

**IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS PARA RECUPERACIÓN DE  
SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN EL ECOPARQUE LOS  
BESOTES DE VALLEDUPAR**



**AUTOR:**

**JUAN CAMILO OTALORA RODERO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR – CESAR**

**2024**



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS PARA RECUPERACIÓN DE  
SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN EL ECOPARQUE LOS  
BESOTES DE VALLEDUPAR**

**AUTOR:**

JUAN CAMILO OTALORA RODERO

**DIRECTOR:**

ORLANDO ENRIQUE RUBIANO LARA

INGENIERO AGRÓNOMO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR – CESAR**

**2024**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado primeramente a Dios, que en altas y bajas me ha permitido sostener este proceso, y en segundo lugar, no menos importante, dedico este trabajo a mis padres PEDRO Y VERONICA y hermanos SALVADOR, VALENTINA Y PEDRO LUIS que han sido un apoyo incondicional y han aportado de manera directa e indirecta a la realización de este trabajo, gracias a ellos he forjado la persona en la que me he convertido, de principios y valores, perseverante y laborioso; y a mi pareja Sonia que ha vivido de primera mano los obstáculos en este camino y no me ha permitido dudar y/o flaquear y me ha dado la motivación más grande.

*Otalora Rodero, Juan Camilo*



## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco primordialmente a Dios, entre otras cosas, porque las condiciones han sido favorables para el desarrollo de este hermoso proceso, agradezco a mis padres PEDRO Y VERONICA ya que sin ellos no hubiera sido posible alcanzar este nivel académico y por supuesto emprender con la elaboración de este proyecto, a mis hermanos SALVADOR VALENTINA Y PEDRO LUIS porque han sido un motor, la motivación y el apoyo incondicional en todo momento, a mi pareja SONIA que ha sido mi mano derecha y de fundamental asistencia constante. Quiero hacer una mención especial a mi primo hermano SALOMON que ha sido compañero de aventura y gestor de viajes e hizo posible la ejecución de esta investigación.

Agradecer a mi director de proyecto ORLANDO por su compromiso y dedicación, por su calidez y su paciencia, gracias a su constante monitoreo he podido llegar hasta esta instancia, agradezco su guía y sus consejos

Agradezco a todos y cada uno de los docentes que han sido parte de mi camino universitario y han formado y corregido de diversas maneras al profesional en que he de convertirme, agradezco cada pizca de conocimiento que me han brindado y espero homenajearles su esfuerzo siendo un profesional integro.

Agradezco a mis amigos, que han sido casi mi familia, por todos los consejos que de su parte he recibido, porque no es poco lo que han aportado a este proyecto, tengo el compromiso de retribuirles de una forma u otra lo que de ellos he recibido.

Y finalmente agradezco a la UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR por otorgarme el nivel académico que hasta el momento he conseguido y por forjar un profesional más con integridad y orgullo.

*Otalora Rodero, Juan Camilo*

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo identificar microorganismos con potencial para la recuperación de suelos afectados por incendios forestales en el Ecoparque Los Besotes de Valledupar. Se caracterizaron los parámetros físicos y químicos de suelos post-incendio en la zona de influencia del Cerro El Cóndor, seguido de la incubación de microorganismos identificados en muestras de suelo en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Popular del Cesar. Posteriormente, se evaluó la capacidad de recuperación de suelos devastados mediante caracterización fisicoquímica e indicadores vegetativos en una parcela piloto ex situ en Valledupar. Los resultados revelaron que los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.* desempeñaron un papel fundamental en la biorremediación de los suelos afectados. Estos microorganismos promovieron la descomposición de materia orgánica, mejoraron la disponibilidad de nutrientes y optimizaron las propiedades físicas y químicas del suelo, contribuyendo significativamente a la restauración del ecosistema. Complementariamente, la leguminosa *Vigna unguiculata* demostró su potencial para la fitorremediación. Su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, mejorar la estructura del suelo y proporcionar cobertura vegetal fue clave para promover la recuperación del ecosistema y restaurar su funcionalidad. En conclusión, la combinación sinérgica de los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, junto con la leguminosa *Vigna unguiculata*, representa una estrategia integral y efectiva para la restauración de suelos degradados por incendios forestales. Este enfoque destaca el potencial de la biodiversidad microbiana y vegetal en la rehabilitación de ecosistemas afectados por eventos adversos.

**Palabras Clave:** Biorremediación, Incendios forestales, Microorganismos, Fitorremediación, Restauración de suelos.

## **ABSTRACT**

*The present research aimed to identify microorganisms with potential for the recovery of soils affected by forest fires in the Los Besotes Ecopark in Valledupar. The physical and chemical parameters of post-fire soils were characterized in the area of influence of El Cónдор Hill, followed by the incubation of identified microorganisms from soil samples in the Microbiology Laboratory of the Universidad Popular del Cesar. Subsequently, the capacity for recovery of devastated soils was evaluated through physicochemical characterization and vegetative indicators in an ex-situ pilot plot in Valledupar. The results revealed that the fungi Acaulosporaceae, Trametes spp. and Coniothyrium spp. played a fundamental role in the bioremediation of the affected soils. These microorganisms promoted the decomposition of organic matter, improved nutrient availability, and optimized the physical and chemical properties of the soil, contributing significantly to the restoration of the ecosystem. Complementarily, the legume Vigna unguiculata demonstrated its potential for phytoremediation. Its ability to fix atmospheric nitrogen, improve soil structure, and provide vegetative cover was key to promoting ecosystem recovery and restoring its functionality. In conclusion, the synergistic combination of the fungi Acaulosporaceae, Trametes spp. and Coniothyrium spp., along with the legume Vigna unguiculata, represents an integral and effective strategy for the restoration of soils degraded by forest fires. This approach highlights the potential of microbial and plant biodiversity in the rehabilitation of ecosystems affected by adverse events.*

**Keywords:** *Bioremediation, Forest fires, Microorganisms, Phytoremediation, Soil restoration.*



## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
2. JUSTIFICACIÓN .....	13
3. OBJETIVOS .....	14
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
4. MARCO REFERENCIAL.....	15
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
4.2. MARCO TEÓRICO.....	18
4.2.1. Recurso Suelo .....	18
4.2.1.1. Horizontes Del Suelo .....	18
4.2.2. Métodos De Identificación De Microorganismos.....	21
4.2.3. Estrategias de Conservación del Suelo por la FAO.....	22
4.2.3.1. Medidas Para El Sobrepastoreo.....	22
4.3. MARCO CONCEPTUAL.....	23
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	25
4.5. MARCO LEGAL.....	26
5. MARCO METODOLÓGICO.....	30
5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN .....	30
5.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN .....	30
5.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN .....	30
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	30
5.5. MUESTRA POBLACIONAL.....	31
5.6. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	31
5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO .....	32

Etapa 1. Caracterización De Los Parámetros Físico y Químicos A Suelos Post Incendio Forestal En Zona De Influencia Del Cerro El Cóndor Del Ecoparque Los Besotes De Valledupar .....	32
<i>Actividad 1.1. Toma De Muestras.</i> .....	32
<i>Actividad 1.2. Análisis Físico y Químico.</i> .....	32
Etapa 2. Incubación De Los Microorganismos Identificados En Suelos Post Incendio Forestal En Laboratorio De Microbiología De La Universidad Popular Del Cesar .....	33
<i>Actividad 2.1. Caracterización De Grupos de Microorganismos.</i> .....	33
<i>Actividad 2.2. Incubación De Microorganismos.</i> .....	33
Etapa 3. Evaluación De La Capacidad De Recuperación De Suelos Devastados Por Incendios Forestales Mediante Caracterización Fisicoquímica E Indicadores Vegetativos En Parcela Piloto Ex Situ En La Ciudad De Valledupar .....	33
<i>Actividad 3.1. Preparación De Parcelas.</i> .....	33
<i>Actividad 3.2. Implementación De La Especie.</i> .....	34
<i>Actividad 3.3. Evaluación Del Suelo.</i> .....	34
<b>6. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>35</b>
<b><i>6.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO Y QUÍMICOS A SUELOS POST INCENDIO FORESTAL EN ZONA DE INFLUENCIA DEL CERRO EL CÓNDOR DEL ECOPARQUE LOS BESOTES DE VALLEDUPAR.</i></b> .....	<b>35</b>
6.1.1. Toma De Muestra .....	35
6.1.2. Análisis Físico y Químico.....	38
6.1.2.1. Nutrientes Principales. ....	40
6.1.2.2. Nutrientes Secundarios o Micronutrientes. ....	40
6.1.2.3. Características de Acidez y Alcalinidad.....	41
6.1.2.4. Textura y Composición Física.....	42
6.1.2.5. Contenido de Materia Orgánica.....	42
6.1.2.6. Propiedades Físicas Adicionales.....	43
6.1.2.7. Suelos Caracterizados en la Región de Los Besotes. ....	43
<b><i>6.2. INCUBACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS IDENTIFICADOS EN SUELOS POST INCENDIO FORESTAL EN LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR</i></b> .....	<b>45</b>
6.2.1. Caracterización De Grupos de Microorganismos .....	45
6.2.1.1. Bacterias.....	50
6.2.1.2. Virus. ....	54
6.2.1.3. Hongos.....	56
6.2.2. Incubación de Microorganismos.....	60

<b>6.3. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DE SUELOS DEVASTADOS POR INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA E INDICADORES VEGETATIVOS EN PARCELA PILOTO EX SITU EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR .....</b>	<b>67</b>
6.3.1. Preparación De Parcelas .....	67
6.3.2. Implementación De La Especie .....	69
6.3.3. Evaluación Del Suelo.....	74
6.3.3.1. Disponibilidad de Nutrientes Principales.....	74
6.3.3.2. Disponibilidad de Nutrientes Secundarios .....	75
6.3.3.3. Características Finales de la Acidez y Alcalinidad.....	75
6.3.3.4. Características Finales de Textura y Composición Física.....	76
6.3.3.5. Disponibilidad en Contenido de Materia Orgánica.....	76
6.3.3.6. Características Finales para las Propiedades Físicas Adicionales .....	77
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>82</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO A. Caracterización de los Suelos Ecoparque Los Besotes.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO B. Evaluación del Crecimiento de las Especies.....</b>	<b>97</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Representación de los Horizontes del Suelo.....	21
Figura 2. Prácticas para el Uso y Manejo Sostenible de los Suelos.....	22
Figura 3. Localización del Ecoparque Los Besotes .....	25
Figura 4. Representación Gráfica de la Toma de Muestras .....	31
Figura 5. Parcelación para la evaluación de recuperación .....	34
Figura 6. Visita realizada al Ecoparque Los Besotes en la Región de Los Besotes.....	35
Figura 7. Paso a paso de la toma de muestra hasta llevarla a laboratorio .....	36
Figura 8. Localización de las muestras de suelo captadas en el Mapa Modelo de Combustible .....	37
Figura 9. Muestra de suelo tomada para la selección de 1 kilogramo representativo .....	38
Figura 10. Resultados de la Caracterización General de la Muestra Compuesta de Suelos .....	39

Figura 11. Zonas planas de la vegetación xerófila de la Región de Los Besotes .....	44
Figura 12. Preparación de la muestra para el proceso de caracterizado.....	50
Figura 13. Inoculo con pipeta automática para el estudio de caracterización .....	51
Figura 14. Clasificación de los Microorganismos que tienen posibilidad de resistir incendios.....	60
Figura 15. Suelo sometido a temperatura con mechero bunsen.....	61
Figura 16. Preparación de las muestras para inoculación .....	65
Figura 17. Crecimiento de Hongos en Cultivos Agar.....	66
Figura 18. Levantamiento de parcelación para la siembra de las especies .....	68
Figura 19. Tubos de ensayo de control para el crecimiento de la especie <i>Vigna unguiculata</i> .....	69
Figura 20. Crecimiento de la especie <i>Vigna unguiculata</i> en las parcelas de trabajo .....	70
Figura 21. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable tamaño de la planta (Hp) .....	71
Figura 22. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable número de vainas de la planta (Hv).....	72
Figura 23. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable longitud promedio de las vainas de la planta (Hv).....	72
Figura 24. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable presencia de plagas (Pp) .....	73
Figura 25. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable salud vegetativa (Sv) .....	73
Figura 26. Resultados de la Caracterización Final de la Muestra Compuesta de Suelos.....	74

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Horizontes del suelo .....	20
Tabla 2. Métodos de Identificación de Microorganismos.....	21
Tabla 3. Normatividad General Aplicable al Contexto de la Investigación.....	26
Tabla 4. Propiedades y Parámetros Físicoquímicos.....	32
Tabla 5. Procedimiento Estándar para la Identificación de Bacterias.....	46
Tabla 6. Procedimiento Estándar para la Identificación de Hongos .....	46
Tabla 7. Procedimiento Estándar para la Identificación de Virus.....	47
Tabla 8. Procedimiento Estándar para la Identificación de Bacterias.....	48
Tabla 9. Procedimiento Estándar para la Identificación de Hongos .....	48
Tabla 10. Procedimiento Estándar para la Identificación de Virus.....	49
Tabla 11. Medición del Riesgo de supervivencia a las elevadas temperaturas.....	62
Tabla 12. Análisis del Riesgo de Bioseguridad por manipulación de Microorganismos.....	64

## INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales cada vez son más intensos y devastadores, arrasan la vegetación y la biodiversidad y por ende afectan los suelos, sin embargo, se han desarrollado estudios que han permitido identificar microorganismos que podrían ayudar a la restauración de este recurso y la recuperación de la fertilidad.

El recurso suelo se ve muy afectado por los incendios forestales ya que estos impactan en sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, permitiendo que estos pierdan la capacidad de fertilidad y quedando inocuos sin capacidad de poder sustentar la vegetalización natural, por lo cual, los microorganismos con otros agentes externos se hacen protagonistas en el proceso de ayudar a consumir subproductos y sintetizarlos para generar otros elementos que permiten la colonización de otros y así progresar lenta pero oportunamente en mejorar las condiciones de fertilización.

Esta investigación se centró en identificar cual fue la familia de microorganismos protagonistas que estuvieron presentes en los suelos del Ecoparque Los Besotes, suelos los cuales fueron devastados por conflagraciones asistidas, lo que permite que este documento de cabida a otras investigaciones que ayuden a potencializar la microbiota y pueda acelerar el proceso natural de recuperación, siendo una forma de como los resultados de este trabajo puede ayudar en la toma de decisiones futuras en otras áreas del saber.

Para esto se procedió a la toma de muestra de suelos siguiendo protocolos establecidos, y así conocer las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, así mismo, se caracterizaron la familia de los microorganismos degradadores de fósforo y aunque no se pudieron cuantificar, si se pudo clasificar. Esto derivó en recomendaciones para futuras pruebas en procesos de recuperación de suelo con un apoyo de una leguminosa.

Este documento se integra de tres capítulos seccionados así: primeramente, por un planteamiento y formulación del problema, justificación de la investigación y objetivos. Seguidamente se presenta un marco referencial con los antecedentes, teoría relacionada, conceptos, contextualización y legalidad. Por último, un marco metodológico, resultados y análisis, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas, conjunto de la ejecución de las actividades planificadas de la presente investigación.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las conflagraciones producto de incendios no controlados tienen un impacto muy complejo sobre los procesos ecológicos por las diferentes respuestas de la vegetación ante la resistencia a la propagación y de la estructura paisajística y entre la multiplicidad de daños se encuentra la degradación del suelo (otros efectos indirectos son la erosión). (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2017).

Los efectos principales de la degradación del suelo dependen de la geografía del lugar, los procesos erosivos activos y la probabilidad de re vegetalización y reforestación natural, aunque los principales impactos por incendios forestales se ven manifestados en las propiedades físicas, químicas y biológicas, como la pérdida de nutrientes, disminución de la materia orgánica y alteración de la vegetación. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2017).

