

**EVALUACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES FÚNGICOS EN SUELO DE  
EXPLOTACIÓN LADRILLERA TRATADO CON ENMIENDAS ORGÁNICAS  
(COGUA, CUNDINAMARCA)**

**JONATHAN EFRAIN SOLER PÉREZ - 63639**

**UNIVERSIDAD ECCI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL  
BOGOTÁ, D.C.**

**2023**

**Página 1 de 78**

**JONATHAN EFRAIN SOLER PÉREZ - 63639**

**Proyecto de Pasantía**

**AMANDA VARELA RAMÍREZ, Ph. D.**

**DIRECTORA DE PASANTÍA**

**TATIANA MONTES**

**CODIRECTORA DE PASANTÍA**

**UNIVERSIDAD ECCI**

**FACULTAD INGENIERÍA**

**PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BOGOTÁ D.C.**

**2023**

**Página 2 de 78**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	5
<b>PALABRAS CLAVES</b> .....	6
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
LIMITANTES.....	8
ALCANCE.....	9
ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	10
<b>OBJETIVO DE LA OPCIÓN DE GRADO</b> .....	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
<b>ASPECTOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN</b> .....	11
CONTEXTO INTERNO DE LA ORGANIZACIÓN.....	11
RESEÑA HISTÓRICA .....	11
MISIÓN .....	12
ALCANCE GEOGRÁFICO.....	13
ORGANIGRAMA.....	13
<b>DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO DE LA OPCIÓN DE GRADO</b> .....	15
MARCO TEÓRICO .....	16
<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	20
ÁREA DE ESTUDIO.....	20
FASE DE CAMPO.....	22
OBJETIVO ESPECÍFICO 1:.....	23
OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Y 3: .....	26

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EJECUTADAS POR EL ESTUDIANTE.</b>	<b>30</b>
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	30
ORGANIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES .....	34
SOPORTE TÉCNICO O PRÁCTICO DE LAS ACTIVIDADES .....	34
RECURSOS HUMANOS.....	35
METAS PROPUESTAS E INDICADORES .....	37
PROPUESTA TÉCNICA .....	41
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>43</b>
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS .....	43
GRUPOS FUNCIONALES FÚNGICOS .....	48
IDENTIFICACIÓN DE HONGOS .....	54
EXPERIENCIA PERSONAL Y PROFESIONAL EN LA PASANTÍA .....	57
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>58</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>
ANÁLISIS DEL SITIO DE TRABAJO.....	60
RIESGOS .....	62
RIESGOS BIOLÓGICOS.....	63
RIESGO QUÍMICO .....	64
MEDIDAS DE PREVENCIÓN .....	65
ALMACENAMIENTO DE REACTIVOS.....	65
MEDIDAS DE PROTECCIÓN .....	66
MANEJO DE RESIDUOS .....	67
RESIDUOS LÍQUIDOS .....	70
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>71</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>77</b>

## RESUMEN

La minería a cielo abierto para la extracción de diferentes materiales, principalmente para el sector de la construcción presenta diversas problemáticas ambientales en Colombia, afectando al suelo de manera significativa. En el municipio de Cogua, en el departamento de Cundinamarca, se extrae principalmente arcilla para la fabricación de ladrillos; generando impactos negativos a el suelo y afectando a la fauna como la flora de este ecosistema. El objetivo de la presente pasantía fue evaluar los efectos de la aplicación de diferentes tratamientos (compost, biochar, mezcla (biochar + compost), en conjunto con microorganismos eficientes (EM) en las propiedades microbiológicas del suelo: densidad y actividad enzimática de hongos solubilizadores de fósforo y en hongos celulolíticos en 20 parcelas a estudiar incluyendo los controles. Posteriormente se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y se realizó un análisis estadístico. El resultado evidenció en las parcelas con tratamientos un aumento leve en la densidad de hongos solubilizadores de fosforo y celulolíticos, así mismo la actividad enzimática fue mayor. Las propiedades fisicoquímicas evaluadas presentan cambios significativos en la cantidad de Limo y Arena en el muestreo No. 3. Las parcelas con mezcla presentaron mayor retención de humedad, menos densidad y un aumento leve de M. O. con respecto a los otros tratamientos, el biocarbón presento un efecto recalcitrante en el suelo, las parcelas con compost presentaron mayor formación de agregados del suelo.

**PALABRAS CLAVES**

Enmiendas orgánicas, hongos celulolíticos, hongos solubilizadores de fosfato, parámetros fisicoquímicos, suelo degradado.

## INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Ecología de Suelos y Hongos Tropicales (LESYHT) de la Pontificia Universidad Javeriana, en su semillero de investigación a cargo de Amanda Varela, Ph. D. y el coordinador Juan Pineda, propuso y desarrolló un proyecto que tiene el objetivo de evaluar la aplicación de enmiendas orgánicas en la recuperación del suelo de una cantera empleada para la extracción de arcilla en la fabricación de ladrillos. Este terreno pertenece a la empresa “Arcillas La Futuro”, ubicada en el municipio de Cogua, Cundinamarca. Se estableció un experimento empleando *biochar*, compost y una mezcla de las anteriores; a los tres tratamientos se les aplicó microorganismos eficientes (EM) en parcelas de 2.25 m<sup>2</sup>. Por medio de muestreos periódicos se evaluaron propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

El presente documento de pasantía se realizó dentro del marco de este proyecto, iniciando el 22 de agosto y finalizando el 16 de diciembre del año 2022. Las principales funciones fueron evaluar el muestreo No. 1 y No. 3 del suelo a recuperar en el componente microbiológico, específicamente la densidad, actividad enzimática e identificación de morfotipos de dos grupos funcionales fúngicos: hongos solubilizadores de fosfato y hongos celulolíticos. Esto por medio de siembra de dichos hongos en medios de cultivos Picovskaya y Agar rojo congo modificado respectivamente, provenientes de muestras de suelo de las parcelas tratadas y parcelas control. Posteriormente se efectuó el conteo de UFC/g suelo, con el propósito de evaluar si la densidad de estos grupos funcionales aumenta o disminuye con relación a la aplicación de los tratamientos

empleados (enmiendas orgánicas) en el suelo afectado. La determinación de la actividad enzimática de los grupos funcionales fúngicos se realizó con el método de identificación de colonias que presentaban halo de solubilización, se midió el diámetro de cada halo para calcular el área total de actividad enzimática. La identificación de morfotipos de hongos fue establecida identificando algunos géneros que estaban presentes en dichos medios de cultivo.

Uno de los procesos de evaluación de los grupos funcionales fúngicos, incluye la evaluación del suelo como tal, para lo cual se realizaron tomas de muestreo en campo y el procesamiento de muestras para evaluar propiedades fisicoquímicas: densidad real y aparente, contenido de materia orgánica, humedad, textura, distribución de tamaños de agregados y pH.

El horario de trabajo de la pasantía fue de 5 horas diarias, iniciando labores a partir de las 8 de la mañana hasta las 12 del medio día, los recursos físicos utilizados fueron: material y equipos laboratorio, implementos, reactivos con algunas características C.R.E.T.I.B. y computadores, además de hacer uso de los servicios de la Pontificia Universidad Javeriana principalmente la esterilización de material de laboratorio y el lavado de material contaminado.

## LIMITANTES

Una de las principales limitantes de la pasantía se produjo por el uso compartido del laboratorio, cruzándose actividades y uso de equipos con otros laboratoristas, reduciendo así la optimización de actividades y generando un retraso mínimo de acuerdo al cronograma. En

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

general, no se presentaron más limitantes que influenciaran el trabajo de la pasantía, ni del proyecto del semillero. La Pontificia universidad Javeriana en general presenta instalaciones y servicios adecuados y completos a los investigadores permitiendo un trabajo eficiente.

## **ALCANCE**

El alcance de la pasantía está determinado por las labores específicas en el laboratorio LESYHT, en relación al proyecto de recuperación de suelo con enmiendas orgánicas en Cogua, Cundinamarca del semillero de investigación de la PUJ. Se definieron las labores de campo, procesamiento de muestras para análisis fisicoquímicos del muestreo No. 3 y No. 4, microbiológicos del muestreo No. 1 y No. 3.

Las actividades anteriores corresponden para cumplir con los objetivos de la presente investigación por consiguiente se basa en determinar los efectos de las enmiendas orgánicas empleadas en este estudio entre ellas el compost, el biochar, la mezcla de los anteriores junto con microorganismos eficientes en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo de extracción ladrillera de la empresa “Arcillas La Futuro”.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## **ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO**

El presente documento está conformado por el resumen además contiene las palabras clave, introducción, objetivos, aspectos generales de la organización, diseño metodológico, descripción de las actividades realizadas por el estudiante, resultados, recomendaciones, conclusiones, bibliografía y anexos. Se presenta el uso de normas APA en su séptima edición.

## **OBJETIVO DE LA OPCIÓN DE GRADO**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del uso de enmiendas orgánicas en propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de suelo con explotación ladrillera en Cogua, Cundinamarca.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar el efecto de los tratamientos de enmiendas orgánicas sobre las propiedades fisicoquímicas de los suelos degradados.
- ❖ Analizar la densidad y actividad enzimática de morfotipos de grupos funcionales fúngicos en el suelo con y sin tratamientos de enmiendas orgánicas.
- ❖ Identificar géneros de hongos con capacidad de solubilización de fósforo y celulosa.

## **ASPECTOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN**

### **CONTEXTO INTERNO DE LA ORGANIZACIÓN**

La Pontificia Universidad Javeriana es una institución de educación superior de carácter privado, dedicada a formar profesionales por medio de programas académicos principalmente de pregrado en múltiples carreras, postgrados entre ellos especialización, maestría y doctorados; dicha institución es reconocida por su alto nivel investigativo y su infraestructura moderna.

### **RESEÑA HISTÓRICA**

La PUJ es una de las universidades más antiguas de Colombia, comprende dos períodos históricos, uno colonial en la cual fue fundada en el año 1623 por la compañía de Jesús y operando hasta el año 1767 por destierro de sus dirigentes. el segundo periodo y actual

comprende desde el año 1930 donde se reinauguró la Universidad por el padre José Salvador Restrepo ejerciendo como rector. Desde entonces se ha mantenido como una de las mejores universidades de Colombia hasta la actualidad.

## MISIÓN

La Pontificia Universidad Javeriana comprometida con los principios educativos y las orientaciones de la entidad fundadora. Ejerce la docencia, la investigación y el servicio con excelencia, como universidad integrada a un país de regiones, con perspectiva global e interdisciplinar, y se propone:

- ❖ La formación integral de personas que sobresalgan por su alta calidad humana, ética, académica, profesional y por su responsabilidad social.
- ❖ La creación y el desarrollo de conocimiento y de cultura en una perspectiva crítica e innovadora, para el logro de una sociedad justa, sostenible, incluyente, democrática, solidaria y respetuosa de la dignidad humana.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## **ALCANCE GEOGRÁFICO**

