crecimiento en comparación con otras especies, por otra parte, esta especie fue usada en estudios con el mismo fin. Según Márquez (2015), en su investigación titulada: abonamiento orgánico del frijol cabecita negra, evaluó su comportamiento a partir de la aplicación de composta orgánica, el cual, mostró resultados óptimos en las pruebas fisicoquímicas, así como un rápido crecimiento. Por esta razón, se decidió sembrar frijol cabeza negra en la investigación en referencia.

En esta actividad se hizo un seguimiento al proceso de adaptación de cada uno de los cultivos sembrados en las parcelas con los respectivos tratamientos, teniendo en cuenta



algunos parámetros para el seguimiento del cultivo, tales como crecimiento, aspecto, tamaño, color.

Tabla 14

Indicadores de adaptación de la siembra.

Tratamiento	Parcela	Indicadores
Compost	Parcela 1	<ul style="list-style-type: none">• Tiempo• Crecimiento.• Aspecto.• Tamaño.• Color.
Micorrizas	Parcela 2	<ul style="list-style-type: none">• Tiempo• Crecimiento.• Aspecto.• Tamaño.• Color.
Compost + micorrizas	Parcela 3	<ul style="list-style-type: none">• Tiempo• Crecimiento.• Aspecto.• Tamaño.• Color.
Testigo	Parcela 4	<ul style="list-style-type: none">• Tiempo• Crecimiento.• Aspecto.• Tamaño.• Color.

Fuente: Autores, 2022

Actividad 3.2 Análisis físico químico y microbiológico del suelo post al tratamiento ejecutado.

En esta actividad se realizó una correlación entre los análisis de laboratorio del tratamiento sin control, versus los análisis de laboratorio realizados después de haber aplicado los tratamientos a las parcelas para establecer la diferencia significativa en cada una de las parcelas investigadas. Teniendo en cuenta los parámetros mencionados en la tabla y haciendo una correlación entre los parámetros de crecimiento y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Tabla 15

Correlación entre los parámetros fisicoquímicos del suelo

Análisis de laboratorio post tratamiento	Correlación
Micorrizas	Control
	Crecimiento
Hongos + compost	Control
	Crecimiento
Compost	Control
	Crecimiento

Fuente: Autores, 2021

5.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACION.

Los datos se tomarán directamente de los suelos de la finca san Martin y de los diferentes ensayos, teniendo en cuenta los parcelamientos divididos, tanto para la toma de muestra como para el estudio del efecto de los hongos micorrizas y compost aplicados al suelo.

El diseño en bloques al azar es el más común en la experimentación agrícola y se utiliza cuando las unidades experimentales pueden agruparse de una forma sustancialmente lógica. El objeto del agrupamiento en bloques es tener las unidades experimentales de forma tan uniforme como sea posible, de manera que las diferencias



observadas sean fundamentalmente debidas a los tratamientos. (Fernandez, Trapero, & Domínguez, 2010)

El modelo lineal para un diseño en bloques al azar viene dado por la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo,

Y_{ij} = una observación del tratamiento i en el bloque j

μ = la media general del experimento

α_i = el efecto de los tratamientos

β_j = el efecto de los bloques

ε_{ij} = el efecto del error

El análisis de la varianza de un diseño de este tipo se efectúa de forma similar al de un diseño completamente al azar añadiéndole una fuente de variación nueva, la de los bloques.

Tabla 16

Cuadro análisis de varianza (ANOVA) para el diseño de bloques al azar

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadros	Cuadrado medio	F. calculada	F. tablas
Tratamiento	$t - 1$	$SCT = \frac{\sum_{j=1}^t T_j^2}{r} - C$	$CMT = \frac{SCT}{t - 1}$	$\frac{CMT}{CME}$	Este valor se obtiene de tablas, utilizando grados de libertad del tratamiento y del error, así como el nivel de confianza a utilizar
Bloques	$r - 1$	$SCB = \frac{\sum_{i=1}^r B_i^2}{t} - C$	$CMB = \frac{SCB}{r - 1}$	$\frac{CMB}{CME}$	
Error Experimental	$(t-1)(r-1)$	$SCE = SC_{total} - SCB - SCT$	$CME = \frac{SCE}{(r - 1)(t - 1)}$		
Total	$(t r - 1)$	$SC_{total} = \sum y^2 - C$			

Fuente: Gutierrez, 2015

7. ANÁLISIS Y RESULTADOS

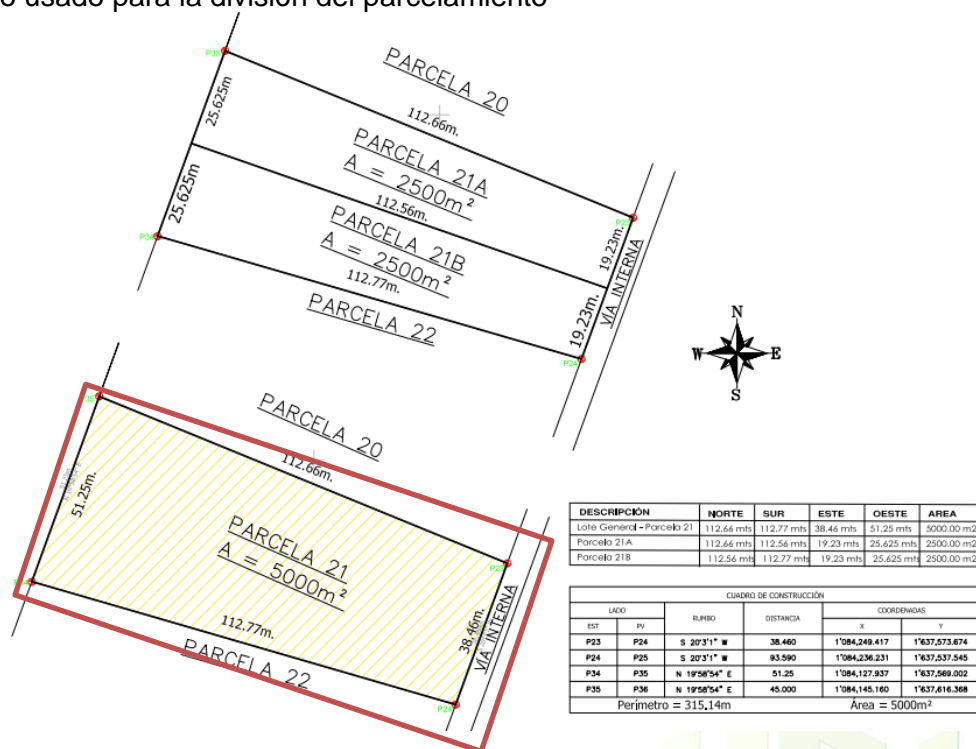
7.1 Identificación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.

7.1.1 Determinación de los puntos de muestreo.

En la primera fase de desarrollo de la investigación, se determinaron los puntos de muestreo para la caracterización física, química y biológica, muestras que posteriormente fueron enviadas al laboratorio químico gana campo de la ciudad de Bucaramanga para su respectivo análisis. El terreno usado para la división del parcelamiento se presenta a continuación por medio del siguiente esquema:

Figura 5

Terreno usado para la división del parcelamiento



Fuente: archivos Finca San Martin, 2021

En la figura, la parcela usada para el desarrollo de la investigación corresponde a la parcela número 21.



Una vez delimitada la parcela a trabajar, se procedió a dividir el terreno de la finca san Martin en 4 parcelamientos para facilitar la toma de muestras. La división se llevó a cabo de la siguiente manera:

Tabla 17

División del terreno para puntos de muestreo.

Parcelamientos	Tratamientos
Parcelamiento 1 50 m ² de 10m * 5 m	Micorrizas
Parcelamiento 2 50 m ² de 10m * 5 m	Compost
Parcelamiento 3 50 m ² de 10m * 5 m	Compost + micorrizas
Parcelamiento 4 50 m ² de 10m * 5 m	Control

Fuente: Autores, 2021

El esquema a continuación ilustra a detalle el tratamiento usado en cada parcelamiento

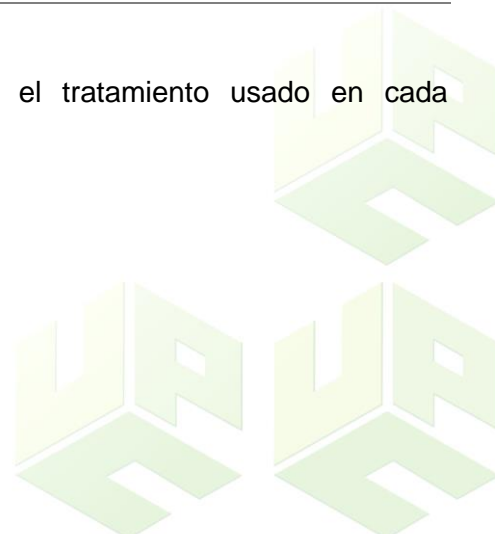
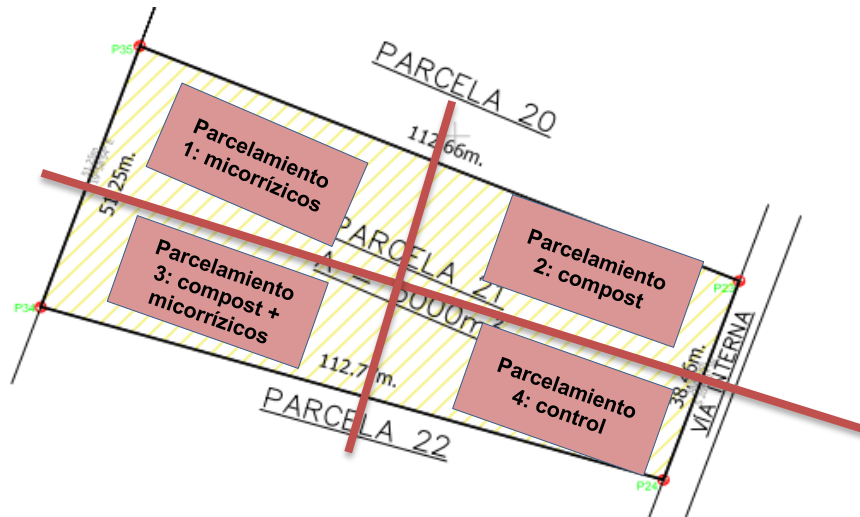


Figura 6

División del terreno para puntos de muestreo.