Por otra parte, la ocurrencia de incendios forestales produce afectaciones considerables en el pH, la estabilidad estructural, la porosidad, los ciclos de nutrientes y en la actividad biológica (Rosero Cuesta, 2013), sin embargo, se ha preguntado la razón por la cual la producción de las denominadas socolas son una forma de aliviar y fertilizar suelos; práctica ancestral que se desarrolla en países del trópico por lo cual se razona a la existencia de posibles microorganismos que ayudan a los procesos de síntesis de compuestos producto de la quema vegetal para poder desagregarlos en partes menores y así mantener los ciclos de fertilidad del suelo. (UNAL, 2016).

El Ecoparque Los Besotes ha sido objeto de incendios devastadores como el presentado en el año 2013 que consumió más de 1000 hectáreas y tuvo un costo elevado para evitar la propagación efectiva de este, el cuál arrasó los ecosistemas y su biodiversidad (El Pílon, 2013), sin embargo, este ha mostrado la capacidad resiliente y de adaptación a estas situaciones por lo cual se piensa que hay algún factor que ayuda al crecimiento y mejoramiento de la cobertura vegetal.

Conforme a lo explicado en este apartado se realizó y dio solución a la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué familia de microorganismos tienen la capacidad de resistir a incendios forestales y ayudar a promover la recuperación de suelos afectados del Ecoparque?

## 2. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es importante porque los microorganismos juegan un papel fundamental en la recuperación de suelos devastados por incendios y pueden ser utilizados para beneficiar a los suelos que tienen una capacidad de lenta de retribuir los nutrientes, propiedades y constituyentes necesarios para mejorar la resiliencia en la revegetalización y rápida cobertura.

La finalidad de este trabajo fue identificar la familia de los microorganismos que tienen la capacidad de recuperar un suelo devastado, por lo cual, no solo fue conocerlos, sino probarlos para verificar la velocidad de recuperación conjunta ya que es una necesidad el de recuperar y fortalecer los suelos ya que es el recurso ambiental más afectado a nivel mundial. (FAO, 2018).

Gracias a esta investigación se pueden proponer planes de recuperación del suelo y definición de estándares, puesto que a nivel de su protección y conservación y en procesos de gestión en el ámbito normativo no se encuentra muy desarrollado, por lo cual, este trabajo puede ser pilar para obtener un indicador biológico de recuperación y a su vez es una alternativa o producto que ayuda sumamente a la mejoría de su capacidad de fertilidad.

Por otra parte, se tienen antecedentes de la identificación de microorganismos resistentes a incendios forestales, sin embargo, los pisos térmicos y climáticos así como la distribución natural puede incidir en la existencia de estos o tal vez persistir con otras nuevas especies de virus, bacteriológicos y fúngicos que tengan la capacidad de recuperar suelos disturbados por incendio, por lo tanto, esta tesis corrobora que las familias de biodegradadores y sintetizadores del fósforo son un grupo de microorganismos muy distribuidos que cumplen esta función y se consigue que sea más amplio el conocimiento en este campo de la investigación haciendo un aporte a la academia en materia de medio ambiente.

Los problemas que se resuelven sobre la devastación de suelos del Ecoparque Los Besotes es que poseen capacidad de regeneración natural y quizá en otros sectores donde existan relictos de Bosque Seco Tropical y Seco Espinoso, ecosistema invaluable, ya que tienen un alto grado de endemismo de especies, lo que es considerablemente importante, más cuando se trata de salvar al planeta, además, sería otra forma de contrapeso para el cambio climático.

### **3. OBJETIVOS**

#### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Identificar Microorganismos para recuperación de Suelos Afectados por Incendios Forestales en el Ecoparque los Besotes de Valledupar

#### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Caracterizar los Parámetros Físicos y Químicos a Suelos Post Incendio Forestal en Zona de Influencia del Cerro El Cóndor del Ecoparque Los Besotes de Valledupar.

Realizar la Incubación de los Microorganismos Identificados en Suelos Post Incendio Forestal en Laboratorio de Microbiología de la Universidad Popular del Cesar.

Evaluar la Capacidad de Recuperación de Suelos Devastados por Incendios Forestales mediante caracterización Físicoquímica e Indicadores Vegetativos en Parcela Piloto ex Situ en la ciudad de Valledupar.



## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Zuluaga R. (2020) elaboró la investigación denominada Restauración Ecológica a Suelos Impactados por Incendios Forestales la cual fue una elaboración de un estado de arte y de revisión bibliográfica en diferentes bases de datos en relación con la temática planteada. En este trabajo no se señala como los microorganismos actúan sin embargo los pone en una posición excluyente, discerniendo de la capacidad que tendrían estos para mejorar ecosistemas ya que estos pueden ser un factor clave en la recuperación de la vegetación, pero a pesar de esto, se da una pista importante para consolidar las metodologías de restauración ecológica partiendo de las necesidades de las consolidaciones de plantas y especies, por lo cual, la combinación de manera estratégica analizando desde la capacidad de rebrote, la arquitectura, la forma sistémica radial y persistencia a situaciones adversas, elementos claves que conforme a las características de sanidad idónea de la planta pueden tener un buen significado. Esta investigación se aborda en coherencia con la tercera fase metodológica, en donde se pretende hacer una restauración ecológica del suelo mediante el uso de microorganismos identificados y cultivados en consolidación con especies, principalmente cultivos de huertas.

Sánchez B. (2019) realizó el estudio denominado Variación de la población de Microorganismos en Suelos que han sufrido un Incendio Forestal en donde señala que España es uno de los países con mayor presencia y frecuencia de focos incendiarios en el mundo, su investigación concluye que los microorganismos esporulados aerobios son los más resistentes a eventos magnos de conflagraciones. Para llegar a este resultado tomó muestras en diez sitios en Castilla y León e hizo recuento de microorganismos por recuento en placa (PCA) para microorganismos aerobios heterótrofos mesófilos y microorganismos esporulados después de un tratamiento térmico (80°C), rojo bilis violeta glucosa (VRBG) para enterobacterias y Saboraud (SB) para hongos. Otro aporte de esta investigación es que los microorganismos aerobios mesófilos no son resistentes a la conflagración y se supone o deja abierta la pregunta de las capacidades que tendrían los esporulados aerobios para el consumo de productos y sintetizarlos para reducirlos en macroelementos necesarios al suelo en su repoblamiento. Esta investigación presta interés en las metodologías de como se seleccionaron las muestras y los métodos realizados para la caracterización de los microorganismos.

Cazares E. (2019) desarrolló la investigación titulada Impacto de los Incendios Forestales en las Comunidades Microbiana del Suelo en el Monte Tlálloc. Esta investigación concluyó con la disminución notable de la materia orgánica, calcio y magnesio, pero determinó un aumento del fósforo disponible de hasta seis veces después del evento de conflagración. Para obtener este resultado se desarrollaron como objetivos específicos evaluar los efectos del incendio en la actividad metabólica microbiana del suelo, identificar las diferencias en la diversidad metabólica y estudiar los cambios en las propiedades edáficas del suelo. Conforme a lo presentado tomó muestras del suelo y evaluó las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas en un antes y después de eventos sucedidos en el monte Tlálloc en tres muestreos versus un blanco o referencia. Además, concluye que la actividad metabólica microbiana fue fuertemente deprimida por el incendio y se mantuvo hasta que un agente de activación como las precipitaciones ayudaron al crecimiento rápido y notable de esta. Esta investigación permite tener un referente de como abordar la metodología para proceder a ejecutar las actividades presentadas en este estudio.

Rosales et. Al. (2018) desarrolló la investigación denominada Situación pre y post-incendio, de un ecosistema del tipo forestal Roble-Hualo, Región del Maule, Chile, en donde se resalta la devastación vivida en el periodo 2016-2017 a consecuencia de las conflagraciones que consumieron enteros de bosque matorral con alto valor de conservación. En esta investigación se determinó una clara afectación en el dosel de los especímenes forestales y también importante que variables como el pH, la materia orgánica, la suma de bases y potasio disponible aumentaron en el suelo del matorral, pero no en el suelo del bosque, quizá asociado a la irradiación solar constante que era más fácil de alcanzar con la baja densidad vegetativa. Aunque los resultados de análisis estadístico comprobatorio y correlacionar permitió deducir que, si hubo una reducción ligera de los valores de materiales disponibles, lo cual, puede asociarse a la indisponibilidad de desechos verdes que producen los árboles, así como la devastación de la biota de insectos y otros que transforman los elementos grandes en suelo. De esta investigación se resalta la correlación de las variables utilizadas, la delimitación temporal extendida del estudio y los procedimientos metodológicos llevados a cabo para cumplir con el objetivo principal de la investigación.

Ospina C. (2017) desarrolló la investigación denominada Efecto de un Incendio Forestal sobre la Microbiota de un suelo de Bosque Seco Tropical en el departamento del Tolima, la cual fue desarrollada en cinco etapas metodológicas, primeramente determinando la biomasa y actividad microbiana (respiratoria y enzimática), estimando la densidad de bacterias, hongos y grupos funcionales como solubilizadores de fosfato, celulolíticos y amonificantes, comparando la estructura de bacterias totales y oxidantes de amonio, evaluando los parámetros fisicoquímicos del suelo y relacionando los parámetros biológicos y fisicoquímicos después de un incendio forestal. Se aplicaron químicos al suelo para producir reacciones respiratorias en los microorganismos presentes, se hicieron análisis estadísticos mediante el método de Tukey en donde se determinó que el carbono orgánico, nitrógeno total, humedad edáfica y amonio en el suelo fueron sensibles a los incendios, además, se logró el establecimiento de parámetros biológicos y fisicoquímicos correlacionados tendencialmente, lo que permite tener una estrategia de control para la recuperación rápida y segura de los constituyentes del suelo. Esta investigación da un aporte mucho más científico y correlacional, implicando variables y evaluándola, incluso, llegando al nivel explicativo, respondiendo al porqué de las consolidaciones de grupos correlativos.

Beltrán y Lizarazo-Forero (2013) desarrollaron el estudio denominado Grupos Funcionales de Microorganismos en Suelos de Páramo Perturbados por Incendios Forestales. En esta investigación señalan la pérdida de más de 2000 hectáreas de vegetación nativas y especies en el páramo de Rabanal en Boyacá Colombia. Esta investigación fue enfocada a analizar los comportamientos de los grupos funcionales de microorganismos identificados en suelos de páramos ante conflagraciones tomando muestras independientes en el mismo páramo considerando una de control y otro post-incendio evaluando las poblaciones de estos microorganismos en ciclos del Carbono, Nitrógeno y Fósforo por el método de recuento de placas. Este estudio resultó en demostrar que sí existe una relación entre los grupos de microorganismos, esto fortalece la teoría de que puede haber una recuperación integral del suelo lo que indica que las poblaciones estarían actuando sinérgicamente posibilitando procesos de cometabolismo, lo que conduce a la recuperación del suelo degradado. Esto indica que solo se necesita la preservación de una especie de microorganismo para lograr que sobrevivan otros gracias a la generación de subproductos, siendo una fuente potencial de aporte para esta investigación.

## **4.2. MARCO TEÓRICO**

### **4.2.1. Recurso Suelo**

Capa delgada que formada muy lentamente, mediante la desintegración de rocas superficiales por la acción de agentes físicos como el agua, la temperatura y/o el viento. Las plantas y animales que crecen y fallecen sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo. (s.f.).

La profundidad útil de un suelo es aquella que la raíz de la planta puede explorar con facilidad, permitiendo la absorción de agua y nutrientes por los cultivos. Sin embargo, la capacidad de enraizamiento de las plantas, y por consiguiente la necesidad de mayor o menor profundidad del suelo, difiere considerablemente. (De la Rosa, 2008).

De esta forma bajo un mismo régimen climático, la estimación de la disponibilidad de agua basada en la profundidad útil puede no ser válida para todos los cultivos. El límite inferior de la profundidad útil suele ser una roca dura o un material impermeable. Desde el punto de vista edafológico, el espesor de *solum* (horizonte A y B) se suele considerar como profundidad útil (De la Rosa, 2008).

#### **4.2.1.1. Horizontes Del Suelo.**

El suelo se compone de horizontes. Su perfil se ha clasificado en innumerables ocasiones y formas, sin embargo, la manera más singular de distinguirlo es por sus horizontes conforme a su textura, formación, consolidación y edafología. (Jaramillo, 2002).

El Soil Survey Division Staff (1993) define 6 horizontes o capas maestros en el suelo, los cuales simboliza con las letras mayúsculas: O, A, E, B, C y R. Recientemente, el Soil Survey Staff (1998) adicionó el símbolo W a la lista anterior para indicar la presencia de capas de agua dentro del suelo; este símbolo no se usa para capas de agua, hielo o nieve que estén sobre la superficie del suelo.

##### **4.2.1.1.1. Horizonte O.**

Son porciones del suelo dominadas por materiales orgánicos; no importa si estos materiales han estado o no saturados con agua; tampoco importa el grado de descomposición que tengan dichos materiales orgánicos para merecer el símbolo O.

#### **4.2.1.1.2. Horizonte A.**

Son horizontes minerales que se encuentran en la superficie del terreno o por debajo de un horizonte o capa O, si no son enterrados. Además, presentan (Jaramillo, 2002):

- Acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente mezclada con la fracción mineral del suelo y que no está dominado por características de horizontes E o B, y/o
- Propiedades resultantes de actividades de disturbación como laboreo, pastoreo, etc.

#### **4.2.1.1.3. Horizonte E.**

Es un horizonte mineral que se caracteriza por presentar pérdidas de arcillas y/o sesquióxidos de Fe y Al, generando una acumulación de partículas de arena y limo; generalmente está debajo de horizontes o capas O y A y sobre horizontes B; normalmente, presenta colores más claros y texturas más gruesas que los horizontes A y B, que lo confinan. (Jaramillo, 2002).

#### **4.2.1.1.4. Horizonte B.**

Son horizontes minerales que se desarrollan por debajo de alguno de los horizontes descritos anteriormente. En éstos se ha perdido casi todo vestigio de la estructura original del material parental y se observa alguno de los siguientes rasgos pedológicos, solo o combinado con otros (Jaramillo, 2002):

- Acumulación iluvial de arcillas, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso y/o sílice.
- Remoción de carbonatos.
- Acumulación residual de sesquióxidos.
- Recubrimientos con sesquióxidos.
- Formación de arcilla y/o liberación de óxidos.
- Formación de estructura prismática, blocosa o granular.

Estos horizontes son siempre subsuperficiales, a menos que hayan sido expuestos en la superficie por procesos erosivos que hayan eliminado horizontes superficiales como O, A y/o E, es decir, que se trate de suelos decapitados; no se consideran horizontes B aquellas capas de

materiales no consolidados que presentan recubrimientos de arcilla sobre fragmentos de roca o están en sedimentos finamente estratificados; tampoco son horizontes B las capas de acumulación de carbonatos que no están contiguas a otros horizontes genéticos, ni las capas donde el único proceso que ha actuado ha sido la gleización. (Jaramillo, 2002).

#### 4.2.1.1.5. *Horizonte Y Capas C.*

Son horizontes o capas que han sido muy poco afectados por procesos pedogenéticos; en las capas C se incluyen sedimentos, saprolitos y fragmentos de roca poco consolidados, que exhiben baja a moderada resistencia a la excavación; en los horizontes C se incluyen aquellas porciones del suelo que tienen acumulaciones de sílice, carbonatos, yeso o sales más solubles, aún endurecidas, que no presenten relación genética con los horizontes suprayacentes. (Jaramillo, 2002).

#### 4.2.1.1.6. *Capas R.*

Este concepto se reserva para las rocas duras, las cuales dificultan excesivamente su excavación, aunque pueden ser fragmentadas con equipos pesados. En la Figura 5.1 se presentan algunos perfiles de suelos en los que pueden verse varios de los horizontes maestros más comunes en nuestros suelos. (Jaramillo, 2002).