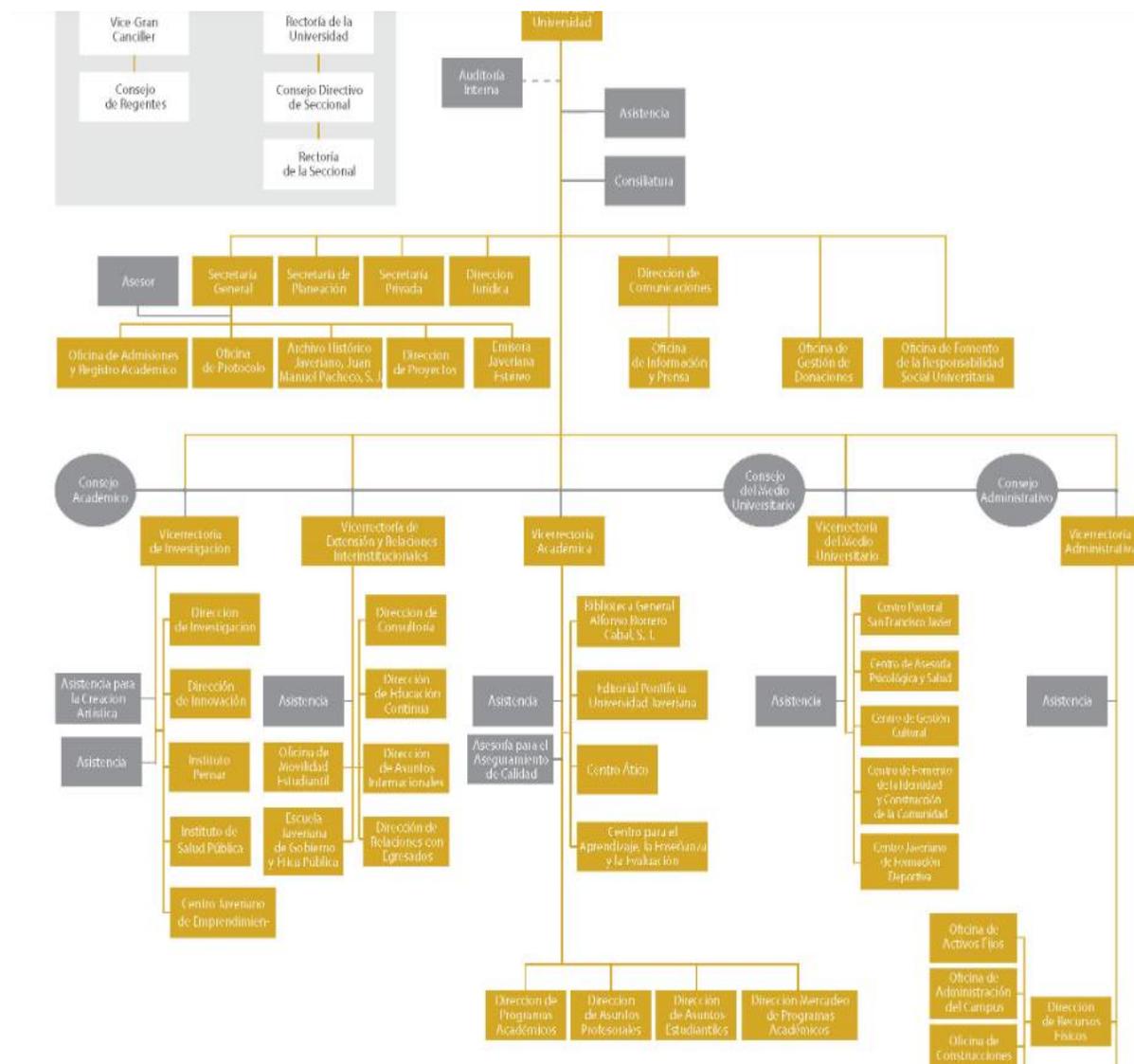
El alcance geográfico de la universidad corresponde a sus dos sedes. la sede central ubicada en la Carrera 7ma # 43-82 en la ciudad de Bogotá, Cundinamarca, con una incidencia de carácter nacional, realizando investigación y desarrollo (ID) en varias regiones del país y con su educación continua, de manera virtual, cubriendo dicho servicio a nivel nacional. La seccional en la ciudad de Cali, Valle del Cauca, presenta una incidencia de la institución de carácter regional, comprometida con investigación y labores de enseñanza de manera regional y local.

## **ORGANIGRAMA**

Integran la Comunidad Educativa Javeriana los Profesores, los Estudiantes, el Personal Administrativo y los Egresados. Todos ellos participan diversamente en la vida universitaria según las distintas funciones, experiencia y formas de vinculación a la Universidad (Estatuto PUJ, 2013). Además, se integran externamente estudiantes en función de practicantes, pasantes y tesistas que cumplan con la misión de la universidad en aumentar la investigación y contribuir a mejorar la sociedad colombiana.

**Figura 1**

*Organigrama de la Pontificia Universidad Javeriana*



*Nota. Adaptado de Esquema organizacional de la Pontificia Universidad Javeriana.*

Tomado de PUJ. 2020. <https://www.javeriana.edu.co/web/institucional/organigrama>

## **DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO DE LA OPCIÓN DE GRADO**

### **LABORATORIO DE ECOLOGÍA DE SUELOS Y HONGOS TROPICALES (LESYHT)**

El LESYHT hace parte del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana. Este Departamento tiene como misión buscar fortalecer las capacidades y competencias científicas para el estudio, conservación y uso sostenible de la biodiversidad. La investigación está enfocada en las áreas de genética, biotecnología vegetal y ambiental, sistemática, ecología tropical y biología de la conservación (PUJ, s.f.).

El laboratorio está a cargo de Amanda Varela, Ph. D. y se ubica en el edificio 53. Se planteó el actual proyecto de investigación de recuperación del suelo explotado por la ladrillera, tratado con enmiendas orgánicas y organismos eficientes en el año 2022 por parte del coordinador Juan Pineda. Este proyecto hace parte del Semillero de Ecología de Suelos y Hongos Tropicales. Desde el inicio del proyecto se han realizado cuatro muestreos. La presente pasantía inició en el mes de agosto realizando el tercero y cuarto muestreo, hasta fin de labores en el mes de diciembre.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## MARCO TEÓRICO

La industria ladrillera es muy importante en Colombia, ya que se concentra en la zona rural y es el sustento de gran cantidad de familias de escasos recursos que no tienen capacidad de inversión (Cámara de Comercio de Bogotá, 2013), estableciéndose como una actividad económica de gran importancia social. Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo (Moreno, 1981). Se estima que en el país hay alrededor de 1.500 a 2.000 empresas ladrilleras, las cuales producen alrededor de 350,000 t/mes de ladrillos y alrededor 4'200.000 t/año, usando un promedio de 0.22 t de carbón/ t de ladrillo producido (Construdata, s.f.).

El departamento de Cundinamarca cuenta con un porcentaje de participación del 22.69 % de la industria ladrillera a nivel nacional y se estima una cantidad de arcilla cocida anual de 3'263.473 t/año (CAEM, 2015). Cogua, es un municipio de dicho departamento, que se encuentra ubicado en la Sabana Norte de Bogotá. Cuenta con una extensión total de 113 km<sup>2</sup>, ubicada a 2.600 m de elevación con una temperatura promedio de 14 °C. Limita por el norte con el municipio de Tausa, por el oriente con Nemocón, por el Occidente con Pacho y por el sur con Zipaquirá (Municipio de Cogua, 2016). En los últimos 50 años, dicha vocación agraria ha venido cambiando, pues en el municipio han entrado varios actores, comenzado a explotar otros activos

del municipio, como el turismo gastronómico, el turismo ecológico, la producción de vidrio, la extracción de arcilla y la producción de ladrillo en diferentes escalas (Municipio de Cogua, 2016). Según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) vigente en el municipio de Cogua, por medio del acuerdo 22 del 21 de septiembre de 2000 estableció en su artículo 544, que la Zona Minera para la explotación de arcillas corresponde a las áreas localizadas en las veredas El Olivo, Rincón Santo y Casa Blanca, que cuentan con una extensión conjunta de 86 ha (Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 2000).

La minería a cielo abierto genera pérdida de la cobertura vegetal que ocupa un área específica dentro de un ecosistema. Esta cobertura cumple funciones como la captación y almacenamiento de energía, refugio de la fauna, y previene procesos erosivos del suelo, entre otros. Además, representa una modificación radical de la morfología, condiciones de inestabilidad, sedimentación de cauces por arrastre de materiales y escorrentía, e intervención de áreas de recarga de acuíferos (MAVDT, 2010). Para Gibbs y Salmon (2015) los suelos degradados presentan una reducción en la productividad de la tierra o suelo debido a la actividad humana; esto incluye una serie de cambios físicos, químicos y biológicos. El suelo a nivel microbiológico es reconocido como uno de los sitios que presenta interacciones biológicas más dinámicas en la naturaleza. Contiene bacterias, hongos, algas y protozoarios que intervienen en el ciclaje de nutrientes, y preservan la salud y la estructura del suelo, aumentando la fertilidad, convirtiendo los sustratos en formas asimilables o disponibles que contribuyen al sostenimiento del crecimiento vegetal (Atlas & Bartha, 2002; Coyne, 2000; Silvia, 2005). Según lo anterior,

estos microorganismos cumplen un papel importante en la dinámica del suelo y pueden agruparse en grupos funcionales, de acuerdo con su papel en el ecosistema. Los grupos funcionales microbianos del ciclo del C y del N han sido ampliamente estudiados en el suelo, corresponden a microorganismos celulolíticos, amilolíticos, ligninolíticos, fijadores de nitrógeno, proteolíticos, amonizantes, nitrificantes y desnitrificantes evaluados a través de la degradación de sustratos específicos (Beltrán-Pineda et al., 2017; Diosma y Balatti, 1998; Sánchez y Sanabria, 2009; Torres y Lizarazo, 2006), estos son de gran importancia debido a que los grupos funcionales de microorganismos involucrados en diferentes etapas de los ciclos de nutrientes son parte integral de los procesos de revegetalización y pueden ser usados como indicadores de la calidad del suelo o como una herramienta biotecnológica disponible para reducir su erosión en general (Bashan et al., 2015). En este estudio se evalúan los microorganismos celulolíticos. Los cuales en los sustratos con carbohidratos desempeñan un papel determinante (Rodríguez et al., 2006), y el grupo funcional de los solubilizadores de fosfato que está presente en varios tipos de ecosistemas tanto naturales como agroecosistemas (Beltrán, 2014), por consiguiente, el análisis de estos microorganismos es fundamental para determinar el estado del suelo virgen o intervenido.

Se entiende que recuperar suelos degradados es restablecer sus principales funciones biológicas, físicas y químicas, para lo que se puede utilizar diferentes métodos y estrategias. Entre estas se encuentra la incorporación de enmiendas orgánicas de los residuos de las actividades agrícolas como el biochar, el compost y el vermicompost (Porta et al., 2003;

Delgado-Moreno y Peña, 2009; Melgarejo, 1997; Orozco et al., 2016). El biochar o biocarbón es un carbón generado por biomasa residual. Es un producto sólido rico en C que se obtiene mediante el pirólisis de la materia orgánica a temperaturas entre 300-900°C (Lehmann y Joseph, 2009). Los principales beneficios del biochar que se han demostrado son la mejora a largo plazo de las propiedades físicas y químicas del suelo (Altland y Locke, 2012). al ser aplicado al suelo se convierte en materia orgánica rica en carbono que se utiliza sobre todo para mejorar los suelos degradados o contaminados por metales pesados. Al mismo tiempo mejora las propiedades fisicoquímicas, capacidad de intercambio catiónico (CIC), regula el pH y ayuda a retener el agua (Quevedo y Tenesaca, 2019). También se ha considerado que el empleo de nuevas tecnologías como el uso de biofertilizantes, microorganismos y fertilizantes minerales para mejorar una deficiente fertilidad del suelo, podría verse apoyada por el empleo del biocarbón (Yamoah et al., 2002).

Por otra parte, una de las enmiendas orgánicas más empleadas es el compost. Según Soto (2003), el compost es un proceso biológico controlado de transformación de la materia orgánica a humus a través de la descomposición aeróbica. Se denomina compost al producto resultante del proceso de compostaje. Por su parte, la FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes. El proceso de compostaje incluye diferentes etapas que deben cumplirse para obtener compost de calidad (Román, 2013).

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

De acuerdo al tipo de investigación de carácter experimental y de enfoque cuantitativo del presente proyecto, se describen los métodos usados en la fase de campo y de laboratorio, para cada uno de los tres objetivos específicos.