Fuente: Autores, 2022

La división del terreno seleccionado a trabajar fue delimitada con ayuda de una cinta métrica y establecimiento de estacas, posteriormente fue encerrado por medio de bandas de seguridad. La figura a continuación permite observar la división correspondiente a los parcelamientos

Figura 7

Delimitación parcela objeto de estudio



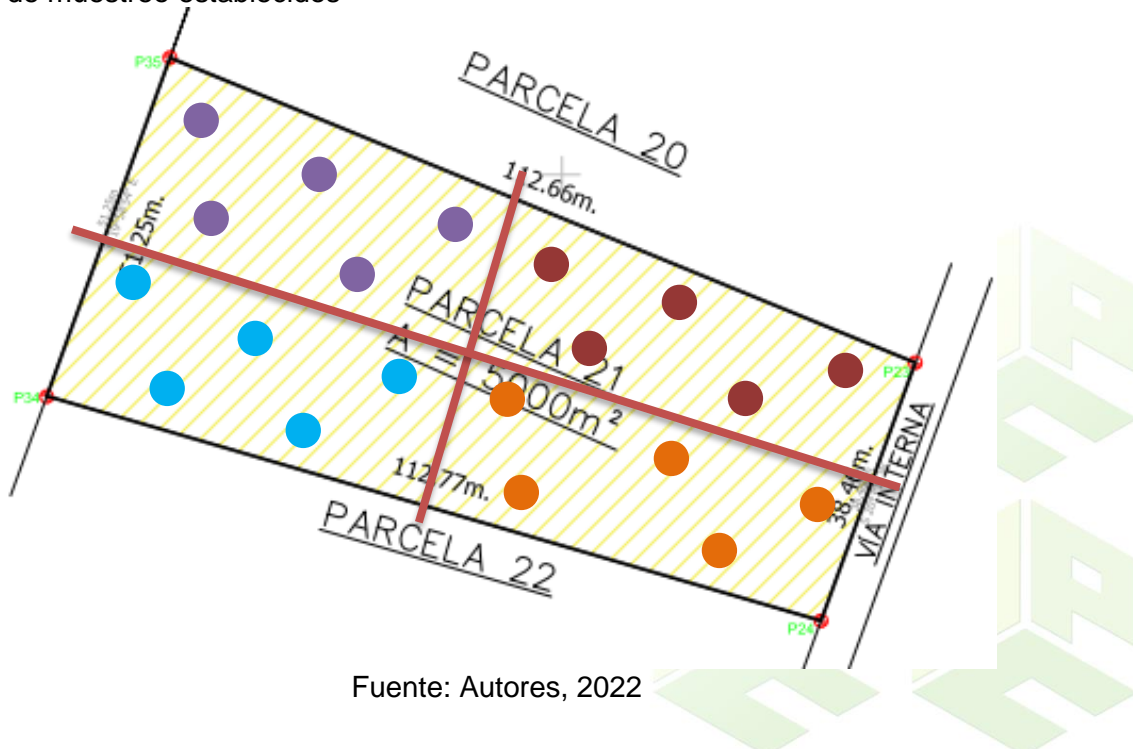
Fuente: Autores, 2022

Para el establecimiento de los puntos de muestreo se siguieron las recomendaciones de la consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible, (2015), quienes indican que para hacer una muestra significativa se deben recoger 1kg de suelo de cada parcelamiento definido, por esta razón, se establecieron 5 puntos aleatorios de muestreo en cada una de las parcelas delimitadas. Aunque los puntos fueron tomados aleatoriamente, se establecieron a distancias relativamente cercanas que cubrieran la totalidad de la parcela, para que fuese representativo del terreno.

El muestreo según las consideraciones brindadas por el laboratorio de suelos nos indicó que se debían realizar mínimo un recorrido en zig-zag en cada uno de los parcelamientos señalados, tomando 5 puntos para muestra simple (submuestra). A continuación se presenta el esquema con los diferentes puntos de muestreo definidos en cada parcela.

Figura 8

Puntos de muestreo establecidos



Fuente: Autores, 2022

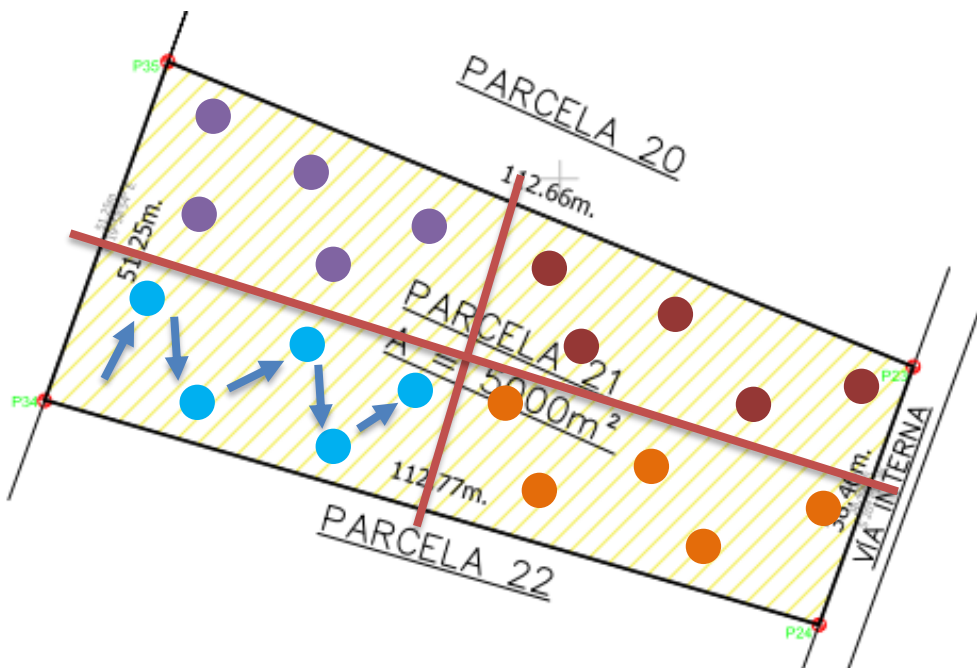
7.1.2 Toma de muestras de los puntos elegidos en la finca san Martin.

Una vez definidos los puntos de muestreo plasmados con anterioridad, se procedió a tomar muestras de suelo, posteriormente se mezclaron con las muestras de los puntos sucesivos a cada profundidad, formando una muestra compuesta la cual se llevó para su análisis. Los pasos seguidos para la toma de muestras de suelo se realizaron conforme a la guía de muestreo de suelos proporcionado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2015).

Para el muestreo se usó una pala por lo que se procuró tomar una cantidad similar de suelo en cada punto y a la misma profundidad, realizando un zigzag, el cual se puede observar en la figura que establece los puntos de muestreo. La imagen a continuación permite observar el recorrido realizado en el parcelamiento 3.

Figura 9

Recorrido en zigzag para la toma de muestras en la parcela 3



Fuente: Autores, 2022



Posteriormente, se abrió un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad, se retiraron los 2 cm primeros del suelo, y se extrajo la muestra. Una vez obtenidos todas las muestras se procedió a mezclar en un balde las submuestras hasta obtener una muestra compuesta homogénea. Por último, se empacó aproximadamente 1 kg en bolsas plásticas y se rotularon como se muestra a continuación:

Figura 10

Proceso de recolección de las muestras de suelo



Fuente: Autores, 2022

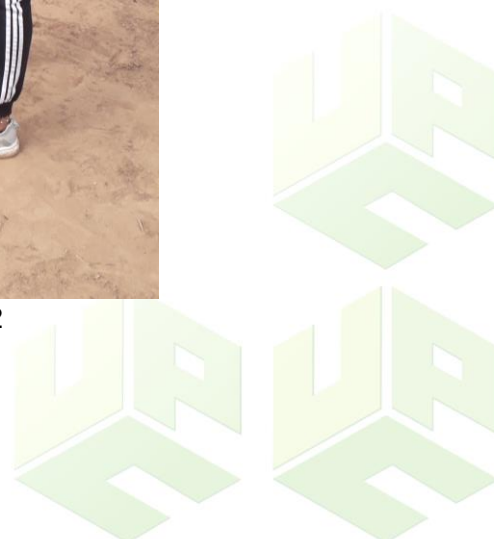


Figura 11

Rotulado de muestras



Fuente: Autores, 2022

7.1.3 Identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del suelo.

En esta actividad se describieron los parámetros específicos que se tuvieron en cuenta para la evaluación de las características fisicoquímicas de las muestras de suelo seleccionadas, las cuales fueron analizadas por el laboratorio de suelos GANACAMPO de la ciudad de Bucaramanga. A continuación, se describen los parámetros evaluados, a técnica y el indicador de cada uno de estos.

Tabla 18

Parámetros fisicoquímicos del suelo estudiados

Parámetro	Técnica	Descripción de la técnica	Indicador
FÍSICAS			



Densidad aparente	Método del terrón parafinado. Método del cilindro	El método del terrón parafinado permite medir la densidad en suelos con altos contenidos de materiales gruesos y agregados. Consiste en calcular de la mitad de un terrón la masa y de la otra parte el volumen en el cual se va a cubrir al terrón con parafina y a través del desplazamiento de un líquido se relaciona la masa y el volumen (Gómez, 2013)	< 1 a > 1.8
Densidad real	Picnometria	El método del picnómetro para determinar densidades puede ser muy preciso (Gómez, 2013)	Fluctúa entre 2.5 y 2.6 g/ cc.
Textura	método de bouyoucos	En el método de Bouyoucos, la determinación de la densidad de la solución de sedimentación por un hidrómetro calibrado, entrega directamente el contenido en porcentaje de	Arenosa Franco arenosa Franco Franco arcillosa Arcillosa



la fracción de un diámetro x
(Gómez, 2013).

Estructura	Método de tamices.	El tamizado es un método físico para separar mezclas. Consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz o cedazo. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz atravesándolo y las grandes quedan retenidas por el mismo (Gómez, 2013).	<0.5 inestable 0,5 – 1.5 lig estable 3,0 a 5.0 estable
Color	Método munsell	El sistema de ordenación del color de Munsell es una forma precisa de especificar y mostrar las relaciones entre los colores. Cada color dispone de tres cualidades o atributos: tono, valor y croma o saturación. (Gómez, 2013).	Varía de acuerdo con el tipo de color que se observe en campo.