Tabla 1. Horizontes del suelo

HORIZONTES SEGÚN SSS		SIGNIFICADO ABREVIADO
1975	1998	
01	0i	Residuos orgánicos muy poco descompuestos
02	0a - 0e	Residuos orgánicos fuerte y moderadamente descompuestos, respectivamente
A1	A	Horizonte superficial con materia orgánica humificada y mezclada con la fracción mineral ó disturbado por el uso
A2	E	Eluvial de coloides del suelo
A3 - AB	AB - EB	Transicional entre A y B o entre E y B
A & B	E/B	Mezclado de E y B
AC	AC	Transicional entre A y C
B1	BA - BE	Transicional entre B y A o entre B y E
B & A	B/E	Mezclado de B y E
B2	B	Horizonte B característico
B3	BC - CB	Transicional entre B y C o entre C y B
C	C	Sedimentos, roca fragmentada y saprolitos
R	R	Sustrato rocoso duro y continuo
-	W	Capa de agua en el suelo
II, III, IV, etc.	2, 3, 4, etc.	Discontinuidad litológica

Nota: Tomado por el Autor (2022) de Jaramillo (2002). SSDS (1993) y SSS (1998).

En la siguiente figura se presenta la representación de los horizontes del suelo:

Figura 1. Representación de los Horizontes del Suelo



Nota: Tomado por el Autor (2022) de Internet.

#### 4.2.2. Métodos De Identificación De Microorganismos

Existen tres tipos de metodologías para la identificación de los microorganismos. Estos se ven enlistados a continuación (Cercenado & Cantón, 2010):

Tabla 2. Métodos de Identificación de Microorganismos

Métodos de Fenotípicos de Identificación	Métodos Moleculares de Identificación Bacteriana	Métodos Proteómicos de Identificación Bacteriana
Características Microscópicas	Genes empleados como dianas moleculares para la identificación de bacterias	Espectrometría de Masas  MALDI-TOF
Características Macroscópicas	Fundamento de las técnicas de identificación molecular bacteriana	
Cultivo	Análisis de secuencias	
Pruebas Bioquímicas	Identificación Molecular	
Pruebas Basadas a la Resistencia a Ciertas Sustancias		

Nota: Tomado por el Autor (2022) y adaptado a partir de Cercenado y Cantón, 2010.

### 4.2.3. Estrategias de Conservación del Suelo por la FAO.

En base a la Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenibles de los suelos en áreas rurales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura “FAO” se extraen estrategias que servirán como base para la realización de los programas de buenas prácticas y así incentivar el cambio a la recuperación de los suelos. Las estrategias se clasifican así (FAO, 2018):

Figura 2. Prácticas para el Uso y Manejo Sostenible de los Suelos

Prácticas para el Uso y Manejo Sostenible de los Suelos	
Prácticas Generales para la Sostenibilidad del Suelo	Obras biomecánicas para el Manejo del Suelo y los Flujos de Agua
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso por Vocación</li> <li>• Labranza mínima</li> <li>• Abonos verdes y cobertura permanente</li> <li>• Barreras y cercas vivas</li> <li>• Pastoreo Controlado y Rotativo</li> <li>• Rotación de Cultivos</li> <li>• Policultivos o cultivos asociados</li> <li>• Diversificación funcional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revegetalización de Taludes</li> <li>• Trinchos, terrazas y gaviones</li> <li>• Surcos en contorno de trazado de curvas de nivel</li> <li>• Trazado de senderos y zonas de circulación en áreas de conservación</li> <li>• Barreras corta fuegos en zonas forestales o de conservación</li> <li>• Zanjas de infiltración o banquetas</li> </ul>
Abonos Orgánicos y Biofertilizantes	Control biológico y biopreparados
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abonos orgánicos sólidos</li> <li>• Compostaje</li> <li>• Lombricompuesto</li> <li>• Biofertilizantes</li> <li>• Bioestimulantes o enraizadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control biológico</li> <li>• Alelopatía</li> <li>• Bioinsecticidas</li> <li>• Biofungicidas</li> </ul>

Nota: Tomado de la Guía de Prácticas para el Uso y Manejo Sostenible en Suelos de la FAO

#### 4.2.3.1. Medidas Para El Sobrepastoreo.

Conforme a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO por sus siglas en inglés, la práctica de manejo sostenible contra el sobre pastoreo refiere al “pastoreo controlado y rotativo”. (FAO, 2018).

Y este se define como rotar el ganado dentro del terreno, con la finalidad de evitar el suelo se compacte, permitiendo la aireación del suelo y mejore el rebrote de las praderas. (FAO, 1998). Por otra parte, los beneficios del pastoreo controlado son los siguientes:

- Distribución precisa de alimentos y nutrientes necesarios para el ganado

- Previene el sobrepastoreo
- Mejora la cobertura del suelo impidiendo su deterioro y erosión
- Mayor crecimiento de masa de los animales por la reducción de la energía motriz
- Ciclo de cultivos como proceso extractivo de nutrientes acumulativo
- Inhibe ciclos de plagas, enfermedades y arvenses
- Previene el deterioro de plantaciones propias y ajenas

### **4.3. MARCO CONCEPTUAL**

**Ambiente:** Es el conjunto de fenómenos o elementos naturales y sociales que rodean a un organismo, a los cuales este responde de una manera determinada. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o elementos no vivos (clima, suelo, agua). Todo en su conjunto condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos. (FAO).

**Conservación:** Es el mantenimiento o el cuidado que se le da a algo con la clara misión de mantener, de modo satisfactorio, e intactas, sus cualidades, formas, entre otros aspectos. En tanto, este concepto dispone de un uso habitual en ámbitos como el medio ambiente, la biología, y la industria alimentaria. (Conservación del Medio Ambiente, 2015).

**Contaminación del suelo:** Es el depósito de desechos degradables o no degradables que se convierten en fuentes contaminantes del suelo. (FAO, 2019).

**Ecosistema:** Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional. (Reinato de España, 2007).

**Erosión:** Pérdida de la capa vegetal que cubre la tierra, dejándola sin capacidad para sustentar la vida. La erosión tiene un lugar en lapsos muy cortos y esta favorecida por la pérdida de la cobertura vegetal o la aplicación de técnicas inapropiadas en el manejo de los recursos naturales renovables (suelo, agua, flora y fauna). (CAR).

**Impacto ambiental:** Es la repercusión de las modificaciones en los factores del Medio Ambiente, sobre la salud y bienestar humanos. Y es respecto al bienestar donde se evalúa la calidad de vida, bienes y patrimonio cultural, y concepciones estéticas, como elementos de valoración del impacto. (CAR).

**Incendio forestal:** Corresponde a un fuego que se propaga sin control a través de vegetación rural o urbana y pone en peligro a las personas, los bienes y el medio ambiente. En el mundo, los incendios forestales constituyen la causa más importante de destrucción de bosques. En un incendio forestal no sólo se pierden árboles y matorrales, sino también casas, animales, fuentes de trabajo e inclusive vidas humanas. (CNE, 2019).

**Microorganismo:** También llamado microbio u organismo microscópico, es un ser vivo que sólo puede visualizarse con el Microscopio. La ciencia que estudia a los microorganismos es la Microbiología. «Micro» del griego (diminuto, pequeño) y «bio» del griego (vida) seres vivos diminutos. (Sánchez Contreras, González F., Ayora Talavera, Evangelista Martínez, & Pacheco López)

**Suelo:** es la parte superficial de la corteza terrestre entre la roca y la atmósfera que está dotada de una gran complejidad, tanto estructural como funcional. Esto es debido a las mutuas relaciones que se mantienen entre la biocenosis edáfica (seres vivos en el interior del suelo) y el sustrato físico y químico donde se desarrolla. El suelo actúa como aceptor y proveedor de agua y nutrientes para las raíces, como espacio vital para una gran comunidad de organismos y animales, como depurador del medio natural y como fuente de materiales para la construcción. Asimismo, el suelo es un componente básico del ecosistema, que al tiempo condiciona su evolución. (Jaramillo, 2002).

**Suelos degradados:** se define como 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. (FAO, 2018).

**Recuperación:** es la acción y efecto de recuperar o recuperarse (volver en sí o a un estado de normalidad, volver a tomar lo que antes se tenía, compensar). (Illescas, 2017).

#### 4.4. MARCO CONTEXTUAL

La ciudad de Valledupar es la capital mundial del Vallenato y del departamento del Cesar, se ubica al norte de Colombia en el Valle medio del río Cesar e históricamente el Valle del Cacique Upar, he allí su nombre, rodeado en sus extremos de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá. (Alcaldía de Valledupar, 2020).

Figura 3. Localización del Ecoparque Los Besotes



Nota: Elaborado por el Autor, 2022.

El Ecoparque Los Besotes se encuentra en el Parque Natural Regional Los Besotes y es una zona de importancia ambiental porque en ella se encuentra un ecosistema reconfortado por el tiempo y que posee una extensión de 3,109.49 Hectáreas y que fue declarado Santuario de Vida Silvestre mediante resolución 2372 de 2010. (RUNAP, 2018).

La principal actividad económica que se desarrolla en este sitio es la investigación y el turismo ambiental, debido a que es una ventana a la biodiversidad y flora de la región Caribe y sobre todo destacado en la avifauna por la gran variedad de especies que existen siendo consecutivamente primer puesto en el Global Bird Day. (Pushaina, 2022).

Esta zona ha sido varias veces devastada por los incendios forestales y debido a su importancia ecológica, de la biodiversidad existente y del medio ambiente purificador es necesario que siempre sea objeto de investigaciones en torno a ella.

#### 4.5. MARCO LEGAL

Tabla 3. Normatividad General Aplicable al Contexto de la Investigación

Tema	Legislación	Descripción	Aplicación
Conservación del recurso	Ley 23 de 1973	Tiene como prioridad la prevención y control de la contaminación del medio ambiente, mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales; determinando también como bienes contaminables el aire, el agua y el suelo.	Es importante considerarla porque se ingresará en un sitio priorizado como área importante para la ecología y la biodiversidad
	Decreto ley 2811 de 1974	Código nacional de los recursos naturales renovables y de protección del medio ambiente.	Conforme a la reglamentación en la gestión del suelo en uso investigativo
	Decreto 1449 de 1977	Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática	Necesaria porque la biodiversidad merece respeto al momento de extraer muestras del sitio de investigación
	Ley 09 de 1979	Código sanitario nacional	Debido a que se deben cumplir requerimientos de protección en todos los procesos para evitar contaminación cruzada

Tema	Legislación	Descripción	Aplicación
	Decreto 1974 de 1989	Por el cual se reglamenta el artículo 310 del Decreto - Ley 2811 de 1974, sobre Distritos de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables y la Ley 23 de 1973.	Reglamentación que permite el manejo integrado de los recursos naturales como una forma de permitir el desarrollo de procesos en pro a la mejora
Usos del suelo y ordenamiento del territorio	Decreto 843 de 1979	Se dictan disposiciones para el control de la industria y comercio de los bonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo, alimentos para animales, plaguicidas de uso agrícola, defoliantes, reguladores fisiológicos de las plantas, drogas y productos biológicos de uso veterinario.	Como se pretende recopilar muestras de una zona virgen y poco accedida se procede a considerar que no existan actividades que permitan alterar las condiciones naturales del suelo.
	Decreto 1843 de 1991	Reglamenta el uso y adecuado manejo de plaguicidas a nivel nacional, incluyendo aproximaciones sobre parámetros técnicos y niveles de toxicidad.	Se considera porque es necesario verificar que la zona de extracción de la muestra debe estar libre de actividades que puedan producir contaminación no natural.
	Ley 99 de 1993	Se establecen regulaciones ambientales en torno a actividades agropecuarias como el uso de agroquímicos, especialmente lo referente a	Se considera porque es necesario verificar que la zona de extracción de la muestra debe estar libre de actividades que puedan

Tema	Legislación	Descripción	Aplicación
		la importación, distribución, producción y comercialización de pesticidas, acogiéndose a convenios internacionales, como la decisión andina 436 del acuerdo de Cartagena y sus normas reglamentarias.	producir contaminación no natural.
	Ley 388 de 1997	Da a los municipios los mecanismos para promover el ordenamiento territorial, el uso del suelo, la preservación y defensa de su patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial, así como armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la ley 9 de 1989, con las nuevas normas establecidas en la constitución política, la ley orgánica del plan de desarrollo, la ley orgánica de áreas metropolitanas.	Se considera porque las entidades científicas brindan a las autoridades municipales los mecanismos de información para mejorar su patrimonio ecológico y hacer gestión territorial en aras de la gobernabilidad.
	Decreto 1076 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único, esta versión incorpora las modificaciones introducidas al Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo	Reglamentación ambiental exigida en toda investigación ambiental ya que aporta las líneas gruesas para el estudio

<b>Tema</b>	<b>Legislación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aplicación</b>
		Sostenible a partir de la fecha de su expedición.	ambiental que se pretende desarrollar.
Flora silvestre y bosques	Ley 2 de 1959	Reserva forestal y protección de suelos y agua	Se menciona por el requerimiento de respetar la naturaleza y el medio ambiente.
	Ley 299 de 1995	Por la cual se protege la flora colombiana.	

Nota Tomado por el Autor (2022) de la sección Normativa del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE) y Ministerio de Salud y Protección Social (MINSALUD).



## **5. MARCO METODOLÓGICO**

### **5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN**

Este trabajo de grado se adscribe a la línea de investigación denominada Sostenibilidad y Gestión Ambiental, en la sublínea que se denomina Gestión Integral Ambiental del Suelo y en el área temática Uso de Tecnologías para la Gestión Integral Ambiental del Suelo, que pertenecen al programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar. (UNICESAR, 2021).

### **5.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN**

El enfoque de investigación es cuantitativo porque la información que se recopilará en campo será tratada para obtener representaciones de datos con los cuales se pueden tomar decisiones. Se toma con base a la recomendación de los Lineamientos y Guía Orientadora para la Estructuración y Formulación de Anteproyecto y Proyecto de Grado en el programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria (Versión 3) (UNICESAR, 2021) y conforme al libro Metodología de la Investigación las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta de Hernández y Mendoza (2018).

### **5.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN**

El alcance de la investigación es correlacional porque la información que se recopilará en campo que es de tipo numérico permitirá cuantificar las variables y relacionarlas entre sí para dar explicaciones a sucesos o fenómenos que puedan emparejarse y comportarse tendencial o indiferentemente. Se toma con base a la recomendación de los Lineamientos y Guía Orientadora para la Estructuración y Formulación de Anteproyecto y Proyecto de Grado en el programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria (Versión 3) (UNICESAR, 2021) y conforme al libro Metodología de la Investigación de Hernández, Fernández y Baptista (2014).

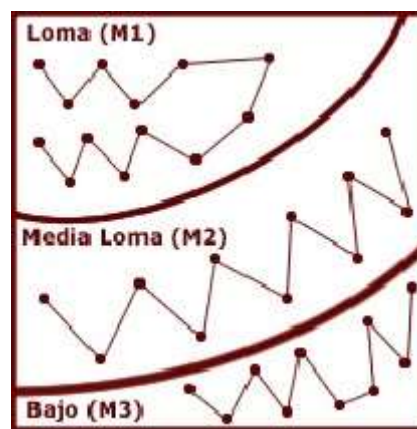
### **5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población de estudio corresponde a los suelos devastados por incendio forestal en el área protegida de reserva ecológica, santuario para la vida silvestre Ecoparque los Besotes en el Parque Natural Regional Los Besotes, al norte de la ciudad de Valledupar.

## 5.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional se realizó conforme a metodología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para la toma de Muestra para el Análisis del Laboratorio Nacional de Suelos, que corresponde a 1 kilogramo por unidad parcelaria, en este caso particular se proyectan cuatro para un único tiempo de estudio. Una muestra de suelo representativa de las condiciones no alteradas del suelo y tres muestras tomadas de suelos devastados por incendios forestales en la región del Ecoparque Los Besotes. (IGAC, 2017).