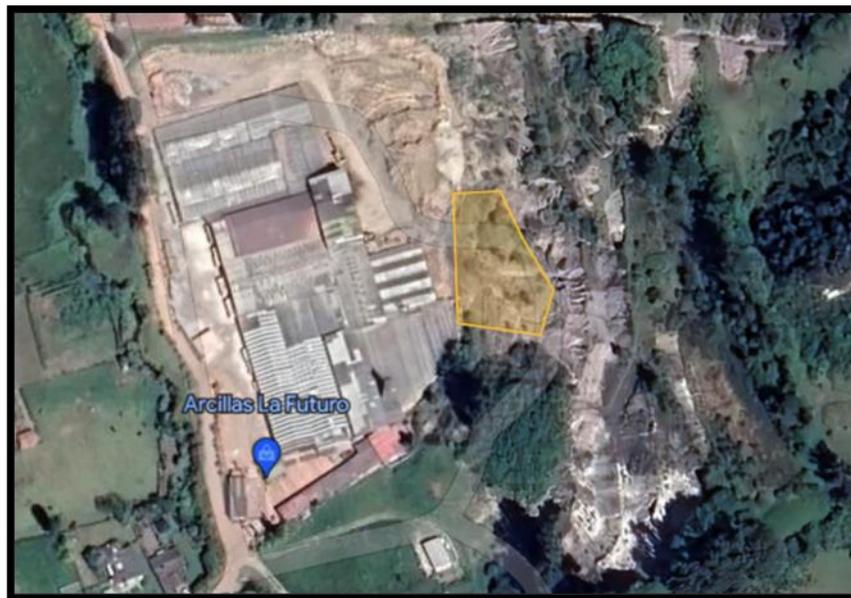
## **ÁREA DE ESTUDIO**

El presente proyecto de evaluación de la recuperación de suelo usando enmiendas orgánicas y microorganismos eficientes (EM), se localiza en el predio de la empresa “Arcillas la Futuro” ver Figura 2, la cual se encuentra en el kilómetro 5 de la vía Zipaquirá a Ubaté, en la vereda Susagua, en el municipio de Cogua, Cundinamarca. Las coordenadas de ubicación de la empresa son: 5° 02' 59'' N, 73° 58' 16.8'' O.

El municipio de Cogua presenta un ecosistema de relictos de bosque altoandino, pastizales y zonas arbustivas (Arias, 2016). Se evidencia un paisaje con una alta alteración antrópica principalmente a causa de la minería y floricultura. En la cantera de extracción de material para la fabricación de ladrillos de la empresa mencionada, se encuentra al costado nor-oriental del predio de la empresa, en la Fig. 2 se delimito el área de influencia del proyecto en donde se realizaron 20 parcelas de 2.25 m<sup>2</sup>.

**Figura 2**

*Predio de arcillas la Futuro*



*Nota. Imagen satelital de Arcillas la Futuro (2021, 13 de octubre). [Imagen], por Google*

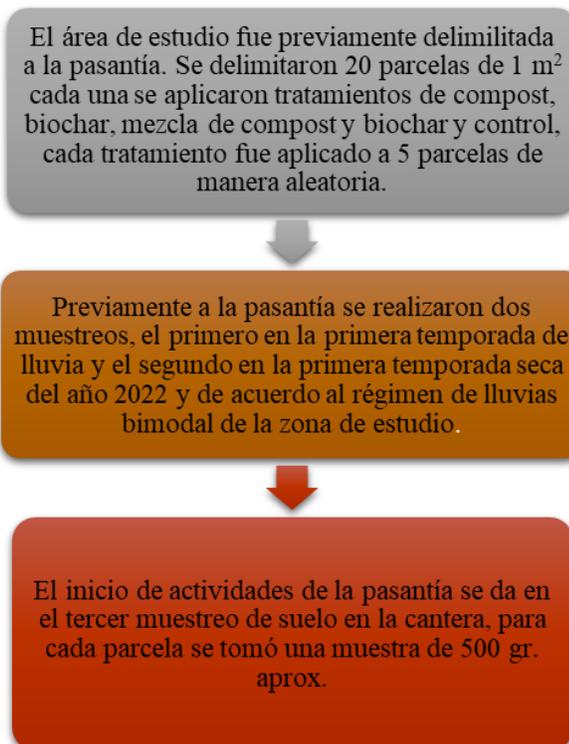
Earth, 2020. CC BY 2.0

## FASE DE CAMPO

En esta fase se visitó una vez la zona de estudio para realizar el tercer muestreo y tener un contexto general de la actividad de la empresa, además de observar los impactos al ecosistema de la extracción de material para fabricación de ladrillos. Los muestreos previos antes de la pasantía corresponden No.1 y No. 2 al. En la Figura 3, Se indica el proceso realizado en esta fase.

**Figura 3**

### *Actividades Pre-Pasantía*



*Nota.* Actividades realizadas en el proyecto antes de iniciar la pasantía en el mes de mayo del 2022

**OBJETIVO ESPECÍFICO 1:**

**EVALUAR LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS**

La medición de parámetros fisicoquímicos del suelo de la cantera de la ladrillera, se realizó por medio de los protocolos para el análisis del suelo del Laboratorio de Ecología de Suelos y Hongos Tropicales (LESYHT). Los parámetros evaluados se indican en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Parámetros fisicoquímicos evaluados del suelo*

<b>Parámetro</b>	<b>Método / Técnica</b>	<b>Unidad de medida</b>
Agregados del suelo	Tamiz Eléctrico, (McDowell al. 2006)	g
Densidad Aparente	Método del cilindro (Andrades 1996, USDA 1999).	g/cm <sup>3</sup>
Densidad Real	Método del picnómetro	g/cm <sup>3</sup>

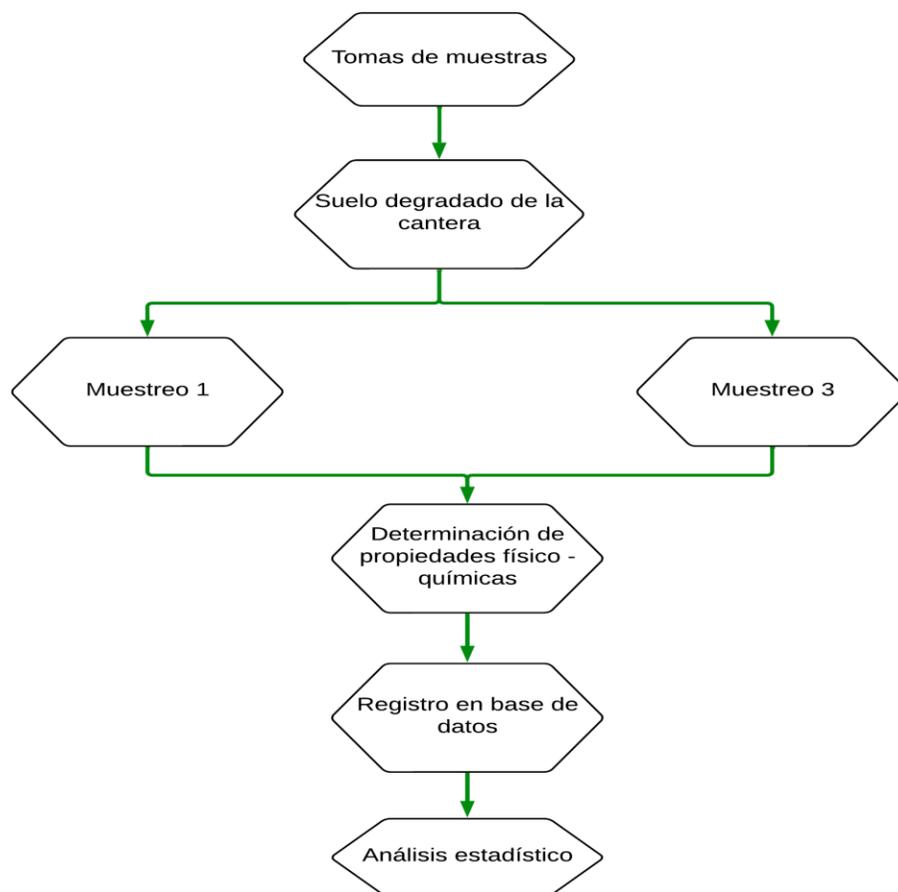
Humedad	Método gravimétrico (Andrades 1996, Pikul 2003)	%
Materia Orgánica (M.O.)	Método de pérdidas de peso por ignición	%
pH	Suelo en agua y en cloruro de potasio, (Andrades 1996, EPA 1999)	Escala de 0 a 14
Textura	Método de Bouyoucos (Cooper 1982, Norambuena et al. 2002).	%

*Nota.* Determinación de parámetros fisicoquímicos a partir de muestras de suelos de la cantera.

Se analizaron los parámetros fisicoquímicos mencionados en la Tabla 1. Para el tercer muestreo realizado en el mes de agosto y el cuarto muestreo realizado en el mes de octubre, se indican las etapas generales para procesar muestras de suelo, ver Figura 4

**Figura 4.**

*Etapas para el procesamiento de muestras de suelo*



*Nota.* Se presentan las actividades generales en la pasantía para determinar las propiedades fisicoquímicas.

**OBJETIVO ESPECÍFICO 2 Y 3:****ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

El suelo de la cantera de la ladrillera, al tener pérdida de horizontes superficiales los tratamientos de enmiendas orgánicas empleados afectan de manera directa el suelo y su componente biológico y microbiológico.

**EVALUACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES FÚNGICOS**

En la presente pasantía se escogió evaluar la densidad y actividad enzimática de los hongos solubilizadores de fósforo y hongos celulolíticos. Los parámetros microbiológicos evaluados se indican en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

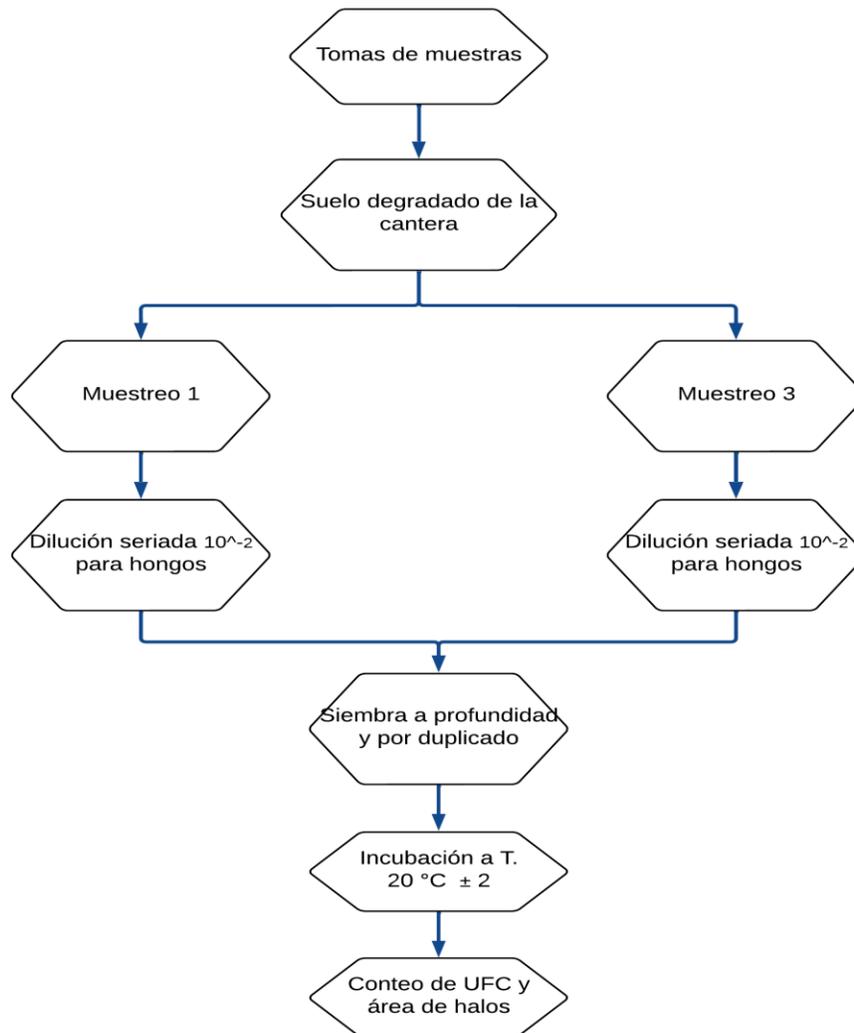
*Análisis microbiológicos empleados en el suelo*

<b>Parámetro</b>	<b>Método / Técnica</b>	<b>Unidad de medida</b>
Densidad	Dilución seriada en placa profunda y recuento de colonias	Log UFC/g
Actividad enzimática	medición y área total de halos	cm <sup>2</sup>
Identificación	Observación macroscópica y microscópica	N/A

Nota. La tabla representa las propiedades microbiológicas utilizadas.