QUIMICAS

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Método del acetato de amonio.	Este método consiste en sumar los cationes totales (Ca, Mg, Na, K) obtenidos por extracción con acetato de amonio normal y neutro, restándole posteriormente las bases solubles obtenidas en el extracto de saturación (Gómez, 2013).	Arenoso 5-IS > 12 Franco 15-25 12-20 Arcilloso 25 ^ 20
pH	Método del pH metro o papel reactivo.	El pH-metro realiza la medida del pH por un método potenciométrico. Este método se basa en el hecho de que entre dos disoluciones con distinta [H ⁺] se establece una diferencia de potencial.	4.0 a 6 acido 7 neutro De 8,5 a 10 básico
Materia orgánica	método por titulación de walkley – black	El método propuesto por Walkley & Black (W&B) es el más difundido y consiste en la oxidación húmeda de la muestra de suelo con dicromato de potasio en medio ácido. El calor desprendido, durante la incorporación del ácido sulfúrico, es el que permite la oxidación parcial del carbono (Gómez, 2013),	< 0,7 < 1,2 Pobre 1,2 - 2,0 Satisfactorio 2,0 - 3,5 Rico 2,5 3,5 - 6,0 Muy rico

Fuente: Autores, 2022

7.2 Aplicación del compost como enmienda orgánica y hongos micorrízicos.

7.2.1 Preparación del compost a partir de los residuos agrícolas.

Para la elaboración del compost se recolectó la materia orgánica proveniente de los cultivos de yuca, plátano, ahuyama, maíz y papaya, madera, poda de la finca San Martin. Estos residuos fueron trasladados al mismo tiempo que separados en diversas fuentes de generación al sitio de tratamiento, sea este una pila dentro del área de compostaje.

Figura 12

Residuos orgánicos recolectados

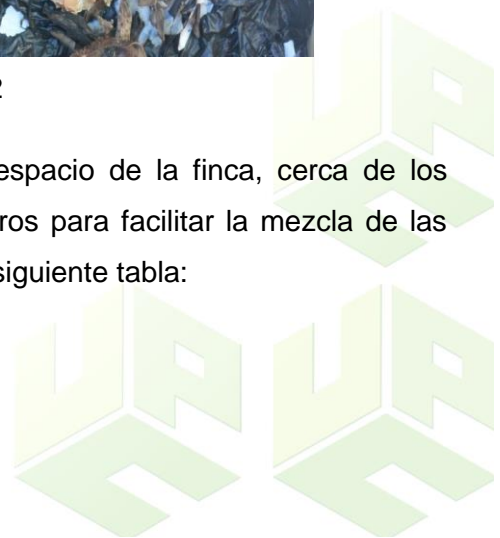


Fuente: Autores, 2022

La elaboración del compost se realizó en un espacio de la finca, cerca de los parcelamientos realizados, a una profundidad de 2 metros para facilitar la mezcla de las pilas. La caracterización del compost se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 19

Caracterización el compost



Materia Prima	Cantidad (Kg)
Cascaras De Papa	2
Cascaras De Yuca	3
Huevos (Contados A Partir De La Cascara)	15
Cascaras De Plátano	1
Restos De Poda De Jardín	3
Estiércol	2

Fuente: Autores, 2022

El compost se realizó durante 4 meses, haciendo revisiones frecuentes una vez por semana (cada sábado), garantizando que las condiciones de crecimiento y reproducción fuesen las óptimas. Además, se realizaba la mezcla de este en el mismo momento. A continuación, a tabla permite observar el seguimiento del abono orgánico durante las 4 semanas establecidas.

Tabla 20

Seguimiento a las condiciones de crecimiento y desarrollo del compost



Parámetros	Semanas							
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Temperatura	50°C	40°C	40°C	38°C	30°C	30°C	30°C	30°C
Humedad	60%	55%	50%	50%	40%	30%	30%	30%
Tamaño de partículas	20cm	15cm	15cm	12cm	12cm	1,5cm	1,5cm	1,5cm
pH	7	6,5	6,8	6,6	7,5	7,6	7,8	7,7
Materia orgánica	60%	20%	18%	18%	18%	15%	15%	15%

Parámetros	Semanas							
	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16
Temperatura	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C
Humedad	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	20%
Tamaño de partículas	1,5cm	1,5cm	1,5cm	1,5cm	1,5cm	1,5cm	1,5cm	1,5cm
pH	7,6	8	8,1	8	7,9	7,7	8	8
Materia orgánica	15%	15%	15%	10%	10%	10%	10%	10%

Fuente: Autor, 2022

Es menester resaltar que, los parámetros que determinan las condiciones óptimas del compost se realizaron mediante una medición cualitativa, sobre conceptos previamente empleados y la revisión bibliográfica revisada con anterioridad. Excepto, el pH y la temperatura, puesto que, estos dos fueron medidos con los respectivos equipos: un Phmetro y un termómetro, los cuales fueron adquiridos por parte de los autores.

Figura 13

Seguimiento y control del compost elaborado



Fuente: Autor, 2022

7.2.2 Aplicación del compost y hongos micorrízicos en las unidades experimentales

Para dar cumplimiento, se aplicaron 3 tratamientos en los parcelamientos establecidos con anterioridad: Compost, hongos micorrízicos y combinación del compost con hongos micorrízicos y 1 testigo o control con 2 repeticiones, distribuidos de la siguiente manera: en la parcela 1, se aplicó compost, la parcela 2, se aplicó hongos micorrízicos, para la tercera parcela, se aplicó tratamiento Combinado (Compost + hongos micorrízicos), por último, en el terreno 4, no se implementó ningún tratamiento. Se tomó como testigo.

7.2.2.1 Preparación del terreno

Antes de aplicar los tratamientos antes mencionados, se preparó el terreno mediante una labranza manual, el procedimiento usado para esto se describe a continuación:

Lo primero que se realizó fue limpiar todo el terreno de piedras y malas hierbas que había en el terreno. Para hacer esta tarea se aseguró que la tierra no esté muy seca, ni tampoco excesivamente mojada, así que se regó un poco de manera que estuviese húmeda para que sea más fácil arrancar las malas hierbas de raíz. Esto, se realizó con la mano.

Seguido, se procedió a airear la tierra, puesto que, según diversas investigaciones los cultivos sólo pueden desarrollarse bien en un ambiente de buena aireación, donde la concentración de anhídrido carbónico alrededor de sus raíces es baja y la del oxígeno es alta. Por esto, se removió la tierra entre 20 a 25cm.

Por último, se realizó el allanamiento de la tierra, esto permitió eliminar los conglomerados de tierra compactada.

Figura 14

Proceso de preparación del suelo



Fuente: Autores, 2022

- **Aplicación del compost**

Para la aplicación del compost en la parcela 1, se realizó mediante el voleo. El compost fue aplicado en temporada seca, y sin presencia de lugares de inundación o ríos cercanos, puesto que, no se recomienda aplicar en épocas de lluvia, ni cerca de fuentes hídricas. Se revisó con anterioridad la humedad del terreno, debido a que la humedad debe ser adecuada, así se garantizó la incorporación de este y su descomposición.

Para el caso de la cantidad de compost a aplicar, se siguieron las recomendaciones de la *Pauta Técnica Para La Aplicación De Compost* (2015), donde se sugiere aplicar entre 1 y 2kg por metro cuadrado.

Figura 15

Aplicación del compost en el terreno 1



Fuente: Autores, 2002

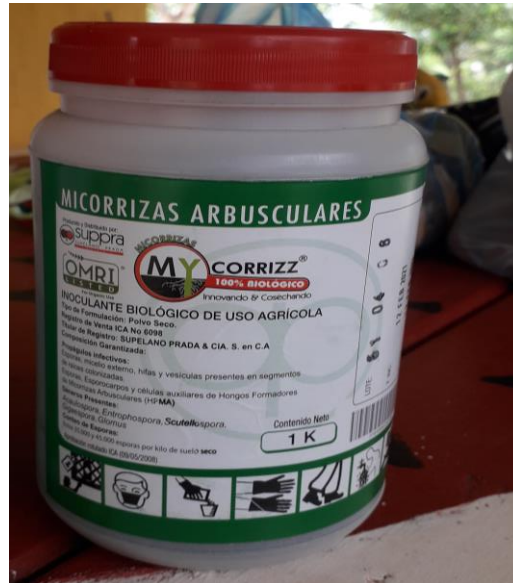
- **Aplicación de hongos micorrízicos.**

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son constituyentes esenciales de la microbiota natural del suelo en ecosistemas naturales y juegan un papel importante en la fertilidad de los suelos, debido a que funcionan asociados a las raíces de las plantas.

Para la aplicación de los hongos micorrízicos, se realizaron surcos que permitieron ingresar los hongos en cada uno de estos, favoreciendo así su introducción. Por otra parte, se regó la zona con agua para una mayor humedad y adaptación del hongo en el terreno 2.

Figura 16

Aplicación de hongos micorrízicos



Fuente: Autores, 2022

Figura 17

Aplicación de hongos



Fuente: Autores, 2022

- **Aplicación combinada: hongos micorrízicos y compost.**

Para la aplicación combinada se preparó el terreno mediante una labranza manual, siguiendo el procedimiento general para la preparación de suelos, seguido del allanamiento de la tierra se realizó la aplicación del compost, mediante voleo, posteriormente, se realizaron las zanjas para la aplicación de hongos micorrízicos, de manera general, como fue realizado en la parcela número 3.

Figura 18

Aplicación combinada



Fuente: Autores, 2022





- **Aplicación parcela 4: testigo**

Por último, el parcelamiento número 4 se tomó como testigo o control, de manera que en esta no se aplicó ningún tratamiento, para observar así el comportamiento de los demás parcelamientos sobre este.

7.3 Evaluación de los efectos del compost y los hongos micorrízicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de suelos afectados por procesos agrícolas.

7.3.1: Seguimiento de adaptación de la siembra en los diferentes parcelamientos.