Figura 4. Representación Gráfica de la Toma de Muestras



Nota: Tomado por el Autor (2022) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2013).

Conforme al IGAC, el tipo de muestreo más adecuado y sencillo para su aplicación es en zig-zag. En este método se toman unas 15 o 20 submuestras a lo largo y ancho del terreno que luego se mezclan en el balde o lona hasta completar 1 kilogramo. Por lo tanto, serán 4 kilogramos para análisis de suelo. (IGAC, 2017). También se tomará 4 kilogramos más para realizar análisis de microorganismos presentes.

## 5.6. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es no experimental transeccional o transversal, ya que fue desarrollada en un único momento del tiempo y no consistió en manipulación de variables, puesto que el alcance además de correlacional es causal y se busca determinar si hay algún comportamiento específico de la dosis suministrada al suelo sin pretender alterar las condiciones en las que se da o aplicar algún tratamiento particular (Hernández y Mendoza, 2018)

## 5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO

### *Etapa 1. Caracterización De Los Parámetros Físico y Químicos A Suelos Post Incendio Forestal En Zona De Influencia Del Cerro El Cóndor Del Ecoparque Los Besotes De Valledupar*

#### **Actividad 1.1. Toma De Muestras.**

**Descripción:** Se realizó la salida de campo para la toma de muestra en zona post-incendio en el Ecoparque Los Besotes con el acompañamiento de guía. Tal como se explicó en sección anterior, la muestra se tomó siguiendo el protocolo de la guía del IGAC, captando cuatro kilogramos mínimos de zonas conservadas y devastadas para análisis de laboratorio físico y químico.

#### **Actividad 1.2. Análisis Físico y Químico.**

**Descripción:** considerando la Guía del IGAC, los parámetros fisicoquímicos que fueron cuantificados y analizados en esta sección fueron los siguientes:

Tabla 4. Propiedades y Parámetros Fisicoquímicos

<b>Propiedades</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica Y/O método</b>
Física	Textura	% De Arcilla, Limo Y Arena	Método De Bouyoucos,1962
	Porosidad	%	Cilindro Biselado, Densidad Aparente Y Densidad Real.
	Fosforo	Ppm	Oslen Modificado,2003
Química	Potasio	Meq/100g	Oslen Modificado,2003
	Nitrógeno (Total Y Orgánico)	%	Oslen Modificado,2003
	Calcio (Total)	Meq/100g	Kcl Para Acidez Intercambiable
	Magnesio	Meq/100g	Kcl Para Acidez Intercambiable
	Hierro	Ppm	Análisis De Fertilidad
	Sodio		

Propiedades	Dimensiones	Indicador	Técnica Y/O método
	Materia Orgánica	%	Digestión Húmeda
	CIC	Meq/100g	Solución Norte
	pH Sodio	(H30+)1-7 Y De 7-10	Carolina O Mehhch I (Mehlch, 1953) Ntc 5268,Igac,2010 Método Potenciómetro

Nota: Tomado del IGAC, 2017.

***Etapa 2. Incubación De Los Microorganismos Identificados En Suelos Post Incendio Forestal En Laboratorio De Microbiología De La Universidad Popular Del Cesar***

**Actividad 2.1. Caracterización De Grupos de Microorganismos.**

**Descripción:** Se realizó la caracterización de la familia y grupos de microorganismos que se tienen en la muestra de suelo siguiendo la Guía y Protocolo del Laboratorio de Microbiología con la cual se pudo conocer la presencia de grupos de biota microbiana tanto para la muestra correspondiente a un suelo no perturbados, así como los suelos arrasados por incendios.

**Actividad 2.2. Incubación De Microorganismos.**

**Descripción:** Se realizó la siembra e inoculación de los microorganismos en los caldos o en agar con las condiciones adecuadas para su crecimiento con tal de poder conocer su cinética de crecimiento. Se supervisó las colonias y su capacidad de adaptación a las condiciones que simulan correctamente el ambiente de crecimiento con tal de producir un volumen suficiente para los ensayos posteriores.

***Etapa 3. Evaluación De La Capacidad De Recuperación De Suelos Devastados Por Incendios Forestales Mediante Caracterización Físicoquímica E Indicadores Vegetativos En Parcela Piloto Ex Situ En La Ciudad De Valledupar***

**Actividad 3.1. Preparación De Parcelas.**

**Descripción:** se realizó la implementación de microorganismos en parcelas afectadas en su suelo por incendios simulados. Para ello se prepararon parcelas mediante la densidad de siembra de la leguminosa *Vigna unguiculata* o frijol cabecita negra, del cual muchas investigaciones resaltan su capacidad para realizar aportes al suelo mediante la cohesión

microbiana como una matriz importante. Conforme a Cárdenas y Linero (2021) la distribución lógica apropiada para la prueba se divide así:

Figura 5. Parcelación para la evaluación de recuperación

Parcelación 1 <i>Acaulosporaceae</i>	Parcelación 2 <i>Trametes spp.</i>	Parcelación 3 <i>Coniothyrium spp.</i>
Proporción 3 <i>Mixed de Microorganismos</i>	Blanco	

Nota: Elaborado por el Autor (2022) a partir de Cárdenas y Linero (2021)

En la figura anterior se observan varias proporciones para cada parcela, esta dependerá de los resultados obtenidos en actividades preliminares. El tamaño de las parcelas será estimado con la densidad de la siembra de la especie.

### Actividad 3.2. Implementación De La Especie.

**Descripción:** Se realizó la implementación de la especie *Vigna unguiculata* en las parcelas y se inocularon diferentes proporciones de microorganismos en todas las parcelas para poder estimular el crecimiento de esta. Se realizó un seguimiento de indicador ecológico a las plantas como el tiempo de brote (de 2 a 3 días de siembra), tamaño de crecimiento diario post brote, número de hojas y flores, número de vainas, coloración de las hojas, ancho y largo de las hojas, tamaño del tallo, número de decesos, entre otras características morfométricas y morfológicas que se puedan identificar. La importancia de hacerle seguimiento a estas plantas fue debido a la posibilidad de suministro de requerimientos y de protección, puesto que así se garantizó las necesidades del suelo para otorgarle a la especie y esta pueda retribuirlo, se buscó en lo posible suministros netamente orgánicos, sin embargo, primeramente, se quiere analizar la posibilidad y capacidad de los microorganismos. Se consiguió un periodo de cosecha de entre 85 a 120 días (periodo de cosecha) o con el deceso de las especies.

### Actividad 3.3. Evaluación Del Suelo.

**Descripción:** se practicó una caracterización básica del suelo disturbado antes y después de la siembra de la especie e inoculación del microorganismo (solo a las parcelas proporcionadas) conociendo la evolución adicionado requerimientos al suelo y planta para mejorar la fertilidad de este y así determinar el porcentaje de recuperación del suelo.

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 6.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO Y QUÍMICOS A SUELOS POST INCENDIO FORESTAL EN ZONA DE INFLUENCIA DEL CERRO EL CÓNDOR DEL ECOPARQUE LOS BESOTES DE VALLEDUPAR

#### 6.1.1. Toma De Muestra

Con el fin de profundizar en el conocimiento de la biodiversidad y los ecosistemas locales, el presente proyecto de investigación se lleva a cabo como fase crucial, iniciando con la toma de muestra en inmediaciones del Ecoparque Los Besotes, es de destacar que este parque, es reconocido por su riqueza natural y diversidad biológica y se erige como un entorno idóneo para el estudio de la flora y fauna autóctona.

La recolección de muestras en este hábitat específico permite no solo entender mejor la dinámica de este ecosistema, sino también avanzar en la conservación y manejo sostenible de sus recursos. En este contexto, se inició el proceso de toma de muestras, con el objetivo de capturar la esencia y la complejidad de este fascinante entorno natural.

Figura 6. Visita realizada al Ecoparque Los Besotes en la Región de Los Besotes



Nota: Fotografía realizada al Autor, 2023.

Para la toma de muestra de suelo, se realizó el procedimiento presentado en la siguiente figura, con esto se garantizó que la muestra fuera bien dispuesta y cuidada:

Figura 7. Paso a paso de la toma de muestra hasta llevarla a laboratorio

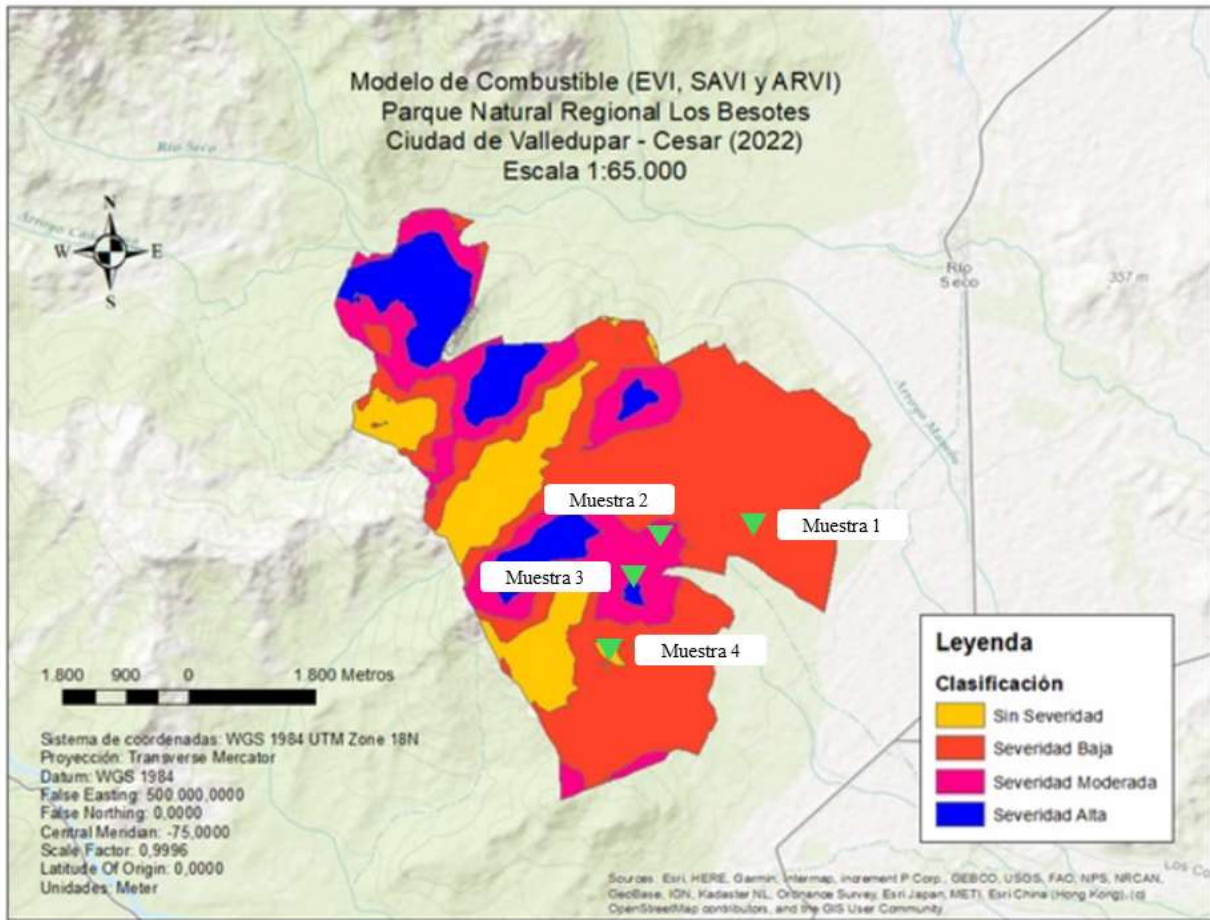


Nota: Tomado por el Autor (2024) a partir de Aguilar M. (2015).

Para la toma de muestra se tuvo en cuenta información disponible respecto a los suelos en el Plan de Manejo Ambiental del Parque Natural Regional Los Besotes, es de aclarar que esta zona de interés ha sido muy estudiada por diversos autores, entre ellos Castillo et. Al. (2023), los cuales establecieron a través de un modelo de combustible forestal las zonas más propensas a sufrir incendios, lo que fue una guía esencial para la captación de la muestra.

En la siguiente figura, se puede apreciar las zonas que fueron consideradas para la captación de la muestra, hay que tener en cuenta que el Ecoparque Los Besotes, conocido por su nombre predial PARA VER, se encuentra en este Parque Natural Regional y que la toma de suelos influye directamente también en su evaluación.

Figura 8. Localización de las muestras de suelo captadas en el Mapa Modelo de Combustible



Nota: Tomado y Adaptado por el Autor (2024) a partir de Castillo et. Al. (2023).

En total se recolectaron cuatro kilogramos de suelo, los cuales, fueron evaluados en sus parámetros Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio, Aluminio, Capacidad de Intercambio Catiónico, Cloruros, Fósforo, Nitrógeno-Nitritos, Nitrógeno-Nitratos, Azufre, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro, pH, Conductividad Eléctrica, Porcentaje de Arena, Porcentaje de Limo, Porcentaje de Arcilla, Textura, Materia Orgánica, Carbono Orgánico, Nitrógeno Total, Relación Carbono/Nitrógeno, Saturación de Humedad, Saturación de Bases y Densidad Aparente.

Esto fue realizado con el laboratorio y consultoría ambiental Hábitat, quienes trabajan en convenio con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y sus análisis se hacen de manera rápida, dando resultados en menos de una semana, a diferencia de los trámites administrativos que conlleva el enviar una muestra a Bogotá como si suele suceder con el IGAC, cuyos tiempos de respuestas son extendidos y poco rentables.

La siguiente figura presenta la cantidad de suelo recopilada:

Figura 9. Muestra de suelo tomada para la selección de 1 kilogramo representativo



Nota: Fotografía realizada al Autor, 2023.

Posteriormente, fueron caracterizadas las muestras.

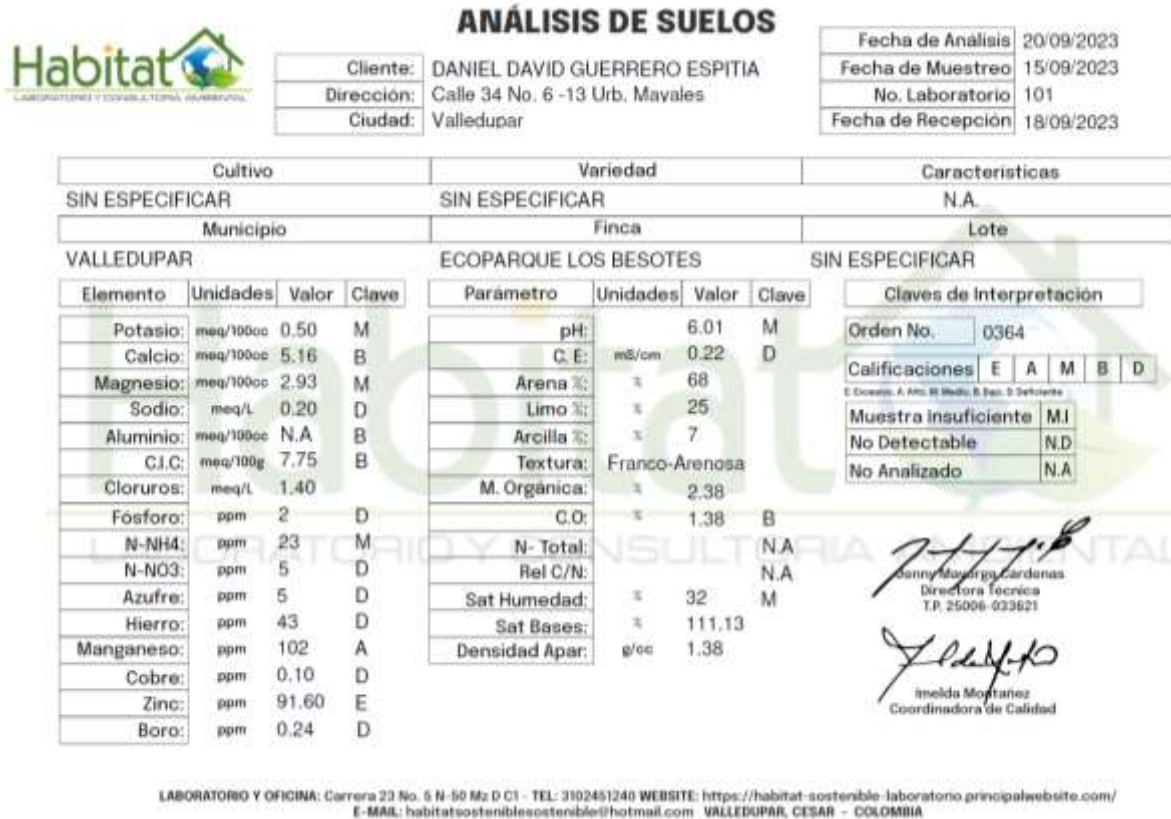
### **6.1.2. Análisis Físico y Químico**

El estudio de estos parámetros fisicoquímicos en suelos conlleva numerosas ventajas para la comprensión y gestión adecuada de los ecosistemas terrestres.