**Figura 5.**

*Etapas para el procesamiento de muestras de suelo*



*Nota.* Se presentan las actividades generales en la pasantía para determinar las propiedades microbiológicas.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

Con el fin de estimar la densidad de dichos grupos funcionales fúngicos se aplicó el método de diluciones seriadas a placa profunda (Alexander, 1998). Primeramente, para estandarizar las diluciones de siembra, seleccionada la dilución, se procedió a realizar la siembra por duplicado de hongos solubilizadores de fósforo en medio de cultivo Picovskaya (Vásquez et al., 2000) y hongos celulolíticos en medio de celulosa modificado (Wollum, 1982).

Posteriormente las placas se incubaron a  $20^{\circ} \text{C} \pm 2$  para simular la temperatura del suelo de la zona de estudio y por un tiempo de 7 días. Luego se procedió a realizar el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC/g). Las colonias que presentaron halo fueron tomadas como positivas para la asimilación de fósforo o celulosa según corresponda en su medio de cultivo y se procedió a realizar la medición del diámetro del halo y del diámetro de la colonia que la generó con el fin de cuantificar el área total de actividad enzimática en cada placa Petri, Ver Figura 5.

Los morfotipos de los dos grupos funcionales fueron identificados por medio del método de repique de colonias de los medios de cultivo originales a medio de cultivo MEA (Extracto de malta agar). Se incubaron a  $25^{\circ} \text{C} \pm 2$  durante 9 días y posteriormente se tomaron fragmentos de las colonias con esporas para realizar el montaje en láminas con la tinción de azul de lactofenol y observadas al microscopio para la identificación de la morfología de cada colonia.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La determinación de si un tratamiento obtuvo una diferencia significativa entre los demás en los parámetros fisicoquímicos o microbiológicos del suelo, se realizó por medio de una comparación entre los tratamientos de enmiendas orgánicas empleados en el suelo. Se empleó el programa estadístico Past V. 4.12. Primero se realizó la prueba de Shapiro Wilk para determinar si los datos presentaban una distribución normal, seguido de un análisis de homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Posteriormente se usó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y una prueba *a posteriori* de Mann Whitney para los parámetros fisicoquímicos o microbiológicos que presentaron una diferencia significativa entre los tratamientos para todas las pruebas se empleó un nivel de significancia de 0.05.

## DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES EJECUTADAS POR EL ESTUDIANTE.

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

#### Actividad 1:

Consiste en un muestreo en campo en la ladrillera “Arcillas La Futuro”. Se tomaron 20 muestras de suelo de 500 g aproximado de cada parcela, además se tomó la densidad aparente por medio de inserción de cilindros metálicos en cada parcela, registro de datos en libreta de

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

campo y registro fotográfico. El resultado fue obtener muestras necesarias para estudiar las propiedades del suelo.

**Actividad 2:**

Se asistió a la inducción de las ubicaciones de los laboratorios y servicios que presta la Pontificia Universidad Javeriana junto con una capacitación por parte del coordinador del Semillero de investigación en manejo de materiales, equipos y procesamiento de muestras de suelo para análisis fisicoquímicos.

**Actividad 3:**

La tercera actividad consistió en realizar un inventario de reactivos químicos en las bodegas y estantes de almacenamiento empleados por el laboratorio de ecología de suelos y hongos tropicales (LESYHT), con el propósito de cuantificar número de reactivos y cantidades, obteniendo un documento Excel empleado por los usuarios del laboratorio para encontrar reactivos y determinar falta o necesidad de adquirir nuevos.

**Actividad 4:**

Se procedió a realizar todos los análisis fisicoquímicos del suelo, que comprenden la humedad del sustrato, la cantidad de materia orgánica, la textura, la densidad real y aparente, la distribución de agregados y el pH. La determinación de estas propiedades se realizó para las 20 parcelas en estudio del tercer y cuarto muestreo, procesando 40 muestras en total. Se registraron

los datos en una base de datos. Las labores anteriores permitieron realizar los análisis de grupos funcionales microbiológicos entre ellos, los mencionados anteriormente, resaltando la gran importancia esta actividad para la continuación del proyecto de investigación.

**Actividad 5:**

comprende el análisis de grupos funcionales fúngicos asignados: los hongos solubilizadores de fósforo y hongos celulolíticos. Esta se realizó por medio de siembra a profundidad de estos microorganismos en medios de cultivo selectivos para cada uno; posteriormente se efectuó a realizar un recuento de las colonias y actividad enzimática. Se resalta el valor estratégico al ser el primer análisis microbiológico del suelo del suelo a recuperar en el presente proyecto de investigación del semillero de la PUJ.

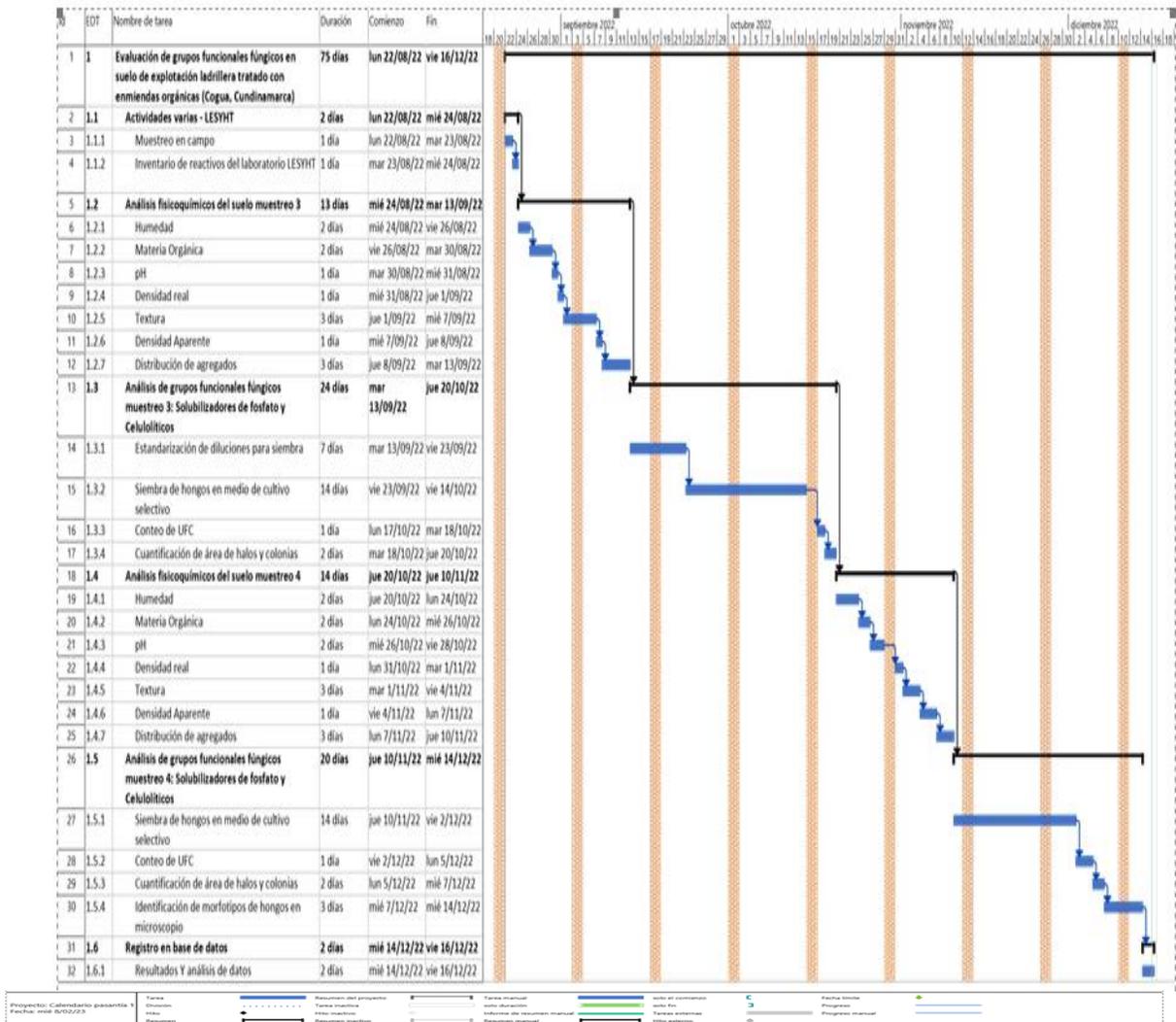
**Actividad 6:**

La sexta actividad comprende un análisis estadístico de los datos microbiológicos y fisicoquímicos del suelo, por medio de uso de pruebas no paramétricas y gráficos entregados en una base de datos. El presente análisis permite dar una idea del comportamiento inicial de los grupos funcionales estudiados relacionado las propiedades fisicoquímicas en el suelo con los tratamientos empleados y los controles.

Las etapas y fechas de actividades de la pasantía se definieron en el programa Project de Microsoft V. 2301, especializado en asignar tareas y diagramas de Gantt, como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Cronograma de actividades en la pasantía*



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

*Nota.* La tabla representa el cronograma de actividades durante la pasantía.

## **ORGANIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES**

### **RECOLECCIÓN DE DATOS Y LITERATURA**

Los datos se obtuvieron de fuentes primarias y secundarias. En el caso de fuentes primarias por medio de recolección de muestras en campo y llevadas al laboratorio para su posterior análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, registro de datos y su posterior interpretación, datos de anteriores análisis de un estudiante de trabajo de grado de la Pontificia Universidad Javeriana vinculado al semillero de investigación. Las fuentes secundarias utilizadas fueron la recolección de datos meteorológicos de la página de la alcaldía municipal de Cogua y de páginas de meteorología. La literatura procede de fuentes primarias de artículos científicos, tesis e informes técnicos extraídos de base de datos y repositorios de universidades.

### **SOPORTE TÉCNICO O PRÁCTICO DE LAS ACTIVIDADES**

Los soportes técnicos utilizados provienen de protocolos usados en el Laboratorio de Ecología de Suelos y Hongos Tropicales, los cuales contiene métodos y técnicas específicos, indicando los materiales, equipos y tiempos para la correcta determinación de los parámetros del suelo. Según las actividades empleadas se usaron los siguientes protocolos:

- Protocolo para el análisis de la textura del suelo

- Protocolo para el análisis de humedad del suelo
- Protocolo para el análisis de pH del suelo
- Protocolo para el análisis de agregados del suelo
- Protocolo para el análisis de densidad real del suelo
- Protocolo para el análisis de densidad aparente del suelo
- Protocolo para el análisis de materia orgánica del suelo
- Protocolo para la siembra de grupos funcionales de hongos y bacterias

## **RECURSOS HUMANOS**

Los principales recursos humanos vinculados al semillero de investigación se relacionan de manera directa e indirecta al proyecto, ver Tabla 4.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental
---	---	---

**Tabla 4**

*Recursos Humanos del proyecto de investigación*

<b>o.</b>	<b>Nombres y apellidos</b>	<b>Profesión u ocupación</b>	<b>Función básica dentro del proyecto</b>	<b>Tiempo de Dedicación</b>
	Amanda Varela	Microbióloga y bióloga	Gestión, planificación, diseño y seguimiento del proyecto de pasantía (Directora de pasantía)	4 meses
	Juan Camilo Pineda	Biólogo	Inducción y capacitación en muestreos fisicoquímicos del suelo	3 semanas
	Funcionaria del cuarto de lavado y esterilización	N/A	Servicio de esterilizar material, medios de cultivo y lavado de material contaminado.	2 meses
	Jennifer Vanegas	Tesisista para la carrera de Bacteriología	Capacitación en temas microbiológicos	2 meses
	Karen Vázquez	Tesisista para la carrera de	Capacitación en temas microbiológicos	2 meses

		Bacteriología		
	Funcionaria de servicio de aseo	N/A	Limpieza y desinfección de laboratorio, recolección de residuos ordinarios, aprovechables y peligrosos.	4 meses

### **METAS PROPUESTAS E INDICADORES**

Los indicadores son de tipo biológico, físico y químico, adaptados para las muestras de suelo, como se puede ver en el Tabla 5. Estos indicadores están relacionados con los objetivos y metas de la pasantía.