Para el seguimiento de la adaptación de siembra en los diferentes parcelamientos, se realizó la siembra de frijol cabecita negra, con respecto a los tratamientos ya establecidos, teniendo en cuenta algunos parámetros para el seguimiento del cultivo, tales como crecimiento, aspecto, tamaño, color. Para cada parcelamiento se sembraron 36 semillas del frijol.

La siembra se estableció el 23 de octubre del 2021, y finalizó el 25 de diciembre de 2021, con un aproximado de 9 semanas desde el inicio de la siembra. Según Márquez (2015), en su investigación titulada: abonamiento orgánico del frijol cabecita negra, evaluó su comportamiento a partir de la aplicación de composta orgánica, el cual, mostró resultados de un rápido crecimiento en un tiempo de 3 meses, por esa razón, se dejó durante el tiempo mencionado.

7.3.1 Densidad de siembra

Para el establecimiento del diseño de parcelamiento, se tomó como base la guía metodológica del SENA (2018): Trazado para la siembra. Aquí, se proponen distintas maneras de acuerdo con el tipo de terreno y sus necesidades. Se escogió la siembra en cuadrado, debido a la topografía de las parcelas. Así las cosas, se determinó la densidad de siembra.

Debido a la división del terreno, se tuvo en cuenta su tamaño, y se establecieron un total de 36 semillas de frijol cabecita negra por parcela, con distancias de 1 metros entre especie y especie para el total de las parcelas, esto también se apoyó en la investigación

de Márquez (2015), titulada: abonamiento orgánico del frijol cabecita negra, quien evaluó su comportamiento con siembra de esta misma distancia de separación entre hiles y plantas.

La tabla a continuación permite evidenciar seguimiento de la adaptación de siembra en el parcelamiento número cuatro, con tratamiento testigo, de acuerdo con las variables establecidas en la metodología.

Tabla 21

Seguimiento de adaptación de la siembra tratamiento testigo



Tratamiento: testigo

Parcelamiento: 4

Seguimiento por semana a los indicadores

Indicador	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
Tiempo de crecimiento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento
Aspecto	No había hojas	No había hojas	Hojas sanas	Hojas sanas	Hojas sanas	Hojas sanas	Hojas sanas	Hojas sanas	Hojas sanas
Tamaño	0cm	0cm	5cm	5cm	10cm	10cm	10cm	15cm	15cm
Color	No había hojas	No había hojas	Hojas Verdes	Hojas Verdes	Hojas Verdes	Hojas Verdes	Hojas Verdes	Hojas Verdes	Hojas Verdes

Fuente: Autor, 2022

Figura 19

Seguimiento al crecimiento en terreno testigo



Fuente: Autores, 2022

La tabla a continuación permite evidenciar seguimiento de la adaptación de siembra en el parcelamiento número 1, con tratamiento compost de acuerdo con las variables establecidas en la metodología.

Tabla 22

Seguimiento de adaptación de la siembra tratamiento Compost

Tratamiento: Compost

Parcelamiento: 1

Seguimiento por semana a los indicadores

Indicador	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
Tiempo de crecimiento	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
Aspecto	No había hojas	No había hojas	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles	Hojas débiles
Tamaño	0cm	0cm	5cm	10cm	10cm	15cm	15cm	18cm	18cm
Color	No había hojas	No había hojas	Verde	Verde	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso	Amarillo verdoso

Fuente: Autor, 2022

Figura 20

Seguimiento al crecimiento en terreno con compost



Fuente: Autores, 2022

La tabla a continuación permite evidenciar seguimiento de la adaptación de siembra en el parcelamiento número 2, con tratamiento hongos micorrízicos, de acuerdo con las variables establecidas en la metodología.

Tabla 23

Seguimiento de adaptación de la siembra tratamiento hongos micorrízicos

Tratamiento: Hongos micorrízicos

Parcelamiento: 2

Seguimiento por semana a los indicadores

Indicador	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
Tiempo de Crecimiento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento	Lento
Aspecto	No había hojas	No había hojas	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes
Tamaño	0cm	0cm	5cm	5cm	15cm	18cm	20cm	20cm	20cm
Color	No había hojas	No había hojas	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde

Fuente: Autor, 2022

Figura 21

Seguimiento al crecimiento en el terreno con hongos micorrízicos



Fuente: Autor, 2022

La tabla a continuación permite evidenciar seguimiento de la adaptación de siembra en el Parcelamiento número tres, tratamiento hongos micorrízicos más compost, de acuerdo con las variables establecidas en la metodología.

Tabla 24

Seguimiento de adaptación de la siembra Hongos más compost

Tratamiento: Hongos más compost

Parcelamiento: 3

Seguimiento por semana a los indicadores

Indicador	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
Tiempo de crecimiento	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido	Rápido
Aspecto	No había hojas	No había hojas	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes	Hojas sanas y firmes
Tamaño	0cm	0cm	5cm	10cm	15cm	18cm	20cm	25cm	25cm
Color	No había hojas	No había hojas	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde	Hojas de color verde

Fuente: Autor, 2022

Figura 22

Seguimiento al crecimiento con tratamiento combinado



Fuente: Autores, 2022

Conforme a la tabla anterior, se puede evidenciar, que, el tratamiento testigo o control permitió el crecimiento de las plántulas solo en un 25%, siendo la de menor crecimiento conforme a las demás, aunque, en la producción de frutos, estos se presentaban con mejores características que incluso el tratamiento combinado, sin embargo, este se hizo en tiempo tardío. En el caso del compost, aunque su crecimiento fue rápido, se presentaron algunos daños en las hojas de la planta, con un crecimiento del total de sembrados del 70%. La aplicación de los hongos micorrízicos presentó un crecimiento lento de la plántula, puesto que, el hongo permitió la adaptación de las raíces en el suelo, no modificó la rapidez de crecimiento, sin embargo, las hojas estaban sanas, sin complicaciones y de buen aspecto, con un porcentaje de crecimiento del total del 80%. Por último, en caso de el tratamiento mixto, las hojas crecieron rápidamente y en su totalidad, el 100%, sin embargo, se presentaron de las 36 plántulas sembradas, 5 que presentaban afectaciones en sus hojas y crecimiento.

7.3.2 Análisis físico químico y microbiológico del suelo post al tratamiento ejecutado.

En esta actividad se realizó una correlación entre los análisis de laboratorio del tratamiento sin control, versus los análisis de laboratorio realizados después de haber aplicado los tratamientos a las parcelas para establecer la diferencia significativa en cada una de las parcelas investigadas. Teniendo en cuenta los parámetros mencionados en la tabla y haciendo una correlación entre los parámetros de crecimiento y las propiedades fisicoquímicas del suelo.

La toma de muestras de suelo se realizó nuevamente siguiendo el mismo procedimiento de las muestras antes de ser sometidas a los tratamientos.

La evaluación de las características fisicoquímicas de las muestras de suelo seleccionadas fue analizada por el laboratorio de suelos GANACAMPO de la ciudad de Bucaramanga.

7.3.2.1 Resultados de los análisis fisicoquímicos en la parcela 4 o parcela control

Los resultados obtenidos acerca de los parámetros fisicoquímicos del suelo en la parcela 4 o la parcela control, se registran a continuación:

Tabla 25

Resultados parcela control

PROPIEDADES FÍSICAS						
Parámetro		Resultado				
Arena (%)		50				
Limo (%)		36				
Arcilla (%)		14				
Textura del suelo		Franco				
PROPIEDADES QUÍMICAS			Comparación con cultivo de frijol Tecn			
Parámetro	Unidad	Resultado	Rango adecuado	Deficiente	Óptimo	Alto
Volumétricas			5,5 6,5			*****



pH		7,03			
Materia orgánica	%	1,45			*****
Carbono	%	0,84			
Nitrógeno	%	0,07			
Aluminio	meq/100g	0	0,25	0,55	**
Espectrofotometría					
Fósforo (Bray II)	Ppm	71,6	14,5	30	*****
Espectrofotometría A/E Atómica					
Extracción NH₄OAc 1N					
Potasio	meq/100g	0,42	0,2	0,4	**
Calcio	meq/100g	10,2	2	4	*****
Magnesio	meq/100g	2,77	1,2	1,8	****
Sodio	meq/100g	0,45	0,2	0,25	*****
EXTRACCIÓN FOSFATO MONOCÁLCICO					
Azufre (PVP)	Ppm	10,1	5	10	*
Boro (Azometina-H)	Ppm	0,03	0,6	1	*****
COMPLEJO DE CAMBIO					
Extracción NH₄OAc 1N					
C.I.C.Efectiva	meq/100g	10,4	18	30	*****
Capacidad Calculada	meq/100g			13,8	
RELACIONES CATIONICAS					
Ca/Mg		3,68			
Ca/K		24,3			



Mg/Ka	6,60
Ca+Mg/K	30,9
Saturación de Bases	133
Saturación de aluminio	0,00

Macroelementos	Nitrógeno	Fosforo	Calcio		
Niveles	Bajo	Alto	Alto		
Elementos secundarios	Calcio	Magnesio	Sodio	Azufre	Boro
Niveles	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
Microelementos	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	
Niveles	Bajo	Optimo	Bajo	Bajo	

Fuente: Laboratorio de suelos GANACAMPO, 2022

Con los resultados anteriores se pueden establecer las siguientes observaciones:

El pH es Neutro, el nivel de fertilidad del suelo es buena, solo el nitrógeno en los nutrientes mayores está bajo, los micronutrientes en su mayoría están bajos. La saturación del potasio esta baja en relación con la del calcio y magnesio que están en buen nivel.

La textura es Franco, muy buena condición física para el desarrollo de este cultivo. Se recomienda aplicación de materia Orgánica Compostada, para mejorar la condición biológica del suelo y de igual forma la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo.

El suelo presenta buen contenido de nutrientes, pero para mejorar la disponibilidad de estos, se recomienda aplicaciones de ácidos húmicos o fúlvicos.