Primeramente, permite evaluar la fertilidad del suelo al determinar la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como el potasio, calcio, magnesio, fósforo, nitrógeno y azufre. Esta información es fundamental para optimizar la producción agrícola y forestal, así como para diseñar estrategias de fertilización adecuadas.

En segundo lugar, el análisis de parámetros como el pH, la capacidad de intercambio catiónico y la saturación de bases proporciona datos sobre la acidez, capacidad de retención de nutrientes y equilibrio iónico del suelo, lo que influye en la salud de las plantas y la eficiencia de los cultivos. (continúa después de la página siguiente).

Figura 10. Resultados de la Caracterización General de la Muestra Compuesta de Suelos


 LABORATORIO Y OFICINA: Carrera 23 No. 5 N-50 Mz D C1 - TEL: 3102451240 WEBSITE: <https://habitat-sostenible-laboratorio.principalwebsite.com/>  
 E-MAIL: [habitatosteniblesostenible@hotmail.com](mailto:habitatosteniblesostenible@hotmail.com) VALLEDUPAR, CESAR - COLOMBIA

Nota: La caracterización presentada es de propiedad del autor, 2023.

Asimismo, la determinación de elementos potencialmente tóxicos como aluminio y metales pesados (hierro, manganeso, cobre, zinc, boro) es crucial para prevenir la contaminación del suelo y proteger la calidad de los alimentos y recursos hídricos.

Por otro lado, el análisis de la textura del suelo (porcentaje de arena, limo y arcilla) y la densidad aparente proporciona información sobre su estructura física, permeabilidad y capacidad de retención de agua, lo que influye en la capacidad de infiltración, erosión y drenaje del suelo. Además, el estudio de la materia y el carbono orgánicos ayuda a evaluar la fertilidad y el estado de conservación del suelo, así como su capacidad para almacenar carbono atmosférico y mitigar el cambio climático. En sí, el análisis integrado de estos parámetros fisicoquímicos es esencial para entender la dinámica de los suelos, optimizar la producción agrícola y forestal, prevenir la degradación ambiental y promover prácticas de manejo de los servicios ecosistémicos. A este trabajo se suman caracterizaciones hechas por el IGAC en la zona de estudio, se presentan en el ANEXO A.

### **6.1.2.1. Nutrientes Principales.**

El análisis detallado de los parámetros fisicoquímicos del suelo, según lo investigado por Núñez J., et. Al. (2023), destaca la importancia crítica de elementos como el potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), iones de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y azufre (S) en el adecuado desarrollo de las plantas y la salud general del suelo. La presencia y concentración de estos nutrientes influyen directamente en procesos vitales para las plantas, como la función enzimática, la fotosíntesis, la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes.

Para la muestra colectada y analizada, se destaca un nivel óptimo de potasio, alrededor de 0,5 meq/100 cc, lo cual es crucial para garantizar una adecuada resistencia a enfermedades y un equilibrio hídrico óptimo. Asimismo, un nivel adecuado de calcio, alrededor de 5,16 meq/100 cc, lo cual es esencial para la estructura del suelo y la absorción de nutrientes. Además, la concentración de amonio y nitrato, alrededor de 23 ppm y 5 ppm respectivamente, indica una disponibilidad significativa de nitrógeno, fundamental para el crecimiento vegetal. Sin embargo, es importante considerar que niveles inadecuados de fósforo y azufre, alrededor de 2 ppm y 5 ppm, limitan el crecimiento óptimo de las plantas y afectar su nutrición.

### **6.1.2.2. Nutrientes Secundarios o Micronutrientes.**

El análisis exhaustivo de los micronutrientes en el suelo, según lo investigado por Blumen y Schwetmann (1969), arroja luz sobre la importancia crítica del hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn) y boro (B) en el desarrollo saludable de las plantas y el mantenimiento de la productividad agrícola. Estos micronutrientes desempeñan roles fundamentales en una variedad de procesos biológicos, desde la síntesis de clorofila hasta la activación de enzimas y la translocación de azúcares.

Primeramente, el hierro, con un nivel óptimo de alrededor de 43 ppm, es esencial para la síntesis de clorofila y la fotosíntesis, lo que influye directamente en el vigor y el rendimiento de los cultivos. Del mismo modo, el manganeso, con un nivel recomendado de 102 ppm, juega un papel crucial en la fotosíntesis y la activación de enzimas, siendo vital para el metabolismo de las plantas.

En segunda instancia, el cobre y el zinc, aunque requeridos en cantidades mínimas, son indispensables para procesos bioquímicos clave, como la síntesis de proteínas y el crecimiento vegetal. Se sugiere un nivel de alrededor de 0,10 ppm de cobre y 91,60 ppm de zinc para garantizar una nutrición adecuada de las plantas y evitar deficiencias que podrían limitar su desarrollo.

Por tercera y última instancia, el boro, aunque no específicamente abordado por Blumen y Schwetmann, desempeña un papel crucial en la formación de paredes celulares y la translocación de azúcares. Un valor aproximado de 0,24 ppm podría ser suficiente para la mayoría de los cultivos, destacando su importancia en la salud y la productividad de las plantas.

### **6.1.2.3. Características de Acidez y Alcalinidad**

El análisis detallado de los parámetros fisicoquímicos del suelo proporciona una visión integral de su salud y capacidad para soportar el crecimiento de las plantas, como destacan Núñez J. et al. (2023) y Abbate P. y Andrade F. (2015). Abordando el pH del suelo analizado, con un valor de 6,01, revela un ligero carácter ácido, un factor crucial que influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Mantener un pH adecuado es esencial para optimizar la absorción de nutrientes, como han resaltado Núñez-Peñaloza et al. (2023). Por otro lado, no se proporciona un valor específico para la concentración de aluminio en el suelo, esto plantea una despreocupación porque su toxicidad afecta las plantas.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), medida en 7,75 meq/100 g, sugiere una capacidad moderada de retención de nutrientes en el suelo. Abbate y Andrade (2015) han examinado la relación entre la CIC y el rendimiento de los cultivos, destacando la importancia de este parámetro para la productividad agrícola. Los cloruros, con una concentración de 1,40 meq/L, plantean preocupaciones sobre su posible impacto negativo en la salud del suelo y la disponibilidad de nutrientes, aunque se requieren investigaciones adicionales para comprender completamente su efecto en las condiciones locales del suelo.

Por último, la saturación de bases, con un valor del 111,13%, indica una alta saturación de bases en el suelo, lo que puede tener implicaciones significativas para su fertilidad. Núñez-Peñaloza et al. (2023) han explorado la relación entre la saturación de bases y la fertilidad del suelo, subrayando la importancia de este parámetro para comprender la capacidad del suelo para soportar el crecimiento de las plantas.

#### **6.1.2.4. Textura y Composición Física**

La textura del suelo representa una propiedad fundamental que incide en una serie de características y procesos vitales para su adecuado funcionamiento. Los resultados proporcionados revelan una composición granulométrica donde el Porcentaje de Arena alcanza un 68%, el Porcentaje de Limo un 25% y el Porcentaje de Arcilla un 7%. Esta combinación de partículas define una textura franco-arenosa, la cual, según investigaciones como las de Smith et al. (2018), tiende a favorecer la retención de agua y la aireación del suelo. Se destaca que a mayor proporción de partículas finas (limo y arcilla), la superficie específica del suelo aumenta, lo que afecta significativamente la capacidad de retención de nutrientes y la actividad biológica, como indican estudios como el de FAO.

En cuanto a la Densidad Aparente, con un valor de 1,38 gr/cc, este parámetro refleja la masa de suelo por unidad de volumen. Valores más bajos, como este, sugieren una mayor porosidad y espacio para el movimiento del agua y las raíces, aspectos cruciales para la salud del suelo y el desarrollo adecuado de las plantas. Sin embargo, la densidad aparente también está relacionada con la compactación del suelo, lo que puede afectar la infiltración de agua y la disponibilidad de oxígeno para las raíces, como sugiere el estudio de García-Palacios et al. (2019).

#### **6.1.2.5. Contenido de Materia Orgánica**

La materia orgánica del suelo estudiado, representada por un porcentaje del 2,38%, emerge como un componente crítico que influye significativamente en la salud y la fertilidad del suelo. Compuesta por residuos de plantas y animales en diversas etapas de descomposición, esta materia orgánica desempeña múltiples funciones vitales para el ecosistema del suelo. Particularmente, el carbono orgánico, que constituye el 1,38% de la materia orgánica del suelo, desempeña un papel esencial como fuente de energía para los microorganismos del suelo y afecta la disponibilidad de nutrientes y la calidad del suelo, como indica Smith et al. (2018).

Aunque los datos sobre el Nitrógeno Total no están disponibles en este análisis, la falta de esta información no resta importancia a su relevancia. El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas y está estrechamente relacionado con la materia orgánica y la actividad microbiana, como sugiere García-Palacios et al. (2019).

#### **6.1.2.6. Propiedades Físicas Adicionales**

La Conductividad Eléctrica (CE) y la Saturación de Humedad son propiedades físicas adicionales del suelo que desempeñan un papel crucial en su calidad y capacidad para sostener la vida vegetal. La CE, medida de la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica, se relaciona estrechamente con la salinidad del suelo y, por ende, con su idoneidad para el crecimiento de las plantas. Investigaciones realizadas por Rhoades et al. (1992) destacan la importancia de la CE como un indicador confiable de la salinidad y la calidad del agua de riego, mientras que Hillel (2004) discute su papel en la gestión de la salinidad del suelo, proporcionando así una base sólida para comprender su influencia en la agricultura y la gestión del suelo.

Por otro lado, la Saturación de Humedad, que indica el contenido de agua en el suelo cuando está completamente saturado, afecta la disponibilidad de oxígeno para las raíces y la actividad microbiana, siendo esencial para el crecimiento saludable de las plantas. Los estudios de Richards (1983) mencionado por Campos et. Al (2020) han proporcionado información valiosa sobre la relación entre la saturación de humedad y la disponibilidad de oxígeno en el suelo, lo que subraya su importancia para el entendimiento y la gestión efectiva de las propiedades físicas del suelo.

#### **6.1.2.7. Suelos Caracterizados en la Región de Los Besotes.**

Siguiendo lo especificado en las características físico químicas del ANEXO A, las cuales fueron presentados en el Estudio Básico para la Declaratoria de un Área Natural Protegida en la Región de Los Besotes (municipio de Valledupar) y formulación de su plan de Manejo, expedido por la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR), en el año 2011, también se pueden extraer características relevantes de los suelos, como la amplia gama de propiedades físicas y químicas que influyen en la calidad y la capacidad del suelo para soportar la vegetación y otros ecosistemas. Estas diferencias proporcionan información valiosa para comprender la diversidad edáfica de la región y su impacto en la biodiversidad y la gestión ambiental.

Figura 11. Zonas planas de la vegetación xerofítica de la Región de Los Besotes



Nota: Fotografía tomada del Estudio Básico para la Declaratoria de un Área Natural Protegida en la Región de Los Besotes (municipio de Valledupar) y formulación de su plan de Manejo expedido por CORPOCESAR en el 2011.

En cuanto al pH del suelo, se observa una variabilidad significativa entre las consociaciones, con valores que oscilan desde ligeramente ácidos hasta neutros. Por ejemplo, la Consociación Cóndores presenta un pH medianamente ácido, mientras que la Consociación Río Seco muestra un pH neutro en su primer horizonte. Estas diferencias en el pH pueden influir en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la actividad microbiana del suelo.

El contenido de materia orgánica es otro aspecto que varía entre las consociaciones. Consociaciones como Besotes y Esperanza exhiben niveles relativamente altos de materia orgánica en el horizonte superficial, lo que puede mejorar la estructura del suelo y la retención de humedad. Por otro lado, consociaciones como Agua Blanca muestran niveles más bajos de materia orgánica, lo que puede afectar la fertilidad del suelo y su capacidad para retener nutrientes.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) también varía entre las consociaciones, con valores que van desde bajos hasta medios. Una alta CIC, como la observada en la Consociación Esperanza, puede indicar una mayor capacidad del suelo para retener y liberar nutrientes para las plantas. Sin embargo, consociaciones como Mangos y Corrales muestran una CIC más baja, lo que puede limitar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

La saturación de bases es otro parámetro importante que varía entre las consociaciones. Valores altos de saturación de bases, como los observados en la Consociación Besotes, pueden indicar una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. Sin embargo, consociaciones como Agua Blanca muestran una saturación de bases más baja, lo que puede requerir prácticas de manejo específicas para mejorar la fertilidad del suelo.

En cuanto a las propiedades físicas del suelo, la textura y el desarrollo estructural son aspectos importantes a considerar. Consociaciones como Mangos y Agua Blanca muestran una textura franco arenosa, mientras que Consociaciones como Corrales muestran una textura más arcillosa. La presencia de fragmentos de roca dentro del perfil del suelo también afecta la retención de humedad y la profundidad efectiva del suelo, como se observa en varias consociaciones.

## **6.2. INCUBACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS IDENTIFICADOS EN SUELOS POST INCENDIO FORESTAL EN LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

### **6.2.1. Caracterización De Grupos de Microorganismos**

Para realizar la caracterización de grupos de microorganismos, desde su paso a paso establecido para identificar bacterias, hongos y virus, se consideraron procedimientos establecidos por Rhoades, J. et. Al. (1992), Hillel, D. (2004), Rosado et. Al. (2020), Romero et. Al. y Rosabal et. Al. (2021), puesto que estos autores han estudiado procedimientos ligados a los intereses de este proyecto.

Por lo tanto, antes de proceder a presentar los resultados de este trabajo es incondicional mencionar que se tuvo apoyo de estudiantes que desarrollan investigaciones no relacionadas del programa de Microbiología, estos, con su conocimiento impartieron los procedimientos presentados en las siguientes páginas:

Para la identificación de Bacterias, se lleva el siguiente procedimiento:

Tabla 5. Procedimiento Estándar para la Identificación de Bacterias

<i>Aislamiento</i>	Recolecta muestras de suelo afectado por el incendio.
	Siembra una pequeña cantidad de suelo en placas con agar nutritivo.
<i>Crecimiento en Cultivo</i>	Incuba las placas a la temperatura adecuada durante 24-48 horas.
<i>Observación Visual</i>	Observa la aparición de colonias bacterianas en las placas.
<i>Prueba de Gram</i>	Realiza la tinción de Gram para determinar si las bacterias son Gram positivas o Gram negativas.
<i>Pruebas Bioquímicas</i>	Realiza pruebas simples para determinar características como la capacidad de degradar almidón, proteínas o celulosa.