**Tabla 5**

*Indicadores en el análisis de suelo*

Objetivos específicos	Indicadores	Metas
<p>Evaluar el efecto de los tratamientos de enmiendas orgánicas sobre las propiedades fisicoquímicas de los suelos degradados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de muestras analizadas por muestreo/ Número total de muestras recolectadas por muestreo.</li> <li>• Número de muestras con medición de pH / Número total de muestras a medir pH.</li> <li>• Número de muestras con medición de humedad/ Número total de muestras a medir humedad.</li> <li>• Número de muestras con medición de densidad aparente / Número total de muestras a medir densidad aparente.</li> </ul>	<p>Medir los parámetros físicos del muestreo 3</p>
		<p>Medir los parámetros químicos del muestreo 4</p>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Número de muestras con medición de textura/ Número total de muestras a medir textura.</li><li>• Número de muestras con medición de densidad real/ Número total de muestras a medir densidad real.</li><li>• Número de muestras con medición de agregados / Número total de muestras a medir agregados.</li><li>• Número de muestras con medición de materia orgánica / Número total de muestras a medir materia orgánica</li></ul>	
--	--	--

<p>Analizar la densidad de hongos celulíticos en el suelo con y sin tratamientos de enmiendas orgánicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numero de Petris analizadas con el recuento de UFC sembradas con hongos celulíticos / Número total de petris que necesitan recuento de UFC sembradas con hongos celulíticos</li> </ul>	<p>Cuantificar las colonias en las cajas de Petri con medio de cultivo Agar rojo Congo para el muestreo No. 3 y No. 4</p>
<p>Analizar la actividad enzimática de hongos celulíticos en el suelo con y sin tratamientos de enmiendas orgánicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numero de colonias cuantificadas con halo en cada caja de Petri/ Número total de colonias con halo en todas las cajas de Petri</li> <li>• No. de petris analizadas con actividad enzimática / No. total de petris con actividad enzimática</li> </ul>	<p>Cuantificar el área de actividad enzimática en todas las cajas de Petri con medio de cultivo Agar rojo Congo para el muestreo No. 3 y No. 4</p>

<p>Analizar la densidad de hongos solubilizadores de fosfato en el suelo con y sin tratamientos de enmiendas orgánicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numero de Petris analizadas con el recuento de UFC sembradas con hongos solubilizadores de fosfato/ Número total de petris que necesitan recuento de UFC sembradas con hongos solubilizadores de fosfato.</li> </ul>	<p>Cuantificar las colonias en las cajas de Petri con medio de cultivo Picovskaya para el muestreo No. 3 y No. 4</p>
---	---	--

*Nota.* Indicadores que reflejan el avance y cumplimiento de los procesos para el análisis de suelo en la presente pasantía.

## **PROPUESTA TÉCNICA**

Uno de los componentes más importantes en el actual documento de pasantía es la eficiencia para procesar las muestras de suelos, con el objetivo de evitar el derroche y desperdicio de éstas. Se han empleado estrategias como empalmes entre practicantes y/o pasantes salientes y entrantes, capacitaciones y prácticas con bajas cantidades de muestras a procesar. Esto permitió tener un primer contacto con el fin de mejorar la agilidad por parte del laboratorista, obteniéndose buenos resultados, como el aumento en la eficiencia, reducción de tiempo y gasto en reactivos, energía eléctrica y otros insumos al analizar muestras tanto en

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

aspectos físico, como los químicos y microbiológicos del suelo. Sin embargo, se aprecia una metodología sin orden cronológico entre los análisis. Dejando al laboratorista tener libre decisión, ocasionando el no reúso de la muestra o cantidad de suelo en otros análisis de las propiedades.

La propuesta técnica en la presente pasantía tiene características de mejorar la eficiencia al procesar las muestras. Se formula un documento que permite relacionar en orden cronológico y jerarquizado los análisis fisicoquímicos. Se basa en el principio del reúso; se establece que las muestras o cantidad de suelo al ser analizadas en un parámetro se puedan usar en los otros parámetros, teniendo en cuenta que el siguiente parámetro al analizar no se haya visto afectado por el proceso anterior. Como resultado del uso de este documento el laboratorista aumentará la eficiencia en los procesos, reducirá el tiempo empleado y conservará una mayor cantidad de muestra de suelo, para futuros análisis. Los beneficios potenciales a la institución de educación superior son una reducción de energía eléctrica en uso de equipos y materiales. Este documento fue entregado a la directora del semillero de investigación para su posterior aval.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## RESULTADOS

### PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

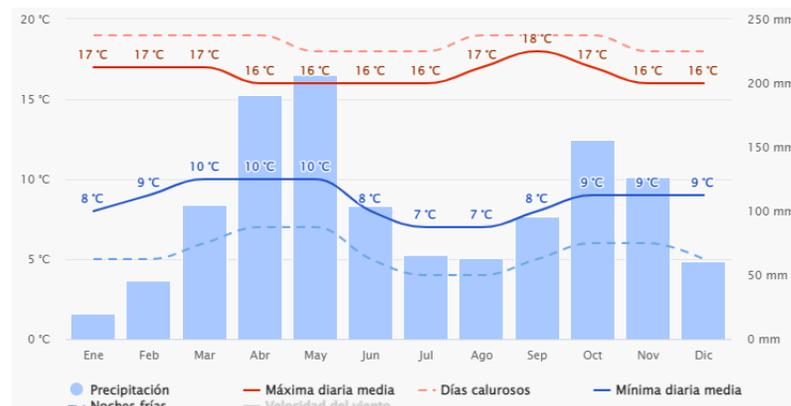
Lo valores promedio de la cantidad de materia orgánica en el suelo para el muestreo No. 1 fue ligeramente mayor en parcelas tratadas con la mezcla, seguido de parcelas tratadas con biochar, parcelas control y finalmente parcelas con aplicaciones de compost. Entre tratamientos no se obtuvieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). El muestreo No. 3 siguió con la misma tendencia, en donde el mayor valor promedio de M.O. lo presentaron las parcelas con la mezcla, a diferencia de las parcelas con compost que superaron a las parcelas control; y en último lugar las parcelas con biochar. Comparando el muestreo No. 1 y No. 3 se evidenció una reducción en el valor promedio de M. O. en todas las parcelas con tratamientos y las parcelas control. Los valores promedio de cada parámetro fisicoquímico para cada tratamiento de enmiendas orgánicas y control del muestreo No. 1 y No. 3 se pueden observar en el anexo A y B, página 75 y 76, respectivamente.

La cantidad promedio de humedad en el suelo fue menor para las parcelas sin tratamiento en el muestreo No. 1. Por lo tanto, las parcelas tratadas con enmiendas orgánicas obtuvieron un ligero aumento de humedad; este resultado es lo esperado. Caso contrario se presentó para el muestreo No. 3 en donde las parcelas con menor humedad fueron las tratadas con biochar, compost y control, respectivamente. Las parcelas con mayor humedad se reportaron como las que estaban acondicionadas con la mezcla de enmiendas orgánicas. Según (Downie et al., 2009)

esto puede deberse a que no todos los biocarbónes pueden no mejorar la retención de agua del suelo en una amplia gama de condiciones de humedad de este. Una segunda posible causa puede deberse a la fecha de realización del primer y el tercer muestreo, ya que el primer muestreo se realizó en la primera temporada de lluvias en el mes de abril y el tercer muestreo en el mes de agosto, en la segunda temporada seca del año, ver Figura 6.

**Figura 6**

*Histograma de precipitación y temperatura media máxima y media mínima en Cogua.*



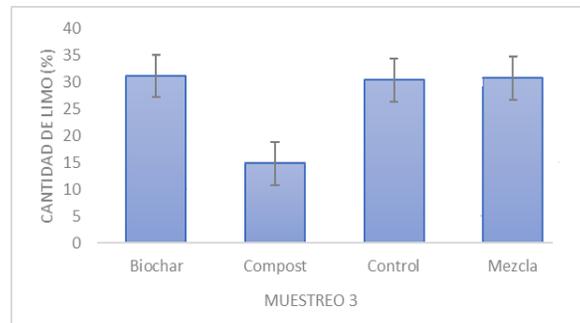
*Nota.* Datos de la precipitación, temperatura máxima y mínima en el municipio de Cogua, Cundinamarca. Reproducida de Temperaturas medias y precipitaciones, de Meteoblue, 2022. ([https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/cogua\\_colombia\\_3686134](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/cogua_colombia_3686134)). CC BY-NC

Lo suelos presentes en el predio de la cantera de la ladrillera “La Futuro” presentan una textura arcillosa, con diferencias pequeñas entre la composición de limo y arena (ver Anexo 1). Este resultado es el esperado, ya que según la (CAR, 2001) el municipio de Cogua presenta arcillolitas y limolitas, debido a esta formación rocosa de arcillolitas se presenta dichos suelos arcillosos de grano fino, este resultado se reflejó en los dos muestreos de la textura del suelo.

En el análisis de las parcelas con tratamientos y sin tratamiento se obtuvo una diferencia significativa en la textura, específicamente en la cantidad de limo y arena presente en el suelo procedente del muestreo 3 ( $P < 0.05$ ). Principalmente el limo obtuvo una diferencia entre el biochar, compost, la mezcla (biochar + compost) y el control, en la Figura 7. Se observa el porcentaje promedio de limo en suelo tratado con enmiendas orgánicas y sin tratamiento. La cantidad de arcillas no presentó diferencias significativas debido a que estos suelos en su mayor composición son arcillosos y de ahí su potencial para la fabricación de ladrillos; en el caso de la arena se obtuvo diferencia significativa entre biochar, compost y el control ( $P < 0.05$ ), exceptuando la mezcla, en la Figura 8 se indica la cantidad de arena en los suelos tratados y no tratados.

**Figura 7**

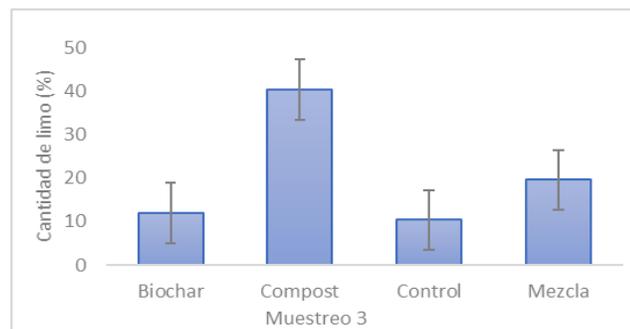
*Porcentaje de Limo en Suelos Tratados y Control*



*Nota.* El gráfico representa el valor promedio del porcentaje de limo en las parcelas tratadas con enmiendas orgánicas y parcelas control en el muestreo No. 1 año 2022.

**Figura 8.**

*Porcentaje de arena en suelos tratados y control*



*Nota.* El gráfico representa el valor promedio del porcentaje de limo en las parcelas tratadas con enmiendas orgánicas y parcelas control en el muestreo No. 3 año 2022.

El pH para el suelo de las parcelas del muestreo No. 1 fue más ácido con un rango de valores promedio de 4.9 a 5.5 para todas las parcelas, mientras que los valores promedio para el muestreo No. 3 cambiaron dando como resultado suelos ligeramente ácidos de 6.1 a 6.3, según menciona (Van Zwieten et al. 2010). La mayoría de los biocarbónes son alcalinos ( $\text{pH} > 7$ ), y dependiendo de la dosis aplicada al suelo pueden ejercer un efecto de encalado sobre el mismo. Entre los suelos tratados y los controles no se obtuvo diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

La densidad aparente en el primer muestreo fue menor para parcelas con la mezcla, seguido de parcelas con biochar, compost y control respectivamente ver datos en el anexo 1. Este resultado concuerda con lo encontrado con la literatura, como indica Olmo (2016), la adición de biochar redujo la densidad aparente y la compactación del suelo. Caso contrario ocurrió con el muestreo No. 3 donde se presentaron parcelas con tratamientos que obtuvieron una mayor densidad primeramente el control, el biochar y la mezcla, el compost presentó la menor densidad aparente.