7.3.2.2 Resultados de los análisis fisicoquímicos en la parcela 1: compost

Los resultados obtenidos acerca de los parámetros fisicoquímicos del suelo en la parcela 1 o la parcela con compost se registran a continuación:

Tabla 26

Resultados parcela compost



PROPIEDADES FÍSICAS

Parámetro	Resultado
Arena (%)	72
Limo (%)	22
Arcilla (%)	6
Textura del suelo	Franco-arenoso

PROPIEDADES QUÍMICAS

Comparación con cultivo de frijol Tecn

Parámetro	Unidad	Resultado	Rango adecuado		Deficiente	Óptimo	Alto
Volumétricas			5,5	6,5			*****
pH		7,91					
Materia orgánica	%	2,37			*****		
Carbono	%	1,37					
Nitrógeno	%	0,12					
Aluminio	meq/100g	0	0,25	0,55	**		
Espectrofotometría							
Fósforo (Bray II)	Ppm	88,3	14,5	30			*****
Espectrofotometría A/E Atómica							
Extracción NH₄OAc 1N							
Potasio	meq/100g	0,5	0,2	0,4			**
Calcio	meq/100g	4,98	2	4			*****
Magnesio	meq/100g	2,50	1,2	1,8			*****
Sodio	meq/100g	0,46	0,2	0,25			*****
EXTRACCIÓN FOSFATO MONOCÁLCICO							
Azufre (PVP)	Ppm	6,12	5	10			*



Boro	Ppm	0,04	0,6	1	*****
(Azometina- H)					
COMPLEJO DE CAMBIO					
Extracción NH₄OAc 1N					
C.I.C.Efectiva	meq/100g	7,98	18	30	*****
Capacidad Calculada	meq/100g				8,44
RELACIONES CATIONICAS					
Ca/Mg		1,99			
Ca/K		10			
Mg/Ka		5			
Ca+Mg/K		15			
Saturación de Bases		106			
Saturación de aluminio		0,00			

Fuente: Laboratorio de suelos GANACAMPO, 2022

El pH es ligeramente neutro, el nivel de fertilidad del suelo es buena. La saturación del potasio y Sodio está baja en relación con la del calcio y magnesio que están en buen nivel.

La textura es Franco-arenoso, Los suelos francos arenosos tienen una mayor cantidad de partículas de arena, lo cual significa que este tiene partículas más grandes que aquellos que son menos arenosos y donde mejor crecen las plantas.

7.3.2.3 Resultados de los análisis fisicoquímicos en la parcela 2: Hongos micorrízicos

Los resultados obtenidos acerca de los parámetros fisicoquímicos del suelo en la parcela 2 o la parcela con hongos micorrízicos se registran a continuación:

Tabla 27



Resultados parcela con hongos micorrízicos

PROPIEDADES FÍSICAS

Parámetro	Resultado
Arena (%)	72
Limo (%)	22
Arcilla (%)	6
Textura del suelo	Franco-arenoso

PROPIEDADES QUÍMICAS

Comparación con cultivo de frijol Tecn

Parámetro	Unidad	Resultado	Rango adecuado	Deficiente	Óptimo	Alto
-----------	--------	-----------	----------------	------------	--------	------

Volumétricas

5,5 6,5

pH		7,93				
Materia orgánica	%	1,58				*****
Carbono	%	0,92				
Nitrógeno	%	0,08				
Aluminio	meq/100g	0	0,25 0,55			**

Espectrofotometría

Fósforo (Bray II)	Ppm	95,9	14,5 30			*****
-------------------	-----	------	---------	--	--	-------

Espectrofotometría A/E Atómica

Extracción NH₄OAc 1N

Potasio	meq/100g	0,58	0,2 0,4			**
Calcio	meq/100g	5,60	2 4			*****
Magnesio	meq/100g	2,60	1,2 1,8			****
Sodio	meq/100g	0,66	0,2 0,25			*****

EXTRACCIÓN DTPA (LINSAY)

ABSORCIÓN ATÓMICA



Hierro	Ppm	8,38	20	40	*****
Manganeso	Ppm	3,50	5	10	***
Cobre	Ppm	0,43	1	2,5	*****
Zinc	ppm	0,36	2	4	*****

EXTRACCIÓN FOSFATO

MONOCÁLCICO

Azufre (PVP)	Ppm	6,99	5	10	
Boro (Azometina-H)	Ppm	0,07	0,6	1	*****

COMPLEJO DE CAMBIO

Extracción NH₄OAc 1N

C.I.C.Efectiva	meq/100g	7,03	18	30	*****
Capacidad Calculada	meq/100g			9,44	

RELACIONES CATIONICAS

Ca/Mg	2,15
Ca/K	9,66
Mg/Ka	4,48
Ca+Mg/K	14,1
Saturación de Bases	134
Saturación de aluminio	0,00

Fuente: Laboratorio de suelos GANACAMPO, 2022

El pH es ligeramente neutro, el nivel de fertilidad del suelo es buena. La saturación del potasio y Sodio está baja en relación con la del calcio y magnesio que están en buen nivel.

La textura es Franco-arenoso, Los suelos francos arenosos tienen una mayor cantidad de partículas de arena, lo cual significa que este tiene partículas más grandes que aquellos que son menos arenosos y donde mejor crecen las plantas.

7.3.2.4 Resultados de los análisis fisicoquímicos en la parcela 3: Compost más hongos micorrízicos

Los resultados obtenidos acerca de los parámetros fisicoquímicos del suelo en la parcela 3 o la parcela con hongos micorrízicos más compost se registran a continuación:

Tabla 28

Resultados parcela con hongos micorrízicos más compost

PROPIEDADES FÍSICAS						
Parámetro		Resultado				
Arena (%)		70				
Limo (%)		24				
Arcilla (%)		6				
Textura del suelo		Franco-arenoso				
PROPIEDADES QUÍMICAS			Comparación con cultivo de frijol Tecn			
Parámetro	Unidad	Resultado	Rango adecuado		Deficiente	Óptimo Alto
Volumétricas			5,5	6,5		*****
pH		7,58				
Materia orgánica	%	2,10				*****
Carbono	%	1,22				
Nitrógeno	%	0,02				
Aluminio	meq/100g	0	0,25	0,55	**	
Espectrofotometría						
Fósforo (Bray II)	Ppm	82	14,5	30		*****



Espectrofotometría A/E Atómica

Extracción NH₄OAc 1N

Potasio	meq/100g	0,46	0,2	0,4	**
Calcio	meq/100g	6,24	2	4	*****
Magnesio	meq/100g	2,60	1,2	1,8	****
Sodio	meq/100g	0,41	0,2	0,25	*****

EXTRACCIÓN DTPA (LINSAY)

ABSORCIÓN ATÓMICA

Hierro	Ppm	9,25	20	40	*****
Manganeso	Ppm	3,97	5	10	***
Cobre	Ppm	0,33	1	2,5	*****
Zinc	ppm	0,43	2	4	*****

EXTRACCIÓN FOSFATO

MONOCÁLCICO

Azufre (PVP)	Ppm	8,92	5	10	
Boro (Azometina-H)	Ppm	0,09	0,6	1	*****

COMPLEJO DE CAMBIO

Extracción NH₄OAc 1N

C.I.C.Efectiva	meq/100g	8,74	18	30	*****
Capacidad Calculada	meq/100g			9,71	

RELACIONES CATIONICAS

Ca/Mg	2,40
Ca/K	13,6
Mg/Ka	5,65
Ca+Mg/K	19,2
Saturación de Bases	111

Saturación de 0,00
aluminio

Fuente: Laboratorio de suelos GANACAMPO, 2022

El pH es ligeramente neutro, el nivel de fertilidad del suelo es buena. La saturación del potasio y Sodio está baja en relación con la del calcio y magnesio que están en buen nivel.

La textura es Franco-arenoso, Los suelos francos arenosos tienen una mayor cantidad de partículas de arena, lo cual significa que este tiene partículas más grandes que aquellos que son menos arenosos y donde mejor crecen las plantas.

7.3.3 Correlación entre los parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación de los tratamientos

Tabla 29

Correlación de parámetros antes y después

Terreno/ parámetro	Terreno control	Terreno compost	Terreno con hongos micorrízicos	Terreno con compost más hongos micorrízicos
Textura del suelo	Franco	Franco- arenoso	Franco- arenoso	Franco- arenoso
pH	7,03	7,91	7,93	7,58
Materia orgánica (%)	1,45	2,37	1,58	2,10
Carbono (%)	0,84	1,37	0,92	1,22
Nitrógeno (%)	0,07	0,12	0,08	0,02
Potasio	0,42	0,5	0,58	0,46



Calcio	10,2	4,98	5,60	6,24
Magnesio	2,77	2,50	2,60	2,60
Sodio	0,45	0,46	0,66	0,41

Fuente: Autor, 2022

Por medio de la tabla anterior, se puede evidenciar que, para el caso de texturas de suelo, solo el terreno control o testigo, mantuvo una textura franca, es decir, igual proporción de arena, limo y arcilla, sin embargo, al aplicar los tratamientos, los demás terrenos se tornaron textura franco-arenoso, es decir después de estos, se notó con mayores porcentajes de arena.

En el caso del pH, el terreno control sostuvo un pH neutro, mientras que, una vez aplicado los tratamientos en los demás terrenos, estos se tornaron levemente alcalinos.

La materia orgánica para el terreno testigo tuvo un porcentaje de 1,45%, aumentando en los tres tratamientos, sin embargo, hubo mayor porcentaje de materia orgánica en el parcelamiento con compost, seguido por el tratamiento que incluía compost más hongos micorrízicos.

Para el caso del carbono, el comportamiento se mantuvo en el mismo comportamiento que la materia orgánica como consecuencia de esta misma, para el caso del terreno testigo, el porcentaje fue de 0,84%, sin embargo, hubo mayor porcentaje de carbono en el parcelamiento con compost, seguido por el tratamiento que incluía compost más hongos micorrízicos.

El nitrógeno, para el terreno testigo obtuvo un valor de 0,07%, aumentando en el tratamiento de compost hasta un 0,12%, lo que se puede atribuir a la fijación microbiana producto de los microorganismos propios del proceso de compostaje y disminuyendo significativamente en el tratamiento de hongos micorrízicos y hongos micorrízicos más compost.

Por otra parte, el potasio aumentó en los tratamientos de hongos micorrízicos y compost, y disminuyó en el tratamiento combinado. El Calcio en el terreno control obtuvo un valor de 10,2, disminuyendo significativamente en los demás tratamientos, el de más

bajo valor estuvo en el tratamiento de compost, seguido por el tratamiento de hongos micorrízicos

En el caso del magnesio, este mantuvo una tendencia igualitaria sin diferencias significativas conforme a los tratamientos y el terreno control. Por último, el sodio solo aumentó significativamente en el tratamiento de hongos micorrízicos, debido a la adaptación de los hongos en este.