Nota: Procedimiento adoptado a partir de Rhoades, J. et. Al. (1992), Hillel, D. (2004), Rosado et. Al. (2020), Romero et. Al. y Rosabal et. Al. (2021)

Para la identificación de Hongos, se lleva el siguiente procedimiento:

Tabla 6. Procedimiento Estándar para la Identificación de Hongos

<i>Aislamiento</i>	Recolecta muestras de suelo y siembra una pequeña cantidad en placas con agar de papa dextrosa (PDA) u otro medio de cultivo para hongos.
<i>Crecimiento en Cultivo</i>	Incuba las placas a temperatura ambiente durante varios días.
<i>Observación Visual</i>	Observa la formación de colonias fúngicas en las placas.
<i>Características Macroscópicas</i>	Examina características como el color, la textura y el tamaño de las colonias.
<i>Microscopía simple</i>	Prepara una muestra de la colonia fúngica y observa las estructuras microscópicas básicas, como las esporas y las hifas, utilizando un microscopio óptico.

Nota: Procedimiento adoptado a partir de Rhoades, J. et. Al. (1992), Hillel, D. (2004), Rosado et. Al. (2020), Romero et. Al. y Rosabal et. Al. (2021)

Para la identificación de Virus, se lleva el siguiente procedimiento:

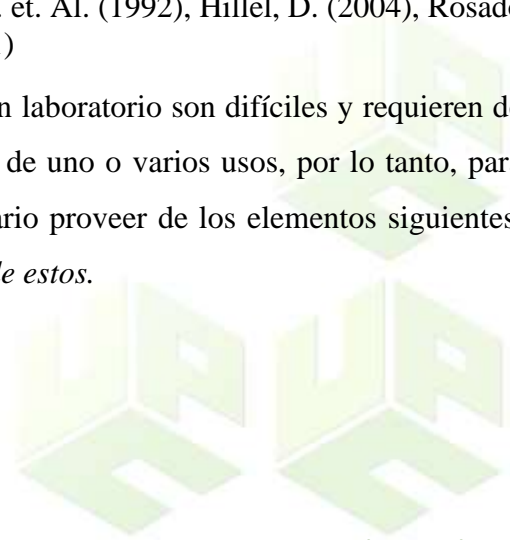
Tabla 7. Procedimiento Estándar para la Identificación de Virus

<i>Preparación de Muestras</i>	Recolecta muestras de suelo afectado por incendios en diferentes áreas.
	Almacena las muestras en recipientes estériles y herméticos para evitar la contaminación.
<i>Observación bajo Microscopio Óptico</i>	Diluye una pequeña cantidad de la muestra de suelo en agua estéril.
	Filtra la solución diluida a través de filtros de poro fino para retener partículas virales.
<i>Identificación Morfológica</i>	Toma una pequeña cantidad de la muestra filtrada y colócala sobre un portaobjetos limpio y seco.
	Cubre la muestra con un cubreobjetos.
	Observa la muestra bajo un microscopio óptico con una ampliación adecuada (generalmente 400x o 1000x).
<i>Identificación Morfológica</i>	Busca la presencia de estructuras que se asemejen a partículas virales.
	Examina la forma, tamaño y agrupación de las partículas observadas.
	Clasifica las partículas según su morfología en virus de ADN o ARN y su forma general (icosaedro, helicoidal, esférica, etc.).

Nota: Procedimiento adoptado a partir de Rhoades, J. et. Al. (1992), Hillel, D. (2004), Rosado et. Al. (2020), Romero et. Al. y Rosabal et. Al. (2021)

Aunque llevar a cabo estos procedimientos en laboratorio son difíciles y requieren de una inversión importante de materiales y elementos de uno o varios usos, por lo tanto, para poder llevar a cabo estos procedimientos fue necesario proveer de los elementos siguientes.

*Ver en la página siguiente la descripción detallada de estos.*



Para la identificación de Bacterias, se lleva el siguiente procedimiento:

Tabla 8. Procedimiento Estándar para la Identificación de Bacterias

<i>Aislamiento</i>	Placas de agar nutritivo. Muestra de suelo afectado por el incendio. Asa bacteriológica esterilizada. Incubadora.
<i>Crecimiento en Cultivo</i>	Incubadora a la temperatura adecuada.
<i>Observación Visual</i>	Lupa o placa de Petri con tapa para observar las colonias.
<i>Prueba de Gram</i>	Reactivos de tinción de Gram (cristal violeta, lugol, alcohol de 95%, safranina). Microscopio óptico. Portaobjetos y cubreobjetos.
<i>Pruebas Bioquímicas</i>	Reactivos para las pruebas bioquímicas específicas (lugol, solución de yodo, solución de ácido clorhídrico diluido, solución de hidróxido de sodio al 10%, etc.). Medios de cultivo selectivos para cada prueba (agar almidón, agar caseína, agar celulosa, etc.). Incubadora para las pruebas que requieran temperatura controlada.

Nota: Procedimiento adoptado a partir de Rhoades, J. et. Al. (1992), Hillel, D. (2004), Rosado et. Al. (2020), Romero et. Al. y Rosabal et. Al. (2021)

Para la identificación de Hongos, se lleva el siguiente procedimiento:

Tabla 9. Procedimiento Estándar para la Identificación de Hongos

<i>Aislamiento</i>	Placas de agar de papa dextrosa (PDA) u otro medio de cultivo para hongos. Muestra de suelo afectado por incendios. Asa bacteriológica esterilizada. Incubadora.
<i>Crecimiento en Cultivo</i>	Incubadora a temperatura ambiente.

<i>Observación Visual</i>	Lupa o placa de Petri con tapa para observar las colonias fúngicas.
<i>Características Macroscópicas</i>	Papel y lápiz para tomar notas. Lupa o microscopio óptico para observar las características macroscópicas.
<i>Microscopía simple</i>	Microscopio óptico. Portaobjetos y cubreobjetos. Reactivos de tinción si se desea (tinta china, azul de lactofenol, etc.).

Nota: Procedimiento adoptado a partir de Rhoades, J. et. Al. (1992), Hillel, D. (2004), Rosado et. Al. (2020), Romero et. Al. y Rosabal et. Al. (2021)

Para la identificación de Virus, se lleva el siguiente procedimiento:

Tabla 10. Procedimiento Estándar para la Identificación de Virus

<i>Preparación de Muestras</i>	Recipientes estériles y herméticos para almacenar las muestras de suelo. Agua estéril.
<i>Observación bajo Microscopio Óptico</i>	Filtros de poro fino. Pipetas estériles.
<i>Identificación Morfológica</i>	Microscopio óptico con objetivos de alta potencia. Portaobjetos y cubreobjetos.
<i>Identificación Morfológica</i>	Cuaderno o papel para tomar notas. Lápiz o bolígrafo para dibujar las estructuras observadas.

Nota: Procedimiento adoptado a partir de Rhoades, J. et. Al. (1992), Hillel, D. (2004), Rosado et. Al. (2020), Romero et. Al. y Rosabal et. Al. (2021)

Considerando esto, entonces, se procedió a realizar una investigación de los microorganismos (en las categorías presentadas) cuáles son más probables hallar, haciendo una descripción detallada y en función de cómo pueden apoyar a suelos post a situaciones de devastación térmica por consecuencia de conflagración provocado y propagado por incendios forestales, esto arrojó luz sobre las posibilidades y peligros existentes al exponerse a estos agentes bacterianos, fúngicos y virales.

Figura 12. Preparación de la muestra para el proceso de caracterizado



Nota: Fotografía de Propiedad del Autor, 2024.

En cuanto a grupos o familias bacterianas se tenían expectativas muy marcadas en cuanto a ciertos tipos que prestaban gran interés, sobre todo bacterias amilolíticas, proteolíticas, celulolíticas (Beltrán y Lizarazo-Forero, 2013), fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo

### **6.2.1.1. Bacterias.**

#### **6.2.1.1.1. Bacterias Amilolíticas.**

Las bacterias amilolíticas, como *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.*, *Streptomyces spp.* y *Pseudomonas spp.*, desempeñan un papel crucial en la salud y fertilidad del suelo. Estas bacterias tienen la capacidad de descomponer compuestos orgánicos complejos, liberando nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. A través de la producción de enzimas amilolíticas, como las amilasas, facilitan la transformación de almidones en azúcares simples, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Corrales-Ramírez et al., 2017).

En particular, *Clostridium spp.* contribuye a la fijación de nitrógeno y a la producción de ácidos orgánicos que enriquecen el suelo, lo que favorece el desarrollo vegetal (Ongena y Jaques, 2008). Por su parte, *Streptomyces spp.* no solo descompone materia orgánica, sino que también produce antibióticos naturales que protegen a las plantas contra patógenos (Bressan y Figueiredo, 2015). Además, *Pseudomonas spp.* se destaca por su versatilidad y su capacidad para solubilizar fosfato, producir sideróforos y proteger las plantas contra enfermedades (Compant et al., 2005).

Figura 13. Inoculo con pipeta automática para el estudio de caracterización



Nota: Fotografía de Propiedad del Autor, 2024.

En su conjunto, estas bacterias amilolíticas son esenciales para la sostenibilidad agrícola y la salud del ecosistema, ya que contribuyen a la liberación de nutrientes, mejoran la disponibilidad de minerales y protegen a las plantas contra enfermedades. Su papel en la recuperación de suelos devastados por incendios forestales radica en su capacidad para restaurar la fertilidad del suelo y promover el crecimiento vegetal en condiciones adversas.

#### **6.2.1.1.2. Bacterias Proteolíticas.**

Las bacterias proteolíticas, como *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Serratia spp.* y *Proteus spp.*, desempeñan un papel fundamental en la salud y fertilidad del suelo, contribuyendo significativamente a su recuperación después de incendios forestales. Estas bacterias tienen la capacidad de descomponer proteínas orgánicas presentes en el suelo, liberando nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y mejorando la disponibilidad de minerales.

*Bacillus spp.* es reconocido por su producción de enzimas proteolíticas, como las proteasas, que descomponen las proteínas en aminoácidos más simples, facilitando su absorción por parte de las plantas (Corrales-Ramírez et al., 2017). Además, las bacterias del género *Pseudomonas* también son importantes en la descomposición de proteínas y tienen un papel clave en la solubilización de fosfato, la producción de sideróforos y la protección de las plantas contra patógenos (Compant et al., 2005).

Aunque menos estudiado, *Serratia spp.* y *Proteus spp.* también contribuyen a la descomposición de proteínas en el suelo, lo que resulta en la liberación de nitrógeno y otros nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal (Bressan y Figueiredo, 2015; Ongena y Jaques, 2008). Esta actividad en la mineralización de proteínas es crucial para el ciclo de nutrientes y la recuperación de suelos devastados por incendios, ya que ayuda a restaurar la fertilidad del suelo y promover el crecimiento de la vegetación.

#### **6.2.1.1.3. Bacterias Celulolíticas.**

Las bacterias celulolíticas desempeñan un papel esencial en la salud y fertilidad del suelo, especialmente en la recuperación de áreas devastadas por incendios forestales. Estas bacterias son fundamentales debido a su capacidad para descomponer la celulosa, un componente clave de la materia orgánica en el suelo. A continuación, se destacan algunas de las contribuciones clave de estas bacterias:

*Bacillus spp.*: Este género de bacterias es reconocido por su capacidad para producir enzimas celulolíticas, como las celulasas, que descomponen la celulosa en azúcares más simples. Esta acción facilita la absorción de nutrientes por parte de las plantas (Corrales-Ramírez et al., 2017).

*Clostridium spp.*: Aunque algunas especies de *Clostridium* pueden ser patógenas, otras participan en la descomposición de la celulosa y están involucradas en la fijación de nitrógeno y la producción de ácidos orgánicos que mejoran la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Compant et al., 2005).

*Pseudomonas spp.*: Estas bacterias también contribuyen significativamente a la descomposición de la celulosa en el suelo. Además, están involucradas en la solubilización de fosfato, la producción de sideróforos y la protección de las plantas contra patógenos, lo que promueve un entorno saludable para el crecimiento vegetal (Bressan y Figueiredo, 2015).

#### **6.2.1.1.4. Bacterias Fijadoras de Nitrógeno.**

Las bacterias fijadoras de nitrógeno desempeñan un papel vital en la salud y fertilidad del suelo, desempeñando funciones esenciales en la recuperación de suelos devastados por incendios forestales. Estas bacterias son fundamentales debido a su capacidad para convertir el nitrógeno atmosférico en una forma asimilable por las plantas, lo que promueve el crecimiento vegetal y la restauración del ecosistema. A continuación, se destacan algunas de las contribuciones clave de estas bacterias:

*Rhizobium spp.*: Este género de bacterias establece una simbiosis con las leguminosas, como el frijol, la alfalfa y la soja, formando nódulos en las raíces donde fija el nitrógeno atmosférico. Esta relación simbiótica es esencial para la nutrición de las leguminosas, promoviendo su crecimiento y ayudando a restaurar la fertilidad del suelo (Corrales-Ramírez et al., 2017).

*Bradyrhizobium spp.*: Al igual que *Rhizobium*, *Bradyrhizobium spp.* forma nódulos en las raíces de las leguminosas y fija el nitrógeno atmosférico. Estas bacterias son cruciales para mantener la sostenibilidad agrícola y la fertilidad del suelo, especialmente en áreas afectadas por incendios forestales (Compant et al., 2005).

*Azotobacter spp.*: Estas bacterias tienen la capacidad única de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo sin establecer una simbiosis con las plantas. Contribuyen significativamente a la disponibilidad de nitrógeno para otros microorganismos y las plantas en general, lo que facilita la recuperación de suelos devastados (Bressan y Figueiredo, 2015).

*Azospirillum spp.*: Aunque no forma nódulos, *Azospirillum spp.* coloniza las raíces de diversas plantas no leguminosas y contribuye a la fijación de nitrógeno. Esta capacidad de mejorar la absorción de nutrientes por parte de las plantas es crucial para la restauración de suelos afectados por incendios (Ongena y Jaques, 2008).

#### **6.2.1.1.5. Bacterias Solubilizadoras de Fósforo**

Las bacterias solubilizadoras de fósforo desempeñan un papel crucial en la salud y fertilidad del suelo, siendo fundamentales en la recuperación de suelos devastados por incendios forestales. Estas bacterias contribuyen significativamente a la disponibilidad de fósforo, un elemento esencial para el crecimiento de las plantas. A continuación, se destacan algunas de las contribuciones clave de estas bacterias:

*Bacillus spp.*: Este género de bacterias, reconocido por su capacidad para producir enzimas celulolíticas, también desempeña un papel importante en la solubilización de fósforo en el suelo. La liberación de fósforo por parte de *Bacillus spp.* promueve la disponibilidad de este nutriente para las plantas, lo que favorece su crecimiento y desarrollo (Corrales-Ramírez et al., 2017).

*Pseudomonas spp.*: Además de su participación en la descomposición de proteínas, las bacterias del género *Pseudomonas* están directamente involucradas en la solubilización de fosfato en el suelo. Esta capacidad no solo beneficia a las plantas al proporcionarles fósforo disponible, sino que también contribuye a la protección de las plantas contra patógenos, mejorando así su resistencia y salud general (Compant et al., 2005).

*Pantoea spp.* y *Enterobacter spp.*: Aunque menos estudiados que otros géneros, *Pantoea spp.* y *Enterobacter spp.* también tienen la capacidad de solubilizar fósforo en el suelo. Su contribución a la liberación de nutrientes es esencial para el crecimiento vegetal, especialmente en suelos degradados por incendios forestales, donde la disponibilidad de nutrientes puede ser limitada (Rodríguez y Fraga, 1999).