Para los parámetros fisicoquímicos como materia orgánica, humedad, agregados del suelo, pH, densidad real y aparente no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ). sin embargo, las parcelas con tratamiento de compost presentaron en el suelo un aumento leve de formación de agregados de mayor tamaño con respecto a los otros tratamientos

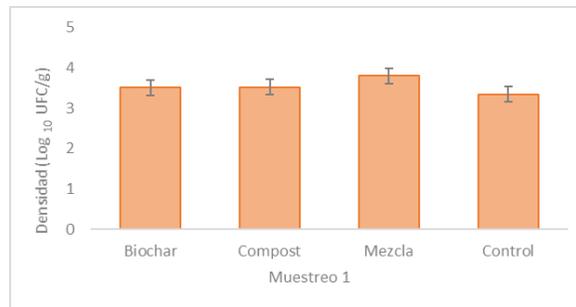
	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## GRUPOS FUNCIONALES FÚNGICOS

La densidad y actividad enzimática de hongos celulolíticos no presentaron una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre todas las parcelas con tratamientos (biochar, compost y mezcla) y las parcelas controles correspondiente al muestreo No. 1. Sin embargo, se evidencia una mayor densidad en las parcelas con tratamiento de mezcla (50 % biochar y 50 % compost) con un valor promedio de 3,81 Log UFC/g, seguido por las parcelas con compost con 3,53 Log UFC/g, parcelas con biochar con 3,51 Log UFC/g, y parcelas control con 3,34 Log UFC/g, ver Figura 9. La actividad enzimática reflejada con los halos producidos de hongos celulolíticos fue mayor para la mezcla con  $6,95 \text{ cm}^2$ . Esto es acorde con la densidad de hongos presentada para este tratamiento; sin embargo, el biochar con  $4,66 \text{ cm}^2$  superó al compost con  $2,45 \text{ cm}^2$  y finalmente las parcelas control con  $1,60 \text{ cm}^2$ . Downie et al. (2009) indican que el aumento de la capacidad de retención de agua y del contenido de nutrientes tras la adición del biochar puede beneficiar a la actividad microbiana.

## Figura 9

*Densidad de hongos celulolíticos en el muestreo No. 1*

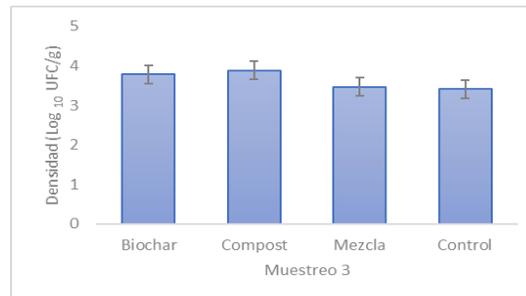


*Nota.* El gráfico representa el promedio  $\pm$  desviación estándar de la densidad de hongos Celulolíticos en las parcelas tratadas con enmiendas orgánicas y parcelas control en el muestreo No. 1, año 2022.

El muestreo No. 3 se mantuvo la misma tendencia del muestreo No. 1, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ). La densidad fue mayor para las parcelas tratadas con compost con un valor promedio de 3,88 Log UFC/g, seguido con las parcelas con biochar con 3,78 Log UFC/g, las parcelas con mezcla obtuvieron 3,47 Log UFC/g y las parcelas controles con 3,41 Log UFC/g. ver Figura 10. La actividad enzimática en las parcelas con biochar fue de 10,2 cm<sub>2</sub>, seguido de las parcelas con mezcla que obtuvieron 8,8 cm<sub>2</sub>, las parcelas con compost con 6,7 cm<sub>2</sub> y las parcelas control con 3 cm<sub>2</sub>.

## Figura 10

*Densidad de hongos celulolíticos en el muestreo 3*

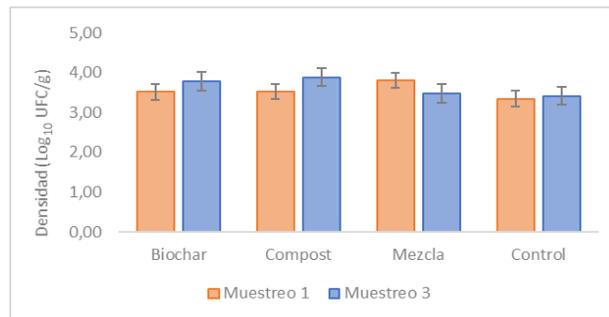


*Nota.* El gráfico representa el promedio  $\pm$  desviación estándar de la densidad de hongos Celulolíticos en las parcelas tratadas con enmiendas orgánicas y parcelas control en el muestreo No. 3, año 2022.

En el muestreo No. 3 se evidenció una mayor densidad de hongos celulíticos que el muestreo No. 1, excepto en las parcelas con mezcla. ver Figura 11. Este resultado es el esperado por el motivo de que con mayor cantidad de tiempo desde la aplicación de las enmiendas orgánicas al suelo se prevé una mayor actividad microbológica en el suelo.

## Figura 11

*Densidad de hongos celulolíticos entre muestreos*



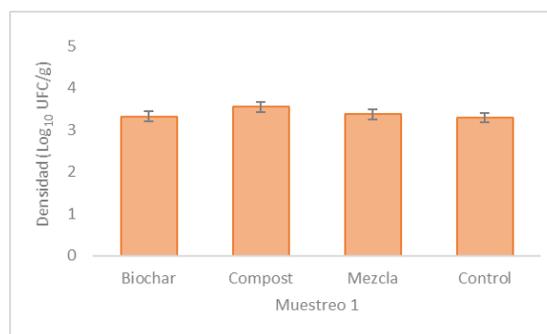
*Nota.* El gráfico representa la densidad de hongos celulolíticos de cada tratamiento en los muestreos No. 1 y No. 3

Los hongos solubilizadores de fosfato no presentaron halo que indicara actividad enzimática en el medio de cultivo Picovskaya. Según indica (Whitelaw, 1999) la ausencia de halos de solubilización en los medios de cultivo sólido no necesariamente indica que el organismo carezca de habilidad solubilizadora, sino que posiblemente este tipo de medios no son lo suficientemente sensibles para detectar la actividad de algunos microorganismos. Por esto es necesario recurrir a los medios líquidos para obtener resultados más precisos. La densidad de este grupo funcional en el muestreo No. 1 fue primero para las parcelas con compost con un valor promedio de 3,55 Log UFC/g, seguido de las parcelas con la mezcla con 3,37 Log UFC/g, las parcelas con biochar con 3,32 Log UFC/g y finalmente las parcelas control con 3,30 Log

UFC/g, ver Figura 12. En el tercer muestreo la anterior tendencia cambió presentando un mayor valor promedio las parcelas con la mezcla con 3,78 Log UFC/g, en segunda instancia las parcelas con compost con 3,61 Log UFC/g, seguido de las parcelas con biochar con 3,39 Log UFC/g y en última instancia las parcelas control con 3,38 Log UFC/g, como se indica en la Figura 13.

### Figura 12

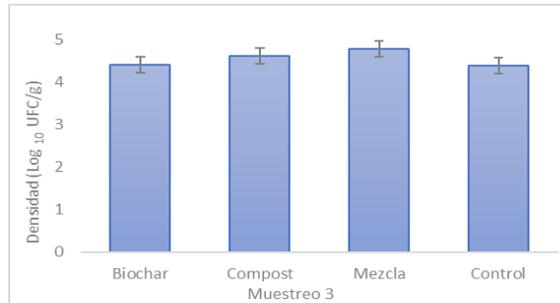
*Densidad de hongos Solubilizadores de fósforo en el muestreo No.1*



*Nota.* El gráfico representa el promedio  $\pm$  desviación estándar de la densidad de hongos Solubilizadores de fósforo en las parcelas tratadas con enmiendas orgánicas y parcelas control en el muestreo No. 1, año 2022.

### Figura 13

*Densidad de hongos celulolíticos en el muestreo No.3*

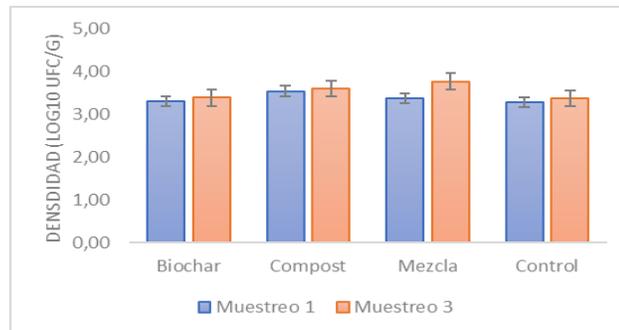


*Nota.* El gráfico representa el promedio  $\pm$  desviación estándar de la densidad de hongos Solubilizadores de fósforo en las parcelas tratadas con enmiendas orgánicas y parcelas control en el muestreo No. 3, año 2022.

Comparando los muestreos No. 1 y No. 3, se evidenció un leve aumento en la densidad de hongos solubilizadores de fosfato en todas las parcelas con tratamientos de enmiendas orgánicas, incluidas las parcelas control, ver Figura 14. Aunque según (Cesarano et al. 2017) las enmiendas orgánicas promueven la actividad microbiana en el suelo. Este aumento no fue significativo ( $p > 0.05$ ).

### Figura 14

*Comparación en la densidad de hongos Solubilizadores de fósforo.*



*Nota.* El gráfico representa la densidad de hongos Solubilizadores de fósforo de cada tratamiento en los muestreos No. 1 y No. 3

## IDENTIFICACIÓN DE HONGOS

Macroscópicamente se identificaron hongos según la forma de la colonia, el color que presenta la superficie, la textura y el color de la espora generada. Esta identificación se hizo sobre los medios de cultivos originales. Para hongos celulolíticos se usó el Agar Rojo Congo, donde se evidencia la formación de hongos filamentosos y su producción de halos según corresponda a la actividad enzimática ver Figura 15. Posteriormente se hicieron repiques de medios de cultivo Extracto de malta agar. Microscópicamente se identificaron géneros de hongos

por medio de montajes en microscopio. Se identifico *Penicillium* sp. positivo para metabolizar celulosa. Ver Figura 16.

### Figura 15

*Medio de Cultivo Agar Rojo Congo*



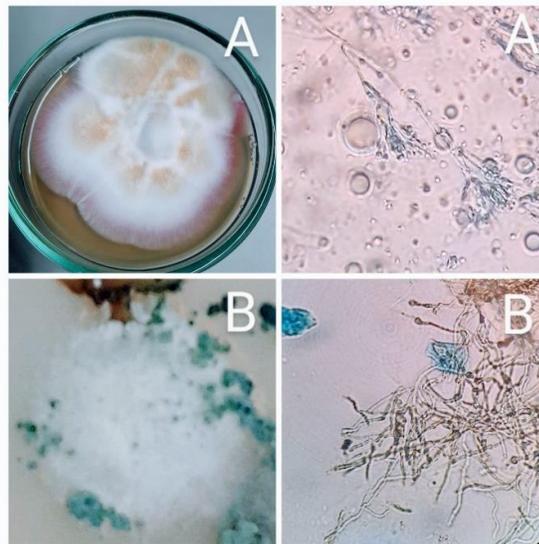
*Nota.* Hongos celulolíticos con halo y hongos solubilizadores de fósforo respectivamente

En los hongos solubilizadores de fosfato se identificaron morfotipos diferentes según su color y forma en el medio de cultivo Picovskaya, ver Figura 15. Se evidenciaron varios morfotipos de hongos estos fueron repicados en medio de cultivo extracto de malta agar.

Posteriormente se realizaron montajes con azul de lactofenol que se observaron al microscopio, dando como resultado la identificación de *Trichoderma* sp. Ver Figura 16.