7.3.4 Correlación entre el crecimiento antes y después de la aplicación de los tratamientos

Tabla 30

Correlación del crecimiento antes y después

Parámetro	Terreno control	Terreno compost	Terreno con hongos micorrízicos	Terreno con compost más hongos micorrízicos
Porcentaje de crecimiento del total de plántulas sembradas	25%	70%	80%	95%
Largo	Las plantas crecieron aproximadamente 15cm	Las plantas crecieron aproximadamente 18cm	Las plantas crecieron aproximadamente 20cm	Las plantas crecieron aproximadamente 25cm
Firmeza de hojas	Las hojas se observaron firmes, duras y verdes	Las hojas se observaron débiles, con algunas manchas	Las hojas se observaron firmes, duras y verdes	Las hojas se observaron firmes, duras y verdes

Tiempo de crecimiento	El crecimiento fue lento	El crecimiento fue rápido	El crecimiento fue lento	El crecimiento fue rápido
Recolección de frutos	Se recolectaron los frutos 4 veces.	Se recolectaron los frutos 4 veces.	Se recolectaron los frutos 4 veces.	Se recolectaron los frutos 3 veces, puesto que, en algunas ocasiones los frutos se encontraban con afectaciones

Fuente: Autor, 2022

Conforme a la tabla anterior, se puede evidenciar, que, el tratamiento testigo o control permitió el crecimiento de las plántulas solo en un 25%, siendo la de menor crecimiento conforme a las demás, aunque, en la producción de frutos, estos se presentaban con mejores características que incluso el tratamiento combinado, sin embargo, este se hizo en tiempo tardío.

Figura 23

Crecimiento de hojas terreno testigo



Fuente: Autor, 2022

En el caso del compost, aunque su crecimiento fue rápido, se presentaron algunos daños en las hojas de la planta, con un crecimiento del total de sembrados del 70%.

Figura 24

Crecimiento de hojas con tratamiento compost

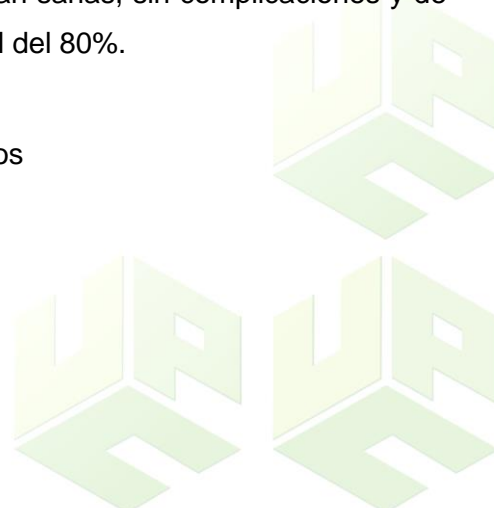


Fuente: Autores, 2022

La aplicación de los hongos micorrízicos presentó un crecimiento lento de la plántula, puesto que, el hongo permitió la adaptación de las raíces en el suelo, no modificó la rapidez de crecimiento, sin embargo, las hojas estaban sanas, sin complicaciones y de buen aspecto, con un porcentaje de crecimiento del total del 80%.

Figura 25

Crecimiento de hojas tratamiento con hongos micorrízicos





Por último, en caso de el tratamiento mixto, las hojas crecieron rápidamente y en su totalidad, el 100%, sin embargo, se presentaron de las 36 plántulas sembradas, 5 que presentaban afectaciones en sus hojas y crecimiento.

Por último, en caso de el tratamiento mixto, las hojas crecieron rápidamente y en su totalidad, el 100%, sin embargo, se presentaron de las 36 plántulas sembradas, 5 que presentaban afectaciones en sus hojas y crecimiento.

Figura 26

Crecimiento de hojas tratamiento combinado





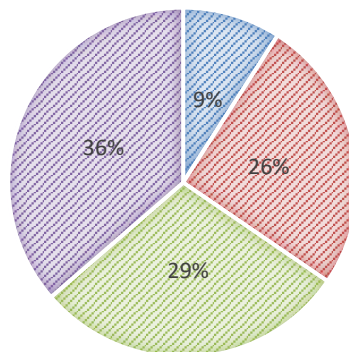
Fuente: Autores, 2022

Figura 27

Crecimiento en porcentaje del total de las plántulas sembradas por parcelamiento

PORCENTAJE DE TIEMPO DE CRECIMIENTO DE LAS PLANTULAS

■ Testigo ■ Compost ■ Chongos micorrizicos ■ Compost más hongos



Fuente: Autores, 2022



7.3.4.1 Análisis de ANOVA de los tratamientos de biorremediación en la etapa final del experimento

Se realizó una transformación de Box-Cox o bloques al azar y se aplicó un análisis de varianza para los tratamientos realizados, mediante la prueba de Tuckey ($f < 0.05$) obteniendo como resultados los mostrados:

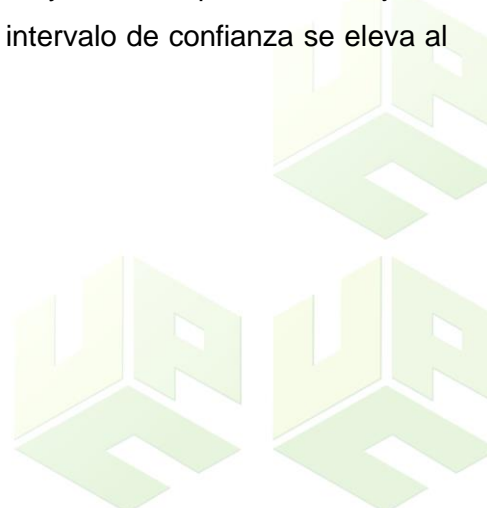
Tabla 31

Análisis de ANOVA para tratamientos en la etapa final

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F CALCULADA	F tabulada	
					0,05	0,01
Tratamiento	3	2,235	745	0,983		
Bloque	9	16,404	1826,66	2,41*	2,96	4,6
Error	27	20,465	757,96		2,25	3,15
Total	39	39,104				

Fuente: Autor, 2022

Como se observa, dado que F calculada $2,41 > 2,25$ rechazamos H_0 y concluimos que los tratamientos difieren en sus medias. Lo anterior permite deducir que los tratamientos 3 y 4 presentan intervalos de confianza del 95% según los datos de prueba de Tuckey donde $p > 0,05$. Por ende, los tratamientos 1 y 2 no representan diferencias significativas entre ellos, pero en comparación con los tratamientos 3 y 4, estos presentan mejores resultados en adaptación y crecimiento, puesto que, su intervalo de confianza se eleva al 95%.





8. CONCLUSIONES

Por medio del desarrollo de la investigación, se puede concluir lo siguiente:

Para dar cumplimiento al primer objetivo, se utilizó una parcela de 200m², dividiendo el terreno de la finca san Martin en 4 parcelamientos para facilitar la toma de muestras. Para el caso de los puntos de muestreo, se siguieron las recomendaciones de la consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible, (2015), por esta razón, se establecieron 5 puntos aleatorios de muestreo en cada una de las parcelas delimitadas con mínimo un recorrido en zig-zag. Las muestras de suelo se tomaron mezclando capas de este y llenando bolsas plásticas rotuladas adecuadamente. En el caso de los parámetros fisicoquímicos a analizar en el suelo, se determinó la densidad, textura, estructura, color, pH, materia orgánica, carbono, nitrógeno, entre otras.

En el caso del segundo objetivo, para la elaboración del compost se recolectó la materia orgánica, la elaboración del compost se realizó en un espacio de la finca, cerca de los parcelamientos realizados, a una profundidad de 2 metros para facilitar la mezcla de las pilas. Se aplicaron los 3 tratamientos a los parcelamientos, dejando uno testigo o control. Para la aplicación del compost en la parcela 1, se realizó mediante el voleo. El compost fue aplicado en temporada seca, y sin presencia de lugares de inundación o ríos cercanos, puesto que, no se recomienda aplicar en épocas de lluvia, ni cerca de fuentes hídricas. Se revisó con anterioridad la humedad del terreno, debido a que la humedad debe ser adecuada, así se garantizó la incorporación de este y su descomposición. Para la aplicación de los hongos micorrízicos, se realizaron surcos que permitieron ingresar los hongos en cada uno de estos, favoreciendo así su introducción. Por otra parte, se regó la zona con agua para una mayor humedad y adaptación del hongo en el terreno 2. Para la aplicación combinada se preparó el terreno mediante una labranza manual, siguiendo el procedimiento general para la preparación de suelos, seguido del allanamiento de la tierra se realizó la aplicación del compost, mediante voleo, posteriormente, se realizaron las zanjias para la aplicación de hongos micorrízicos, de manera general, como fue realizado en la parcela número 3. Por último, el parcelamiento número 4 se tomó como testigo o control, de manera que en esta no se aplicó ningún tratamiento, para observar así el comportamiento de los demás parcelamientos sobre este.



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Por último, para el tercer objetivo, se puede evidenciar, que, el tratamiento testigo o control permitió el crecimiento de las plántulas solo en un 25%, siendo la de menor crecimiento conforme a las demás, aunque, en la producción de frutos, estos se presentaban con mejores características que incluso el tratamiento combinado, sin embargo, este se hizo en tiempo tardío. En el caso del compost, aunque su crecimiento fue rápido, se presentaron algunos daños en las hojas de la planta, con un crecimiento del total de sembrados del 70%. La aplicación de los hongos micorrízicos presentó un crecimiento lento de la plántula, puesto que, el hongo permitió la adaptación de las raíces en el suelo, no modificó la rapidez de crecimiento, sin embargo, las hojas estaban sanas, sin complicaciones y de buen aspecto, con un porcentaje de crecimiento del total del 80%. Por último, en caso de el tratamiento mixto, las hojas crecieron rápidamente y en su totalidad, el 100%, sin embargo, se presentaron de las 36 plántulas sembradas, 5 que presentaban afectaciones en sus hojas y crecimiento. Sin embargo, se debe destacar que, se cumplió con una de la hipótesis planteada, puesto que se esperaba que el tratamiento combinado (4) presentara los mejores resultados de recuperación del suelo, y, según el análisis de la ANOVA, los tratamientos 3 y 4, estos presentan mejores resultados en adaptación y crecimiento, puesto que, su intervalo de confianza se eleva al 95%, sin haber contemplado el tratamiento 3 dentro de lo que se esperaba, este también demostró un comportamiento significativo en comparación con los tratamientos 1 y 2.