#### **6.2.1.2. Virus.**

##### **6.2.1.2.1. Virus Bacteriófagos.**

Los bacteriófagos, también conocidos como fagos, desempeñan un papel esencial en los ecosistemas del suelo, contribuyendo de manera significativa a la recuperación de suelos

devastados por incendios forestales. Aunque comúnmente se asocian con la infección bacteriana, su presencia y actividad tienen un impacto profundo en la dinámica microbiana del suelo. A continuación, se resaltan algunos aspectos clave sobre la contribución de los bacteriófagos en la recuperación de suelos tras incendios forestales:

*Diversidad de bacteriófagos:* La diversidad de bacteriófagos en el suelo juega un papel fundamental en la regulación de las poblaciones bacterianas y en la dinámica de nutrientes en el ecosistema. Los bacteriófagos son responsables de controlar la abundancia bacteriana, lo que a su vez puede influir en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y otros organismos del suelo (Delbrück, 1940).

*Ciclo de vida bacteriófago:* La comprensión del ciclo de vida de los bacteriófagos, como el fago *T4*, *lambda*, *M13* y *PhiX174*, proporciona información crucial sobre su interacción con las bacterias del suelo. Estos virus pueden infectar y lisis bacterias, liberando nutrientes almacenados en las células bacterianas, lo que puede ser beneficioso para la regeneración del suelo después de un incendio forestal (Delbrück, 1940; Jacob y Monod, 1961; Smith & Birnstiel, 1976; Sinsheimer, 1961).

*Regulación genética y diversidad bacteriana:* Los estudios sobre la regulación genética en fagos, como la *lambda*, han revelado mecanismos importantes que pueden influir en la diversidad bacteriana y la resistencia a condiciones adversas en el suelo. La interacción entre bacteriófagos y bacterias puede modular la composición y la función de las comunidades microbianas en el suelo, lo que puede ser crucial para la restauración de suelos degradados (Jacob y Monod, 1961).

#### **6.2.1.2.2. Virus de Bacterias Fijadoras de Nitrógeno.**

Los virus que infectan bacterias fijadoras de nitrógeno desempeñan un papel crucial en los ecosistemas del suelo, especialmente en la recuperación de suelos devastados por incendios forestales.

A través de las investigaciones de autores destacados en el campo, se ha profundizado en la comprensión de la interacción entre estos virus y las bacterias fijadoras de nitrógeno, revelando su importancia en la salud y fertilidad del suelo.

Batinovic et. Al. (1983) examinó la dinámica de los bacteriófagos que infectan *Rhizobium spp.* en el suelo, destacando su influencia en la simbiosis planta-bacteria. Esta investigación subraya cómo los virus pueden modular la relación mutualista entre las bacterias fijadoras de nitrógeno y las plantas, lo que puede ser crucial para la recuperación de suelos degradados.

Por otro lado, Sullivan et. Al. (1995) investigaron la integración de islas de simbiosis en el genoma de *Bradyrhizobium spp.* y su impacto en la formación de nódulos en las raíces de las plantas. Este trabajo resalta cómo los virus que infectan estas bacterias pueden influir en su capacidad para establecer simbiosis con las plantas, lo que tiene implicaciones directas en la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Bashan, et. Al. (2004) revisaron la interacción entre *Azotobacter spp.* y las plantas, incluyendo el papel de los virus en esta relación simbiótica. Sus hallazgos evidencian cómo los virus pueden modular la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno y, por ende, la disponibilidad de este nutriente esencial para el crecimiento vegetal.

### **6.2.1.3. Hongos.**

#### **6.2.1.3.1. Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA).**

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) desempeñan un papel esencial en la salud y fertilidad del suelo, lo que los convierte en elementos fundamentales en la recuperación de suelos devastados por incendios forestales. A través de las investigaciones de autores destacados en el campo, se ha profundizado en la comprensión de la importancia de estas familias de hongos en el suelo y su relación simbiótica con las plantas.

Smith y Read (2008) proporcionaron una visión exhaustiva de la simbiosis micorrízica arbuscular, incluyendo la familia *Glomeraceae*. Su trabajo exploró la ecología, fisiología y función de estos hongos en el suelo, destacando su contribución a la absorción de nutrientes por parte de las plantas y la estructura del suelo.

Redecker (2000) reveló la antigüedad de los hongos micorrízicos arbusculares y su papel en la colonización de las plantas terrestres a través de su estudio sobre los hongos de la familia *Gigasporaceae*. Esta investigación subraya la importancia histórica de estos hongos en la formación y estabilidad de los ecosistemas terrestres.

Koske y Gemma (1989) describieron una nueva especie de la familia *Acaulosporaceae* y su relevancia en la micorrización de plantas en ambientes alpinos. Este hallazgo resalta la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares y su adaptación a diferentes condiciones ambientales, lo que los hace especialmente importantes en la recuperación de suelos en áreas montañosas afectadas por incendios.

Por último, Öpik et al. (2006) examinaron la diversidad y composición de las comunidades de *Claroideoglomeraceae* en diferentes ecosistemas globales y su contribución a la salud del suelo. Su estudio resalta la importancia de entender la variedad de hongos micorrízicos arbusculares presentes en diferentes entornos para diseñar estrategias efectivas de restauración de suelos después de incendios forestales.

#### **6.2.1.3.2. Hongos Ligninolíticos.**

Los hongos ligninolíticos, con su capacidad para degradar la lignina, juegan un papel esencial en la dinámica de la materia orgánica en el suelo, lo que los convierte en elementos fundamentales en la recuperación de suelos devastados por incendios forestales. A través de las investigaciones de autores destacados en el campo, se ha profundizado en la comprensión de la importancia de estas familias de hongos en el suelo y su contribución a la salud del ecosistema.

Royse (2017) revisó la producción y propiedades de los hongos del género *Pleurotus*, destacando su capacidad para degradar lignina en el suelo. Este trabajo subraya la importancia de los hongos *Pleurotus spp.* en la descomposición de materia orgánica y la ciclación de nutrientes en el suelo, lo que puede ser especialmente relevante en la recuperación de suelos tras incendios forestales.

Redecker (2000) reveló la antigüedad de los hongos micorrízicos arbusculares y su relación con la degradación de la lignina en el suelo. Aunque su investigación se centró en los hongos del género *Glomalean*, este hallazgo destaca la conexión entre la actividad ligninolítica de los hongos y su papel en la estabilidad del suelo.

Baldrian (2006) examinó las propiedades de las lacasas fúngicas, incluyendo las de los hongos del género *Trametes*, que están involucradas en la degradación de la lignina. Estas enzimas son cruciales en la descomposición de la lignina y su transformación en formas más

simples de materia orgánica, lo que puede facilitar la restauración de suelos tras incendios forestales al promover la renovación del sustrato.

Rytioja et al. (2014) proporcionaron información relevante sobre las lacasas de hongos como *Lentinus spp.*, que desempeñan un papel importante en la degradación de la lignina. Aunque su estudio se centró en *Pleurotus ostreatus*, sus hallazgos sugieren que otros hongos ligninolíticos también pueden ser clave en la recuperación de suelos degradados.

#### **6.2.1.3.3. Hongos Saprófitos.**

Los hongos saprófitos desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica en el suelo, lo que los convierte en elementos fundamentales en la recuperación de suelos devastados por incendios forestales. A través de las investigaciones de destacados autores en el campo, se ha profundizado en la importancia de estas familias de hongos en el suelo y su contribución a la salud del ecosistema.

Hernández-Melchor et al. (2019) revisaron la importancia de *Trichoderma* en la agricultura, la biotecnología y la producción de biomasa y enzimas de interés industrial. Este estudio resalta el papel clave de *Trichoderma spp.* en la descomposición de la materia orgánica y su potencial para ser utilizados en la recuperación de suelos degradados.

Smith y Read (2008) proporcionaron información relevante sobre *Penicillium spp.* y su función en la descomposición de la materia orgánica en el suelo. Aunque su libro se centra en las micorrizas, la inclusión de *Penicillium spp.* destaca la importancia de estos hongos saprófitos en la ciclación de nutrientes y la estabilidad del suelo.

Royse (2017) examinó la producción y las propiedades de los hongos del género *Pleurotus*, que comparten similitudes con *Aspergillus spp.* en su función saprófita. Este trabajo subraya cómo hongos como *Aspergillus spp.*, al descomponer la materia orgánica, pueden influir en la fertilidad y estructura del suelo.

Redecker (2000) reveló la antigüedad de los hongos micorrízicos arbusculares y su relación con la función saprófita de *Mucor spp.* Aunque el estudio se centró en los hongos micorrízicos arbusculares, este hallazgo destaca la conexión entre la actividad saprófita de *Mucor spp.* y su papel en la dinámica del suelo.

#### **6.2.1.3.4. Hongos Micoparásitos.**

Los hongos micoparásitos desempeñan un papel significativo en la dinámica de las comunidades fúngicas en el suelo, lo que los convierte en elementos fundamentales en la recuperación de suelos devastados por incendios forestales. A través de las investigaciones de destacados autores en el campo, se ha profundizado en la importancia de estas familias de hongos y su influencia en la salud del ecosistema.

Rossmann y Samuels (1999) proporcionaron una revisión exhaustiva del género *Hypomyces*, destacando su papel como micoparásitos de otros hongos. Este estudio resalta cómo los hongos micoparásitos, como *Hypomyces spp.*, pueden regular las poblaciones de hongos en el suelo, afectando su composición y función.

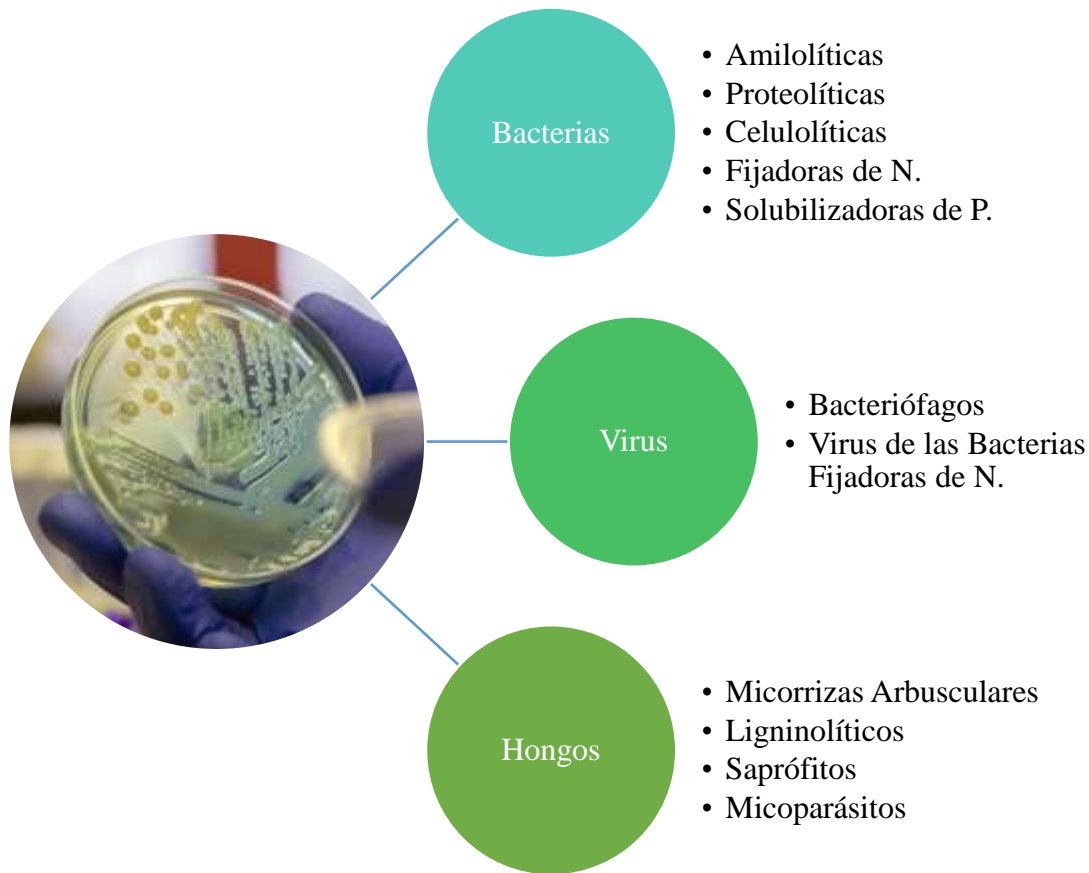
El trabajo de Gams (2000) se centró en *Mycogone pernicioso* y otros miembros del género *Mycogone*, explorando su patogenicidad y su impacto en las poblaciones fúngicas en el suelo. Esta investigación subraya cómo los hongos micoparásitos pueden influir en la estructura de las comunidades fúngicas y, por lo tanto, en la salud del suelo.

Sutton (1980) proporcionó información sobre *Coniothyrium spp.* y otros géneros de hongos con estructuras reproductivas como *pycnidia*. Aunque este libro de referencia abarca varios aspectos de los hongos imperfectos, destaca la importancia de comprender la diversidad de hongos micoparásitos en el suelo y su función en el ecosistema.

Freeman y Katan (1997) se centraron en *Colletotrichum*, pero también proporcionaron información relevante sobre *Monographella spp.* y su papel como patógenos de hongos en el suelo. Este estudio resalta cómo los hongos micoparásitos pueden afectar la salud de las comunidades fúngicas y, por extensión, la salud general del suelo.

Entonces, de manera resumida, se destaca que los agentes *Bacterianos* más relevantes se agrupan como amilolíticos, proteolíticos, celulolíticos, fijadores de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo, por otra parte, los agentes *Virales* más relevantes se agrupan como Bacteriófagos y Virus de Bacterias Fijadoras de Nitrógeno, por último, los agentes *Fúngicos* más relevantes son los Micorrízicos Arbusculares, Ligninolíticos, Saprófitos y Micoparásitos. En la siguiente figura se recogen todos los distinguidos anteriormente, puesto que fueron fundamentales como objeto de verificación durante esta actividad.