## Figura 16

### *Identificación de hongos*



*Nota.* A. representa el hongo *Penicillium* sp. En medio de cultivo MEA y en el microscopio a un zoom de 40x. B. representa el hongo *Trichoderma* sp. *En medio de cultivo MEA* y en el microscopio con un aumento de 40x.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental
---	---	---

## **EXPERIENCIA PERSONAL Y PROFESIONAL EN LA PASANTÍA**

Como estudiante y futuro profesional de ingeniería ambiental, trabajar en un proyecto de investigación relacionado a mi carrera fue de gran aporte tanto personal como profesional, adquiriendo mejores habilidades en uso de equipos de laboratorio, métodos de análisis de muestras de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo. La investigación para la adquisición de nuevos conceptos y términos fue fundamental para llevar a cabo la pasantía, superándome como persona y trabajador. También fue importante entender cómo funciona un proyecto de investigación en semilleros de universidades y lo preciso y exacto que se debe ser en todos los ámbitos para tener unos buenos resultados y contribuir de manera positiva.

Un segundo gran logro fue trabajar con profesionales con bastante experiencia y poder aprender de ellos, de manera personal, profesional y laboral. El trabajo en equipo coordinado y responsable entre pasantes y tesistas fue fundamental para minimizar obstáculos y mejorar la eficiencia en las labores designadas. Conocer nuevas personas y cooperar para lograr un bien común, un objetivo o una meta es de ardua labor; más allá de lo laboral somos seres humanos que necesitamos de valores y principios para ser mejores personas, ayudar al prójimo y contribuir a mejorar la sociedad desde la academia, la cultura y desde lo espiritual. Agradecer a la profesora Amanda Varela por la gran oportunidad de participar en el proyecto de investigación, por la ayuda y paciencia. Al coordinador del semillero Juan Camilo Pineda por las capacitaciones, la ayuda y la motivación. A las tesistas Jennifer Vanegas y Karen Vásquez por

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

estar en todo momento apoyándome y finalmente a la Pontificia Universidad Javeriana por abrirme sus puertas y poder dejar una pequeña contribución en su academia.

## **RECOMENDACIONES.**

De manera de mejorar la capacidad de trabajo de los pasantes, practicantes y tesisistas, se recomienda emplear un cronograma estableciendo horarios y días de trabajo, metas e indicadores de avances de actividades, con el fin de realizar la investigación en los tiempos establecidos.

Las enmiendas orgánicas es conveniente usarlas de acuerdo a la propiedad del suelo a recuperar y/o rehabilitar, basándose en los resultados del presente estudio, se recomienda usar el biocarbón en suelos con pH ácidos para tener un efecto recalcitrante, el compost al ser una buena fuente de M. O. y nutrientes es factible usarlo en suelos degradados y con descapote.

Realizar un empalme entre practicantes salientes y entrantes con el fin de llevar a cabo el procesamiento de muestras de manera similar para evitar sesgos y datos con el menor error posible. Se recomienda usar la propuesta técnica de la presente pasantía para analizar las muestras en una jerarquía con el fin de reusar las muestras en otros análisis.

## CONCLUSIONES.

El suelo de la explotación ladrillera al ser tratado con biochar, compost y la mezcla (Biochar + Compost) junto con los microorganismos eficientes aumentaron levemente la densidad y actividad enzimática hongos celulolíticos y hongos solubilizadores de fosfatos con respecto a las parcelas control, contribuyendo a un posible aumento de nutrientes asimilables para las plantas en el suelo.

Se evidencia una leve mejoría en los parámetros fisicoquímicos del suelo como el aumento de la humedad del sustrato, menos densidad aparente, los agregados se aumenatron en las parcelas con compost, con respecto a los otros tratamientos y parcelas control, el pH fue más neutro en las parcelas con biocarbón. Posiblemente el tiempo de evaluación de los parámetros del suelo no permitió evidenciar cambios significativos; sin embargo, la textura del suelo presentó diferencias significativas entre los tratamientos del muestreo 3 en la cantidad de limo y arena.

Aunque se identificó el hongo *Penicillium* sp. en medio de cultivo Picovskaya, no se observó la generación de halo que indicara actividad enzimática; sin embargo, no es posible concluir que no puede solubilizar celulosa. El hongo *Trichoderma* sp. identificado genero halo confirmando actividad enzimática para solubilizar celulosa.

## ANÁLISIS DEL SITIO DE TRABAJO

**Tabla 6.**

*Análisis DOFA del laboratorio LESYHT*

Matriz DOFA	Fortalezas	Debilidades
	<p><b>F1:</b> Innovación en la recuperación de suelos usando enmiendas orgánicas.</p> <p><b>F2:</b> Estudio en múltiples propiedades fisicoquímicas y microbiológicas</p> <p><b>F3:</b> integración multidisciplinar</p> <p><b>F4:</b> equipos y servicios requeridos para la investigación.</p> <p><b>F5:</b> el biocarbón es generado por la misma institución</p>	<p><b>D1:</b> dependencia de otros practicantes en los procesamientos de muestras.</p> <p><b>D2:</b> Poca experiencia de los practicantes en este tipo de proyectos de investigación</p> <p><b>D3:</b> Orden de mando no jerarquizado o definido.</p>
Oportunidades	Estrategias FO	Estrategias DO

<p><b>O1:</b> Reconocimiento investigativo en revistas científicas.</p> <p><b>O2:</b> Dar potenciales beneficios de tratar con enmiendas orgánicas suelos degradados por explotación ladrillera.</p> <p><b>O3:</b> Ayudar a las empresas a cumplir con la normatividad ambiental.</p> <p><b>O4:</b> Futuros proyectos posibles con base en el actual.</p>	<p><b>F1-O1:</b> Planificar los procesos con cronograma de trabajo</p> <p><b>F2-O2:</b> Comparar los tratamientos empleados e indicar sus benéficos</p> <p><b>F3-O3:</b> Divulgar en empresas con esta actividad económica.</p> <p><b>F5-O4:</b> Emplear el biochar generado en la finca de la PUJ para futuros proyectos en restauración de suelos</p>	<p><b>D1-O4:</b> Establecer un cronograma de trabajo para practicantes/tesistas</p> <p><b>D2-O3:</b> Capacitar a practicantes/tesistas en la normatividad ambiental de las empresas mineras</p> <p><b>D3-O1:</b> Planificar y emplear los roles de cada personal con el fin de que obtengan la misma relevancia en publicación de artículos científicos.</p>
<p><b>Amenazas</b></p>	<p><b>Estrategias FA</b></p>	<p><b>Estrategias DA</b></p>
<p><b>A1:</b> movimientos en masa por la inestabilidad del talud provocando potencial sepultura de las parcelas estudiadas</p> <p><b>A2:</b> recursos asignados al proyecto</p>	<p><b>F1-A1:</b> Establecer zonas de estudio con menor riesgo de movimientos en masa</p> <p><b>F2-A2:</b> Planificar costos del proyecto de investigación.</p> <p><b>F1-A3:</b> Planificar los materiales necesarios y</p>	<p><b>D2-A1:</b> Estudio previo del talud y emplear medidas de bioingeniería para estabilizar la zona de estudio involucrando estudiantes</p> <p><b>D1-A2:</b> establecer los recursos a funciones esenciales y</p>

<b>A3:</b> Agotamiento de reactivos controlados.	permisos con antelación para poder obtener reactivos controlados.	mitigar las faltantes con sustitución o innovación.  <b>D3-A3:</b> Establecer funciones gestión, inventarios de reactivos y materiales a cada practicante/pasante.
--	---	--

*Nota.* Análisis de fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades del laboratorio y el proyecto de investigación.

## **RIESGOS**

Se entiende como riesgo la probabilidad de que ocurra un evento. Un riesgo puede ser negativo o positivo, en el caso de ser positivo, tenderemos a interpretarlo como una oportunidad, ya que facilitará el camino para obtener un resultado satisfactorio (ISO 9001, 2015). Cabe entender que hay diferentes tipos de riesgos, para este documento se identificaron los riesgos biológicos y químicos presentados en el laboratorio LESYTH.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## **RIESGOS BIOLÓGICOS**

Se comprende como Riesgo Biológico como la posible exposición a microorganismos que puedan dar lugar a enfermedades, motivada por la actividad laboral. Su transmisión puede ser por vía respiratoria, digestiva, sanguínea, piel o mucosas (Rioja salud, s.f.). los residuos biológicos se clasifican en residuos anatomopatológicos, biosanitarios, cortopunzantes y animales o sus partes.

El Laboratorio de Ecología Suelos y Hongos Tropicales de la Pontificia Universidad Javeriana, está enfocado al análisis microbiológico y fisicoquímico de suelos, plantas y hongos. Por tal razón se generan agentes biológicos, principalmente provenientes de medios de cultivos sólidos y líquidos. Se genera exposición únicamente cuando se abren las cajas de Petri colonizadas para identificar dichos microorganismos en el microscopio. Estos medios de cultivo pueden ser almacenados por tiempo limitado en nevera mediante cajas Petri, tubos de ensayo y tubos para centrífuga. La gestión de estos residuos biológicos cuando son descartados, posteriormente son trasladados a la unidad de lavado y esterilización, el cual es un servicio que presta la Universidad para los laboratorios.

## RIESGO QUÍMICO

Riesgo químico es aquel que se deriva del uso o la presencia de sustancias químicas peligrosas. Una sustancia es peligrosa cuando presenta una o varias de las características siguientes: Es peligrosa para la salud, puede provocar incendios y explosiones, Es peligrosa para el medio ambiente. (UPM, s.f.)

Las sustancias químicas empleadas en el LESYHT, principalmente corresponden a reactivos empleados en análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Algunos de estos reactivos presentan características C.R.E.T.I.B., estos son corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico. Son almacenados en estantes metálicos y en frascos originales que contiene su rotulación compuesta del nombre, No. CAS, formula química, nombre del proveedor, fecha de fabricación y fecha de vencimiento. Estas sustancias después de su uso y al ser descartadas del proceso o su función, se producen los residuos químicos y se clasifican en fármacos vencidos, citotóxicos, metales pesados y reactivos. Se identificó que en el laboratorio los residuos químicos son mínimos debido a que se controla su cantidad a usar, con el fin de emplear lo necesario y evitar derroche. Los residuos químicos generados al ser interpretados con un peligro mínimo para el personal y el ambiente son vertidos en el sifón del lavadero. Sin embargo, se carece de estrategias de identificación de estos residuos y su potencial daño al ambiente o toxicidad.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## **MEDIDAS DE PREVENCIÓN**

Son las acciones que se adoptan con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo, dirigidas a proteger la salud de los trabajadores contra aquellas condiciones de trabajo que generan daños que sean consecuencia, guarden relación o sobrevengan durante el cumplimiento de sus labores, medidas cuya implementación constituye una obligación y deber de parte de los empleadores (OEA, 2004).

Se recomienda usar las siguientes medidas de prevención de riesgos para el personal del laboratorio.

## **ALMACENAMIENTO DE REACTIVOS.**

En la presente pasantía se realizó el inventario de reactivos utilizados por el laboratorio. Estos se almacenan de acuerdo a su categoría de riesgo, que reducen los riesgos de características C.R.E.T.I.B. mencionados anteriormente.

## MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Cumplen la función de proteger diferentes partes del cuerpo para evitar tener contacto directo con factores y fuentes de riesgo. Se recomienda usar elementos de protección personal, cabe resaltar que ya muchos son empleados en el laboratorio; sin embargo, se plantea una lista general que sea de potencial ayuda.

- Elementos de protección personal (EPP): Guantes de látex, tapabocas N95 O quirúrgico, bata de manga larga, cofia y gafas de seguridad, además de pantalón largo y zapatos que cubran totalmente el pie.
- Normas de higiene personal: cubrir heridas y lesiones en las manos, lavado de mano antes y después de realizar procesos.
- No consumir alimentos, ni beber, ni fumar dentro de las instalaciones del laboratorio,
- Mantener limpios y estéril los objetos como asas, punta de lanza y agujas y guardarlos en capsulas o totalmente cubiertos.
- Desinfección con hipoclorito cloro u alcohol de 70°, según corresponda la superficies, equipos y materiales.
- No realizar acciones que coloquen en peligro la integridad del personal, como saltar, correr, pipetear con la boca, no utilizar las herramientas correctas para cada proceso.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

- Emplear pancartas, poster o similares con el fin de promocionar el uso de EPP y reglas del laboratorio.