9. RECOMENDACIONES

Una vez culminada la investigación, se proponen las siguientes recomendaciones:

Se recomienda ampliar las investigaciones relacionadas con el campo, donde se apliquen técnicas mucho más especializadas para el control y seguimiento de las especies en crecimiento, y se observen características adicionales al color de sus hojas, usando el Método de Fluorescencia Inducida por Láser (lif), el cual permite obtener de manera más precisa y veraz, el crecimiento de las especies por medio de la detección del color de las hojas.

Por otra parte, se recomienda el uso de técnicas como análisis de imágenes digitales que permitan observar a mayor detalle los cambios en las especies vegetales en crecimiento, así como las variaciones en el suelo. Esta técnica ha sido usada en diversos estudios mostrando datos precisos y con mayores eficiencias, analizando no solamente el crecimiento de la hoja, sino el de la raíz, tallo, etc.

Ampliar las investigaciones acerca de la recuperación de suelos por medio de tratamientos combinados como los hongos micorrízicos y el compost orgánico, ya que este, obtuvo los mejores resultados en crecimiento, sin embargo, algunas especies crecieron con afectaciones, por lo que se espera conocer las variables que podrían estar ocasionándolas.

Realizar la elaboración del compost con un mínimo de 5 a 6 meses, para garantizar el correcto desarrollo de este y así mejorar su efectividad. Debido al cumplimiento de los objetivos, solo se preparó por cuatro meses.

Realizar seguimiento a las especies sembradas por más de 5 meses, garantizando el correcto crecimiento y evaluando así aspectos relevantes como lo son el grosor del tallo, raíces, evaluación de las hojas, entre otras. Debido al cumplimiento de los objetivos, solo se realizó el seguimiento por 9 semanas.

Se sugiere aplicar los tratamientos en referencia a diferentes tipos de suelo, evaluando las posibles variaciones que se puedan presentar, mediante la caracterización física, química y microbiológica.



10. BIBLIOGRAFIA

Acosta, D. (junio de 2019). *Aplicación de hongos micorrizicos arbusculares en la producción de plantas de selva baja caducifolia con fines de reforestación*. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/713/AOPDXN05T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arango, M. J. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos*. Obtenido de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1/Abonos_organicos_alternativa_conservacion_mejoramiento_suelo.pdf

Consultoría ICESI y Grupo de trabajo y producción sostenible. (2015). *Guía: Evaluación y monitoreo de los suelos*. Obtenido de https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/0130_Caracterizacion%20y%20Balance%20de%20los%20Recursos%20Naturales%20y%20sus%20Actores%20Sociales%20Relevantes/Guias/GU.0130.09%20Evaluacion%20

Fernandez, R., Trapero, A., & Domínguez, J. (2010). *Eperimentación en agricultura*. Obtenido de <https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941EXPERIMENTACION.pdf>

García, C. (2008). *Enmiendas orgánicas para suelos basados en residuos orgánicos*. Obtenido de <https://www.um.es/acc/wp-content/uploads/Carlos-Garcia-Izquierdo.pdf>

Gutierrez, J. (2015). *Diseño de bloques al azar*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/31401/secme-17390.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*.
Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Instituto Agustín Codazzi (2015). Toma de muestras de suelo. disponible en:
<https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/guiademuestreo.pdf>

Luna, H. S. (2012). *Densidad poblacional de los hongos micorrizicos arbusculares en suelos agrícolas aplicados con composta*. Obtenido de
https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/18416/Tesis%20Doctoral%20Hector%20Santos%20Luna%20Zendejas_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Márquez (2015). abonamiento orgánico del frijol cabecita negra. Disponible en:
<http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/handle/123456789/4991>

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (diciembre de 2016). *40% del territorio colombiano presenta algún grado de degradación de suelos por erosión*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2592-40-del-territorio-colombiano-presenta-algun-grado-de-degradacion-de-suelos-por-erosion>

Mora, J., Silva, A., & Escobar, N. (2019). *Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos*. Obtenido de <https://1library.co/document/ky68d17z-bioindicadores-en-suelos-y-abonos-organicos.html>

Quintero, N. (2020). Comparación de técnicas experimentales para la medición del crecimiento vegetal. disponible en:
<http://listas.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Comparaciontecnicasexperimentales.pdf>

Ramirez Carvajal, R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. Bogotá: Produmedios.



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Rodriguez, D. (abril de 2020). *Investigación experimental: Características y ejemplos.*

Obtenido de <https://www.lifeder.com/investigacion-experimental/>

Roman, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual del compostaje del agricultor:*

Experiencias en América Latina. Obtenido de

<http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Roncallo, B., Murillo, J., Rodríguez, G., Bonilla, R. R., & Garrido, M. (2012). *Producción de*

forraje y respuesta animal en suelos del valle del Cesar en proceso de recuperación.

Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945032012.pdf>



11. ANEXOS

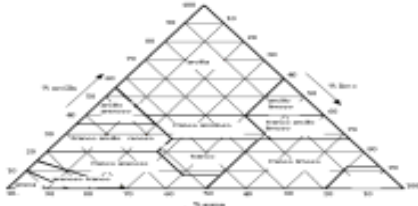
Anexo 1: Resultados de análisis fisicoquímicos por parte del laboratorio terreno control



lab@ganacampo.com www.ganacampo.com
CARRERA 33 #30A-49 PISO 2
BUCARAMANGA | SANTANDER | COLOMBIA
3158740887 | 6179211

INFORME ANALÍTICO DE SUELO AGRÍCOLA FRIJOL CABEZA NEGRA - ESTABLECER

Número Registro:	7362	Fecha:	13/09/2021
Muestra:	1	Cliente:	CLAUDIA CABALLERO - YULEYNI CARO
Finca:	SAN MARTIN	Localización:	VALLEDUPAR - CESAR

PROPIEDADES FÍSICAS				REFERENCIA CON RELACION AL CULTIVO DE FRIJOL TECN.			
				RANGO ADECUADO	DEFICIENTE	OPTIMO	ALTO
RESULTADO							
							
Arena (%)			50				
Limo(%)			36				
Arcilla(%)			14				
Textura del suelo:			FRANCO				
PROPIEDADES QUÍMICAS							
Parámetro	Unidad						
pH	pH		7,03	5,5	6,5		*****
Volumétrica:							
Materia Orgánica	%		1,45			*****	
Carbono	%		0,84				
Nitrógeno	%		0,07				
Aluminio (KCl 1N)	meq/100g		0,00	0,25	0,55	**	
Espectrofotometría							
Fósforo (Bray II)	ppm		71,6	14,5	30		*****
Espectrofotometría A/E Atómica Extracción NH4OAc 1N							
Potasio	meq/100g		0,42	0,2	0,4		**
Calcio	meq/100g		10,2	2	4		*****
Magnesio	meq/100g		2,77	1,2	1,8		*****
Sodio	meq/100g		0,45	0,2	0,25		*****
Extracción DTPA (Linsay) absorción atómica							
Hierro	ppm		15,4	20	40	****	
Manganeso	ppm		6,63	5	10		****
Cobre	ppm		0,92	1	2,5	***	
Zinc	ppm		0,68	2	4	*****	

Pág. 1 de 3



lab@ganacampo.com www.ganacampo.com
CARRERA 33 #30A-49 PISO 2
BUCARAMANGA | SANTANDER | COLOMBIA
3158740887 | 6179211

INFORME ANALÍTICO DE SUELO AGRÍCOLA FRIJOL CABEZA NEGRA - ESTABLECER

Número Registro:	7362	Fecha:	13/09/2021
Muestra:	1	Cliente:	CLAUDIA CABALLERO - YULEYNI CARO
Predio:	SAN MARTIN	Localización:	VALLEDUPAR - CESAR

RESULTADO

**EXTRACCIÓN FOSFATO
MONOCÁLCICO**

Espectrofometría

Azufre (PVP) ppm 10,1
Boro (Azometina-H) ppm 0,03

REFERENCIA

RANGO ADECUADO DEFICIENTE OPTIMO ALTO

5	10			*
0,6	1	*****		

COMPLEJO DE CAMBIO

Extracción NH₄OAc 1N

C.I.C.Efectiva meq/100g 10,4
Capacidad Calculada meq/100g 13,8

18	30	*****		
----	----	-------	--	--

RELACIONES CATIONICAS

Ca/Mg 3,68
Ca/K 24,3
Mg/K 6,60
Ca+Mg/K 30,9
Saturación de Bases 133
Saturación de aluminio 0,00

Nota: Resultados validos para la muestra analizada
C.I.C: Capacidad de intercambio catiónico
N.D no detectable
C.E: Conductividad Electrica

ROSA LUDY RODRÍGUEZ R.
Química UIS P.Q 1734
Magister en Química UIS
Máster en Fertilizantes y Medio Ambiente UAM-España



Anexo 2: Resultados de análisis fisicoquímicos por parte del laboratorio terreno con compost



lab@ganacampo.com www.ganacampo.com
CARRERA 33 #30A-49 PISO 2
BUCARAMANGA | SANTANDER | COLOMBIA
3158740887 | 6179211

INFORME ANALÍTICO DE SUELO AGRÍCOLA FRIJOL CABEZA NEGRA - ESTABLECER

Número Registro:	7532A	Fecha:	14/02/2022
Muestra:	Abono organico	Cliente:	CLAUDIA CABALLERO - YULEYNI CARO
Fincá:	SAN MARTIN	Localización:	VALLEDUPAR - CESAR