## **MANEJO DE RESIDUOS**

Los residuos sólidos deberán ser separados en la fuente de acuerdo a la resolución 2184 de 2019 por la cual se adopta “el uso racional de bolsas plásticas y manejo de residuos”. con el fin de identificar las características y su posterior aprovechamiento o separación según sea el caso, los residuos aprovechables como papel Kraft usado en las envolturas de las cajas de Petri y tubos de ensayo, plásticos, cartón, vidrio y metales podrán ser dispuestos en canecas o bolsas de color blanco. Los residuos orgánicos como cascara de frutas, desechos de agricultura y restos de comida se dispondrán en la bolsa de color verde. Los residuos no aprovechables son aquellos que están contaminados con comida principalmente servilletas, cartones o envases de cartón y papeles metalizados y deberán disponerse en bolsas de color negro o canecas. Ver figura 17.

**Figura 17**

*Canecas para disposición de residuos con código de colores*



*Nota.* La figura representa los colores que deben emplearse en cada caneca según su residuo a disponer, de iáBiCa, 2021, <https://www.iabica.com/nuevo-codigo-de-colores-para-separacion-de-residuos/>

Los residuos peligrosos (RESPEL), generados en el laboratorio principalmente proceden de agentes biológicos como bacterias y hongos aislados del suelo o plantas, las cajas de Petri, tubos de ensayo y demás material que se usa para incubación de hongos se procede a realizar un ruteo interno hasta la unidad de lavado y esterilización. Estos se entregan en dicho lugar, y los materiales son devueltos limpios, esterilizados y empaquetados. Los residuos que quedan a cargo del personal del laboratorio son aquellos contaminados con agentes biológicos como algodones, paños absorbentes, plásticos deben ser depositados en caneca roja que indica peligro biológico, Ver Figura 18. Los residuos cortopuzantes entre ellos agujas, puntas de lanzas y esquirilas de vidrio son dispuestas en un guardián con cierre hermético. Los residuos fármacos consumidos

parcialmente, vencidos y/o deteriorados principalmente antibióticos y antimicóticos usados en medios de cultivo deben disponerse en empaques de color diferentes al verde, negro y blanco, al igual que los empaques de dichos fármacos deben inutilizarse de manera que no se puedan reutilizar. Para esto se deben rasgar o rayar, entregar en puntos autorizados o al gestor contratado por la Pontificia Universidad Javeriana.

### Figura 18

*Caneca de riesgos biológicos*



*Nota.* La figura representa el color de la caneca para residuos biológicos que debe emplearse, de CJSCANECAS, 2023, <https://www.canecas.com.co/index.php?id=3003>

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento</b> interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental
---	---	--

## **RESIDUOS LÍQUIDOS**

Principalmente se identificaron residuos con trazas o concentraciones de reactivos, usados en diferentes procesos, se recomienda primeramente ser neutralizados de acuerdo a su configuración naturaleza como ácidos o bases y posteriormente ser vertidos, si por su composición de varios químicos se dificulta neutralizarlos deberán ser almacenados en empaques impermeables y posteriormente entregados al gestor o implementados en un plan de disposición final como incineración, recuperación o reutilización.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DE OPCIÓN DE GRADO</b>	<b>Documento interno de la Dirección de Ingeniería Ambiental</b>
---	---	--

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Altland, J.A. & J.C. Locke. (2012). Biochar affects macronutrient leaching from a soilless substrate. *HortScience* 47:1136–1140
- ❖ Atlas M, Bartha R. *Ecología Microbiana y Microbiología ambiental*. Cuarta edición. Editorial Addison Wesley. New York, U.S.A. 2002; 217-262p
- ❖ Bashan, Y., Puente, E., Salazar, B., De-Bashan, L., Bacilio, M., Hernández, J., Leyva, L., Romero, B., Villalpando, R. & Bethlenfalvay, G. (2015). Reforestación de tierras erosionadas en el desierto: el papel de las bacterias promotoras de crecimiento en plantas y la materia orgánica. *Suelos Ecuatoriales*, 35 (1), 70-77.
- ❖ Beltrán-Pineda, M. et al. (2017). Microorganismos funcionales en suelos con y sin revegetalización en el municipio de Villa de Leyva, Boyacá. *Colombia Forestal*, 20 (2), 158-170.
- ❖ Beltrán, M. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101-113.

- ❖ CAEM. (2015). Inventario nacional del sector ladrillero colombiano. Corporación ambiental empresarial. Bogotá.
- ❖ Cámara de Comercio de Bogotá. (2013).  
[http://www.inecc.gob.co/descargas/dgcenica/2013\\_colombia\\_present\\_mex\\_final](http://www.inecc.gob.co/descargas/dgcenica/2013_colombia_present_mex_final).
- ❖ Construdata. (s.f.). Diagnóstico de la industria ladrillera en el país. Decisión 547. Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. (7 de mayo de 2004).  
[http://www.sice.oas.org/trade/junac/decisiones/dec584s.asp#:~:text=d\)%20Medidas%20de%20prevenci%C3%B3n%3A%20Las,durante%20el%20cumplimiento%20de%20sus](http://www.sice.oas.org/trade/junac/decisiones/dec584s.asp#:~:text=d)%20Medidas%20de%20prevenci%C3%B3n%3A%20Las,durante%20el%20cumplimiento%20de%20sus)
- ❖ Downie, A., Crosky, A. y Munroe, P. (2009). Propiedades físicas del biocarbón. En: Lehmann, J. y Joseph, S., Eds., Biochar for Environmental Management: Science and Technology, Earthscan, Londres, 13-32.
- ❖ Diosma, G. y Balatti, P. (1998). Actividad microbiana y número de nitrificadores y celulolíticos en un suelo cultivado con trigo bajo distintos sistemas de labranza. Revista Facultad de Agronomía, 103 (1), 61-68.
- ❖ Gibbs, H.K.; Salmon, J.M. (2015). Mapping the world's degraded lands. Applied Geography 57: 12-21
- ❖ Organización Internacional de Normalización. (2015). Sistemas de gestión de calidad (ISO 2009). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>

- ❖ Lehmann, J., Joseph, S., (2009). Biochar for environmental management. Earthscan Publishers
- ❖ Melgarejo, M.R.; Ballesteros, M.I.; Bendeck, M. (1997). Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y compost derivados de diferentes sustratos. Colombiana de Química 26(2): 11-19.
- ❖ MAVDT. (2010). Resolución 1023 DEL 2010.
- ❖ Moreno, F. (1981). El ladrillo en la construcción. España: Ediciones CEAC.
- ❖ Mustin, M. (1987). Le compost, Gestión de la matière organique. Paris, editions françois dubu sc. 954 P
- ❖ Municipio de Cogua. (2016). Nuestro municipio. Obtenido de información general: [HTTP://WWW.CO  
GUA-  
CUNDINAMARCA.GOV.CO/INFORMACION\\_GENERAL.SHTML](http://www.cogua-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml)
- ❖ Orozco, A.; Valverde, M.; Trélles, R.; Chávez, C.; Benavides, R. 2016. Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. Terra Latinamericana 34(4): 441-456.
- ❖ Porta, J.; López, M.; Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 960 pp.

- ❖ PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, ACUERDO 22 DE 2000 (CONCEJO MUNICIPAL DE COGUA 21 DE SEPTIEMBRE DE 2000).
- ❖ Quesada, J. (2016). Revisión del impacto socio ambiental por la minería en el departamento del Chocó “caso región del San Juan (Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. Recuperado de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/6461/1/REVISION%20DEL%20IMPACTO%20SOCIO%20AMBIENTAL%20POR%20LA%20MINERIA%20ILEGAL.pdf>
- ❖ Rioja Salud.( s.f.). *Riesgos Biológicos (Accidentes Biológicos)*. <https://www.riojasalud.es/servicios/prevencion-riesgos-laborales/articulos/riesgos-biologicos-accidentes-biologicos#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20Riesgo%20Biol%C3%B3gico,%20sangu%C3%ADnea%20piel%20o%20mucosas>.
- ❖ Rodríguez, Z., Boucourt, R., Rodríguez, J., Albelo, N., Nuñez, O. & Herrera, F. (2006). Aislamiento y selección de microorganismos con capacidad de degradar el almidón. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40(3), 349-354
- ❖ Roman, P. (2013). *Manual del compostaje del agricultor experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura, Santiago

- ❖ Sánchez, J. y Sanabria, J. (2009). Metabolismos microbianos involucrados en procesos avanzados para la remoción de nitrógeno, una revisión prospectiva. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 9 (1), 114-124.
- ❖ Soto, M. G. (2003). *Abonos orgánicos: El proceso de compostaje*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 27 pp.
- ❖ Tenesaca, S., Quevedo, J., & García, R. (2019). Determinación de la dosis óptima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (musa x paradisiaca L.) clon Williams. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 134–141.  
<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/328/346>.
- ❖ Torres, M. y Lizarazo, L. (2006). Evaluación de grupos funcionales del ciclo del C, N y P y actividad de la fosfatasa ácida en dos suelos agrícolas del departamento de Boyacá. *Agronomía Colombiana*, 24 (2), 317-325.
- ❖ Van Zwieten L, Kimber S, Morris S, Chan KY, Downie A, Rust J, Joseph S, Cowie A (2010) Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil* 327:235–246
- ❖ Vásquez, P.; Holguin, C.; Puente, M. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with J. Cisneros Moscol et al. / *Scientia Agropecuaria* 11(3): 391 – 398 (2020) -398- rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biol. Fertl. Soils* 30: 460-468.

- ❖ Whitelaw, M. A. 1999. Growth promoting of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. In: Sparks, D. L. (ed). Advanced in Agronomy 69. pp: 99–151.
- ❖ Wollum, A. G. 1982. Cultural methods for soil microorganisms. In: Page, A.L., R.H. Miller & D.R. Keeney (eds.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Second edition. American Society of Agronomy, Inc. Madison, U.S.A.1159 p
- ❖ Yamoah, C. F., A. Bationo, B. Shapiro and S. Koala. 2002. Trend and stability of millet yields treated with fertilizer and crop residues in the Sahel. Field Crops Res. 75: 53-62.

## ANEXOS

### Anexo A. Valores promedio de parámetros fisicoquímicos por tratamiento en el muestreo

#### No. 1

Muestreo 1											
Tratamiento	M. O. (%)	pH	Humedad (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Agregados 1160000 (%)	Agregados 600 (%)	Agregados 300 (%)	Agregados 54 (%)	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )
Biochar	4,41	4,93	36,40	54,0	20,4	25,6	54,78	21,24	7,04	11,53	152,57
Compost	4,31	5,09	36,99	50,4	21,2	28,4	48,11	21,28	7,45	15,62	168,39
Control	4,38	5,12	34,95	42,8	24,8	32,4	52,59	22,27	7,34	12,68	176,17
Mezcla	4,49	5,51	36,87	44,4	21,6	34	57,556	21,57	5,76	8,83	148,65

## Anexo B. Valores promedio de parámetros fisicoquímicos por tratamiento en el muestreo

### No.1

Muestreo 3											
Tratamiento	M. O. (%)	pH	Humedad (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Agregados 1160000 (%)	Agregados 600 (%)	Agregados 300 (%)	Agregados 54 (%)	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )
Biochar	2,63	6,13	15,27	56,8	31,2	12	48,30	23,30	8,14	13,81	157,05
Compost	3,28	6,30	16,02	44,8	14,8	40,4	51,23	21,41	8,08	15,02	143,83
Control	3,01	6,22	19,97	59,2	30,4	10,4	46,95	21,00	8,66	14,59	148,41
Mezcla	3,51	6,23	22,81	49,6	30,8	19,6	49,07	22,22	8,46	14,67	148,50