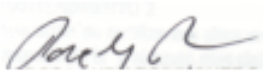
PROPIEDADES FÍSICAS		RESULTADO	REFERENCIA CON RELACION AL CULTIVO DE FRIJOL TECN.			
			RANGO ADECUADO	DEFICIENTE	ÓPTIMO	ALTO
Arena (%)		72				
Limo(%)		22				
Arcilla(%)		6				
Textura del suelo:		FRANCO ARENOSO				
PROPIEDADES QUÍMICAS						
Parámetro	Unidad					
pH	pH	7,61	5,5	6,5		*****
Volumétrica:						
Materia Orgánica	%	2,37		*****		
Carbono	%	1,37				
Nitrógeno	%	0,12				
Aluminio (KCl 1N)	meq/100g	0,00	0,25	0,55	**	
Espectrofotometría						
Fósforo (Bray II)	ppm	88,3	14,5	30		*****
Espectrofotometría A/E Atómica						
Extracción NH ₄ OAc 1N						
Potasio	meq/100g	0,50	0,2	0,4		*****
Calcio	meq/100g	4,98	2	4		*****
Magnesio	meq/100g	2,50	1,2	1,8		*****
Sodio	meq/100g	0,46	0,2	0,25		*****
Extracción DTPA (Lindsay)						
absorción atómica						
Hierro	ppm	8,72	20	40	*****	
Manganeso	ppm	4,07	5	10	***	
Cobre	ppm	0,28	1	2,5	*****	
Zinc	ppm	0,31	2	4	*****	



lab@ganacampo.com www.ganacampo.com
CARRERA 33 #30A-49 PISO 2
BUCARAMANGA | SANTANDER | COLOMBIA
3158740887 | 6179211

INFORME ANALÍTICO DE SUELO AGRÍCOLA FRIJOL CABEZA NEGRA - ESTABLECER

Número Registro:	7532A	Fecha:	14/02/2022
Muestra:	Abono organico	Cliente:	CLAUDIA CABALLERO - YULEYNI CARO
Predio:	SAN MARTIN	Localización:	VALLEDUPAR - CESAR

RESULTADO				REFERENCIA			
EXTRACCIÓN FOSFATO MONOCÁLCICO				RANGO ADECUADO	DEFICIENTE	OPTIMO	ALTO
Espectrofometría							
Azufre (PVP)	ppm	6,12		5	10	**	
Boro (Azometina-H)	ppm	0,04		0,6	1	*****	
COMPLEJO DE CAMBIO							
Extracción NH ₄ OAc 1N							
C.I.C.Efectiva	meq/100g	7,98		18	30	*****	
Capacidad Calculada	meq/100g	8,44					
RELACIONES CATIONICAS							
Ca/Mg		1,99					
Ca/K		10,0					
Mg/K		5,00					
Ca+Mg/K		15,0					
Saturación de Bases		106					
Saturación de aluminio		0,00					
Nota: Resultados validos para la muestra analizada							
C.I.C: Capacidad de intercambio catiónico							
N.D no detectable							
 ROSA LUDY RODRÍGUEZ R. Química UIS P.Q 1734 Magister en Química UIS Máster en Fertilizantes y Medio Ambiente UAM-España							

Anexo 3: Resultados de análisis fisicoquímicos por parte del laboratorio terreno con hongos micorrízicos



lab@ganacampo.com www.ganacampo.com
CARRERA 33 #30A-49 PISO 2
BUCARAMANGA | SANTANDER | COLOMBIA
3158740887 | 6179211

INFORME ANALÍTICO DE SUELO AGRÍCOLA FRIJOL CABEZA NEGRA - ESTABLECER

Número Registro:	7532B	Fecha:	14/02/2022
Muestra:	Hongos Micorrízicos	Cliente:	CLAUDIA CABALLERO - YULEYNI CARO
Finca:	SAN MARTIN	Localización:	VALLEDUPAR - CESAR

RESULTADO			REFERENCIA CON RELACION AL CULTIVO DE FRIJOL TECN.			
PROPIEDADES FÍSICAS			RANGO ADECUADO DEFICIENTE OPTIMO ALTO			
Arena (%)		72				
Limo(%)		22				
Arcilla(%)		6				
Textura del suelo:		FRANCO ARENOSO				
PROPIEDADES QUÍMICAS			REFERENCIA CON RELACION AL CULTIVO DE FRIJOL TECN.			
Parámetro	Unidad		RANGO ADECUADO DEFICIENTE OPTIMO ALTO			
pH	pH	7,93	5,5	6,5		*****
Volumétrica:						
Materia Orgánica	%	1,58			*****	
Carbono	%	0,92				
Nitrógeno	%	0,08				
Aluminio (KCl 1N)	meq/100g	0,00	0,25	0,55	**	
Espectrofotometría						
Fósforo (Bray II)	ppm	95,9	14,5	30		*****
Espectrofotometría A/E Atómica						
Extracción NH ₄ OAc 1N						
Potasio	meq/100g	0,58	0,2	0,4		****
Calcio	meq/100g	5,60	2	4		****
Magnesio	meq/100g	2,60	1,2	1,8		*****
Sodio	meq/100g	0,66	0,2	0,25		*****
Extracción DTPA (Linsay)						
absorción atómica						
Hierro	ppm	8,38	20	40	*****	
Manganeso	ppm	3,50	5	10	***	
Cobre	ppm	0,43	1	2,5	*****	
Zinc	ppm	0,36	2	4	*****	

Pág. 1 de 2





INFORME ANALÍTICO DE SUELO AGRÍCOLA FRIJOL CABEZA NEGRA - ESTABLECER

Número Registro:	7532B	Fecha:	14/02/2022
Muestra:	Hongos Micorrizicos	Cliente:	CLAUDIA CABALLERO - YULEYNI CARO
Predio:	SAN MARTIN	Localización:	VALLEDUPAR - CESAR

RESULTADO				REFERENCIA			
EXTRACCIÓN FOSFATO MONOCÁLCICO				RANGO ADECUADO	DEFICIENTE	ÓPTIMO	ALTO
Espectrofotometría							
Azúfre (PVP)	ppm	6,99		5	10	***	
Boro (Azometina-H)	ppm	0,07		0,6	1	*****	
COMPLEJO DE CAMBIO							
Extracción NH ₄ OAc 1N							
C.I.C.Efectiva	meq/100g	7,03		18	30	*****	
Capacidad Calculada	meq/100g	9,44					
RELACIONES CATIONICAS							
Ca/Mg		2,15					
Ca/K		9,66					
Mg/K		4,48					
Ca+Mg/K		14,1					
Saturación de Bases		134					
Saturación de aluminio		0,00					
<p>Nota: Resultados validos para la muestra analizada C.I.C: Capacidad de intercambio catiónico N.D no detectable C.E: Conductividad Electrica</p>							
 ROSA LUDY RODRÍGUEZ R. Química UIS P.Q 1734 Magister en Química UIS Máster en Fertilizantes y Medio Ambiente UAM-España							



Anexo 4: Resultados de análisis fisicoquímicos por parte del laboratorio terreno con hongos micorrízicos más compost



lab@ganacampo.com www.ganacampo.com
CARRERA 33 #30A-49 PISO 2
BUCARAMANGA | SANTANDER | COLOMBIA
3158740887 | 6179211

INFORME ANALÍTICO DE SUELO AGRÍCOLA FRIJOL CABEZA NEGRA - ESTABLECER

Número Registro:	7532C	Fecha:	14/02/2022
Muestra:	Abono Orgánico y Hongos Micorrízicos	Cliente:	CLAUDIA CABALLERO - YULEYNI CARO
Fincá:	SAN MARTIN	Localización:	VALLEDUPAR - CESAR

		RESULTADO	REFERENCIA CON RELACION AL CULTIVO DE FRIJOL TECN.			
			RANGO ADECUADO	DEFICIENTE	OPTIMO	ALTO
PROPIEDADES FÍSICAS						
Arena (%)		70				
Limo(%)		24				
Arcilla(%)		6				
Textura del suelo:		FRANCO ARENOSO				
PROPIEDADES QUÍMICAS						
Parámetro	Unidad					
pH	pH	7,58	5,5	6,5		*****
Volumétrica:						
Materia Orgánica	%	2,10			*****	
Carbono	%	1,22				
Nitrógeno	%	0,11				
Aluminio (KCl 1N)	meq/100g	0,00	0,25	0,55	**	
Espectrofotometría						
Fósforo (Bray II)	ppm	82,0	14,5	30		*****
Espectrofotometría A/E Atómica Extracción NH4OAc 1N						
Potasio	meq/100g	0,46	0,2	0,4		****
Calcio	meq/100g	6,24	2	4		*****
Magnesio	meq/100g	2,60	1,2	1,8		*****
Sodio	meq/100g	0,41	0,2	0,25		*****
Extracción DTPA (Linsay) absorción atómica						
Hierro	ppm	9,25	20	40	*****	
Manganeso	ppm	3,97	5	10	***	
Cobre	ppm	0,33	1	2,5	*****	
Zinc	ppm	0,43	2	4	*****	



lab@ganacampo.com www.ganacampo.com

CARRERA 33 #30A-49 PISO 2
BUCARAMANGA | SANTANDER | COLOMBIA
3158740887 | 6179211

INFORME ANALÍTICO DE SUELO AGRÍCOLA FRIJOL CABEZA NEGRA - ESTABLECER

Número Registro:	7532C	Fecha:	14/02/2022
Muestra:	0	Cliente:	CLAUDIA CABALLERO - YULEYNI CARO
Predio:	SAN MARTIN	Localización:	VALLEDUPAR - CESAR

RESULTADO

**EXTRACCIÓN FOSFATO
MONOCÁLCICO**

Espectrofometría

Azufre (PVP)	ppm	8,92
Boro (Azometina-H)	ppm	0,09

REFERENCIA			
RANGO ADECUADO	DEFICIENTE	OPTIMO	ALTO
5	10	****	
0,6	1	*****	

COMPLEJO DE CAMBIO

Extracción NH ₄ OAc 1N		
C.I.C.Efectiva	meq/100g	8,74
Capacidad Calculada	meq/100g	9,71

18	30	*****		
----	----	-------	--	--

RELACIONES CATIONICAS

Ca/Mg	2,40
Ca/K	13,6
Mg/K	5,65
Ca+Mg/K	19,2
Saturación de Bases	111
Saturación de aluminio	0,00

Nota: Resultados validos para la muestra analizada

C.I.C: Capacidad de intercambio catiónico

N.D no detectable

C.E: Conductividad Eléctrica

ROSA LUDY RODRÍGUEZ R.
Química UIS P.Q 1734
Magister en Química UIS
Máster en Fertilizantes y Medio Ambiente UAM-España



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Anexo 5: fotografías de la realización de las siembras