Figura 14. Clasificación de los Microorganismos que tienen posibilidad de resistir incendios



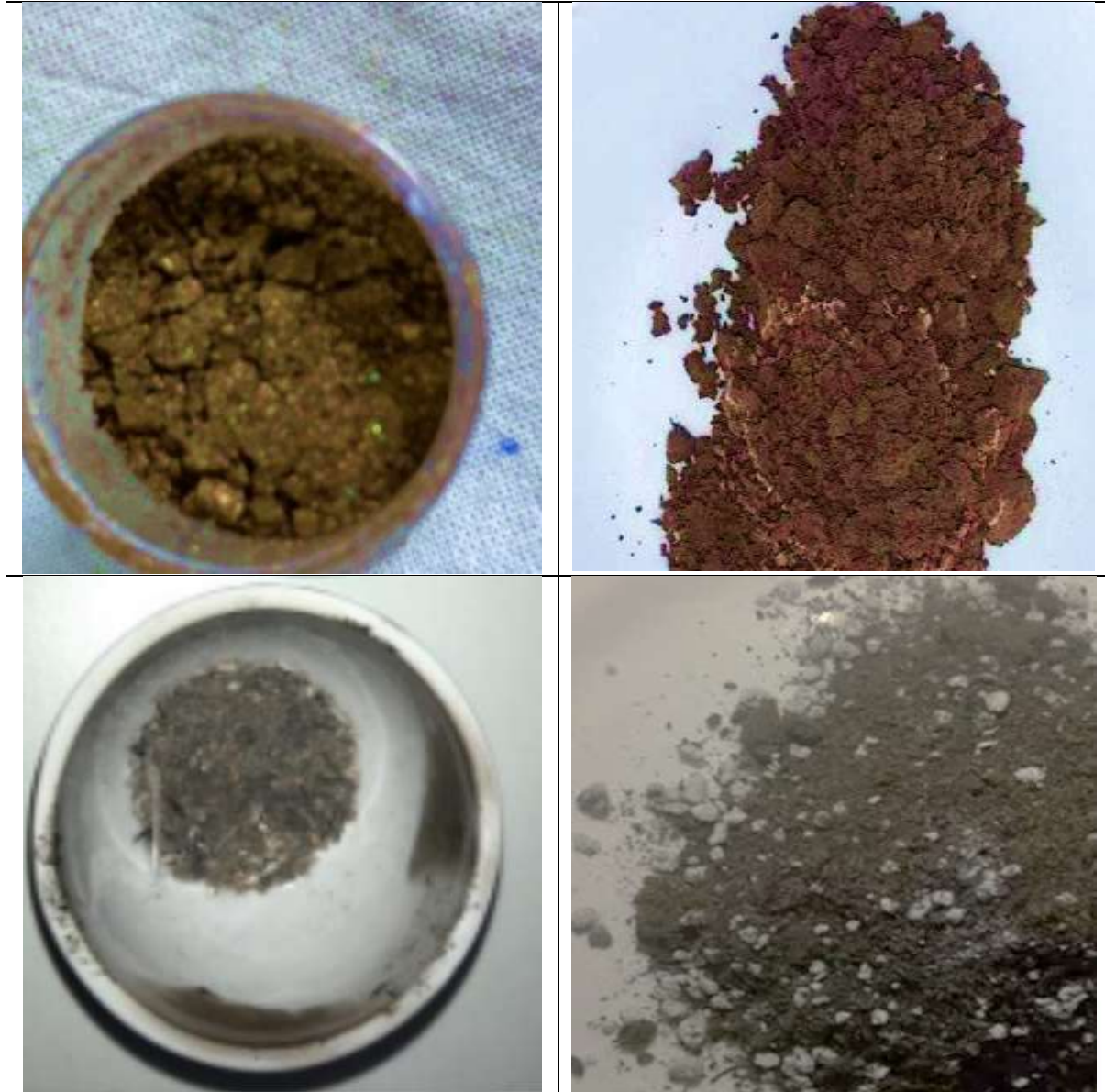
Nota: Elaborado por el Autor (2024), a partir de la información consultada por los diversos autores implicados en la clasificación indicada. (la imagen insertada en la figura es encontrada en imágenes de Bing)

### **6.2.2. Incubación de Microorganismos**

Estos microorganismos fueron evaluados al someterlos de manera controlada a un gradiente de temperatura *crescendo*, empleando una coca mortero con suelo y llevándolo al mechero bunsen, alcanzando hasta los 100°C, para posteriormente evaluar la presencia de los microorganismos en el suelo, siguiendo las técnicas, dispuestas, lo que permitió identificar que la gran mayoría de microorganismos tiene una probabilidad muy baja de sobrevivir a condiciones de conflagración y que el impacto o daño es extremo a severo, lo que delimita esta investigación a unas pocas especies de interés, las cuales, por su condición o naturaleza pueden representar un peligro para el ser humano y requieren manipulación con bioseguridad.

En la siguiente figura se presenta algunas fotografías del procedimiento llevado a cabo y posteriormente, se establece los riesgos de manejo de estos microorganismos.

Figura 15. Suelo sometido a temperatura con mechero bunsen



Nota: Fotografía de Propiedad del Autor, 2024.

La apariencia del suelo cuando es quemado deja entrever su esterilidad a simple vista, una tierra carente y aparentemente sin sustratos microbianos que puedan realizar alguna función vital, sin embargo, algunos de estos pudieron sobrevivir, para ello, se realizó una tabla de riesgos, la siguiente página la presenta:

Tabla 11. Medición del Riesgo de supervivencia a las elevadas temperaturas

<b>Bacterias amilolíticas</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Bacillus spp.</i>	1	2	2	Baja
<i>Streptomyces spp.</i>	2	4	8	Alta
<i>Clostridium spp.</i>	3	1	3	Baja
<i>Pseudomonas spp.</i>	4	3	12	Alta
<b>Bacterias proteolíticas</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Bacillus spp.</i>	1	3	3	Media
<i>Pseudomonas spp.</i>	2	2	4	Media
<i>Serratia spp.</i>	3	4	12	Muy Alta
<i>Proteus spp.</i>	4	1	4	Media
<b>Bacterias celulolíticas</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Bacillus spp.</i>	1	2	2	Baja
<i>Pseudomonas spp.</i>	2	3	6	Alta
<i>Cellulomonas spp.</i>	3	4	12	Muy Alta
<i>Clostridium spp.</i>	4	1	4	Media
<b>Bacterias fijadoras de nitrógeno</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Azospirillum spp.</i>	1	3	3	Media
<i>Azotobacter spp.</i>	2	4	8	Alta
<i>Bradyrhizobium spp.</i>	3	2	6	Media
<i>Rhizobium spp.</i>	4	1	4	Media
<b>Bacterias solubilizadoras de fósforo</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Bacillus spp.</i>	1	1	1	Baja
<i>Pseudomonas spp.</i>	2	2	4	Media
<i>Pantoea spp.</i>	3	4	12	Muy Alta
<i>Enterobacter spp.</i>	4	3	12	Alta
<b>Virus bacteriófagos</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>T4 bacteriófago</i>	1	4	4	Media
<i>Lambda bacteriófaga</i>	2	3	6	Alta

<i>M13 bacteriófago</i>	3	2	6	Media
<i>PhiX174 bacteriófago</i>	4	1	4	Media
<b>Virus de bacterias fijadoras de nitrógeno</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Virus que infectan Azotobacter spp.</i>	1	3	3	Media
<i>Virus que infectan Bradyrhizobium spp.</i>	2	2	4	Media
<i>Virus que infectan Rhizobium spp.</i>	3	1	3	Baja
<b>Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Glomeraceae</i>	1	3	3	Media
<i>Gigasporaceae</i>	2	2	4	Media
<i>Acaulosporaceae</i>	3	1	3	Baja
<i>Claroideoglomeraceae</i>	4	4	16	Muy Alta
<b>Hongos ligninolíticos</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Pleurotus spp.</i>	1	3	3	Media
<i>Phanerochaete spp.</i>	2	2	4	Media
<i>Trametes spp.</i>	3	1	3	Baja
<i>Lentinus spp.</i>	4	4	16	Muy Alta
<b>Hongos saprófitos</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Trichoderma spp.</i>	1	3	3	Media
<i>Penicillium spp.</i>	2	2	4	Media
<i>Aspergillus spp.</i>	3	1	3	Baja
<i>Mucor spp.</i>	4	4	16	Muy Alta
<b>Hongos micoparásitos</b>	<b>P</b>	<b>I</b>	<b>R</b>	<b>Clase</b>
<i>Hypomyces spp.</i>	1	3	3	Media
<i>Mycogone spp.</i>	2	2	4	Media
<i>Coniothyrium spp.</i>	3	1	3	Baja
<i>Monographella spp.</i>	4	4	16	Muy Alta

Nota: Elaborado por el Autor (2024). Dónde P = Probabilidad de sobrevivir / I = Impacto, daño o severidad / R = Calificación del Riesgo.

Considerando lo anterior, entonces, es de interés las especies cuyo riesgo a la temperatura es bajo, sin embargo, su manipulación se encuentra limitada a los criterios de bioseguridad en cuanto a su manipulación y exposición, por ello, para delimitar más la investigación se hace un análisis y seleccionan aquellas que no tiene efectos negativos sobre la salud humana (ver la siguiente tabla):

Tabla 12. Análisis del Riesgo de Bioseguridad por manipulación de Microorganismos

Microorganismo	Peligrosa para manipulación	Descripción
<i>Bacillus spp.</i>	Sí	Las especies de <i>Bacillus</i> pueden incluir patógenos potenciales y algunas cepas pueden producir toxinas peligrosas.
<i>Clostridium spp.</i>	Sí	Algunas especies de <i>Clostridium</i> son patógenas y pueden producir toxinas, como <i>Clostridium botulinum</i> y <i>Clostridium difficile</i> .
Virus que infectan <i>Rhizobium spp.</i>	Sí	Dependiendo del virus específico, algunos pueden causar enfermedades en bacterias fijadoras de nitrógeno, lo que podría afectar la salud de las plantas.
<i>Acaulosporaceae</i>	No	Estos hongos micorrízicos arbusculares son generalmente seguros y no se asocian con patogenicidad para humanos o plantas.
<i>Trametes spp.</i>	No	No se considera peligroso ya que se trata de hongos ligninolíticos que contribuyen a la descomposición de la lignina en el suelo.
<i>Aspergillus spp.</i>	Sí	Algunas especies de <i>Aspergillus</i> pueden producir micotoxinas y causar alergias o infecciones en humanos inmunocomprometidos.
<i>Coniothyrium spp.</i>	No	No suelen considerarse peligrosos ya que son hongos micoparásitos que infectan otros hongos.

Nota: Elaborado por el Autor (2024)

Lo que lleva a delimitar la investigación exclusivamente a especies de familias fúngicas como lo son *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, puesto que sus características los hacen factibles para la recuperación de suelos devastados por incendios.

Figura 16. Preparación de las muestras para inoculación



Nota: Fotografía de Propiedad del Autor (2024)

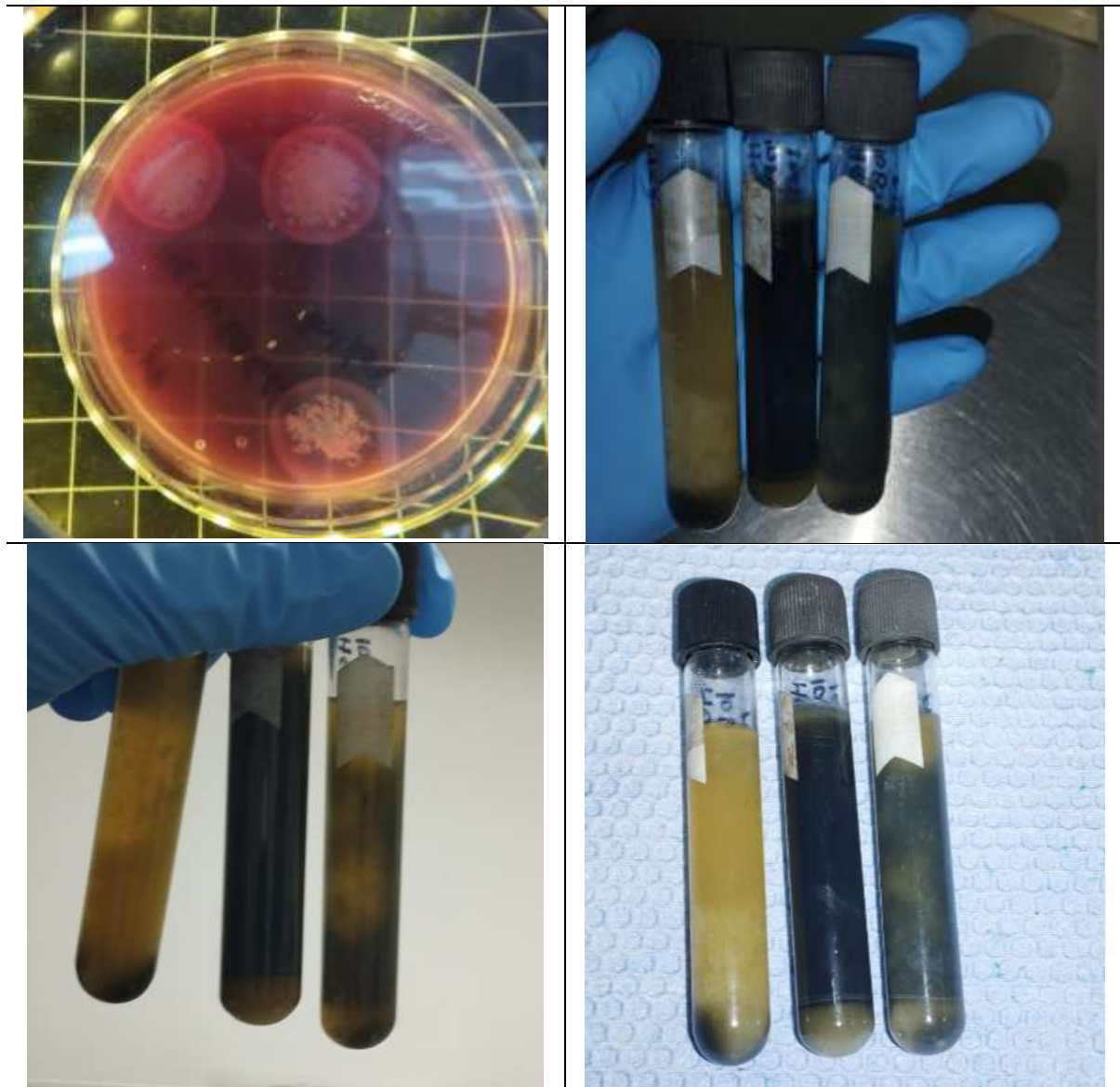
¿Qué se puede mencionar de estos microorganismos seleccionados? Pues, *Trichoderma spp.* es reconocido por su papel en el control biológico de hongos y nematodos, así como por su capacidad para inducir resistencia en las plantas y estimular su crecimiento. Sin embargo, aún no se ha documentado evidencia específica sobre la interacción entre los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.* en la recuperación de suelos.

Los *Acaulosporaceae*, hongos micorrízicos arbusculares, pueden mejorar la salud del suelo y la nutrición de las plantas mediante la formación de simbiosis con las raíces, lo que favorece la absorción de nutrientes y la resistencia a enfermedades (Tapia J., 2008).

*Trametes spp.*, miembro de los basidiomicetos, destaca por su capacidad para degradar la lignina en la madera. Aunque su contribución específica a la consolidación del suelo no está completamente documentada, su actividad en la descomposición de materia orgánica podría influir indirectamente en la recuperación del suelo.

En el caso de *Coniothyrium spp.*, que abarca hongos fitopatógenos y saprófitos, algunas especies están vinculadas con la descomposición de materia orgánica, lo que podría incidir en la salud del suelo (Martínez B., et al., 2013). Aunque no se ha establecido una relación directa entre estos hongos, su presencia y actividades en el suelo sugieren posibles beneficios para el ecosistema. Las siguientes fotografías corresponden a cultivos de estas especies

Figura 17. Crecimiento de Hongos en Cultivos Agar



Nota: Fotografía de Propiedad del Autor (2024)

Estas fueron cultivadas y preparadas para su posterior uso, puesto que harán parte de inóculos selectivos, sin control experimental en parcelas de biorremediación y fitorremediación de suelo devastado por incendio controlado.

### **6.3. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DE SUELOS DEVASTADOS POR INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA E INDICADORES VEGETATIVOS EN PARCELA PILOTO EX SITU EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR**

#### **6.3.1. Preparación De Parcelas**

Para este paso se toma como base la necesidad informativa de la densidad de siembra y para ello se consultó a Cardona et. Al. (2021) quién estudio el frijol cabecita negra o caupí cultiva caupicor 50, encontrando como mejores resultados productivos cuando se tiene una distancia entre plantas de 20 centímetros y una distancia entre hileras de 60 centímetros, por lo tanto, estos son los parámetros que dominan la parcelación de análisis.

Las parcelas se diseñaron calculando el área total ocupadas por las plantas de *Vigna unguiculata*, para ello se calcula el área ocupada por una planta así:

$$A_{planta} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$

$$A_{planta} = 400 \text{ cm}^2$$

Luego se calcula la cantidad de plantas por hilera, al dividirla con la longitud que tendrá la parcela, en este caso, es deseado 10 metros, por lo tanto, el número de plantas sería de:

$$\text{No. Plantas} = \frac{100 \text{ cm}}{20 \text{ cm}}$$

$$\text{No. Plantas} = 5 \text{ plantas}$$

Ahora, calculamos el área total ocupada por las plantas en una fila:

$$A_{total-hilera} = 5 \text{ plantas} \times 400 \frac{\text{cm}^2}{\text{plantas}}$$

$$A_{total-hilera} = 2000 \text{ cm}^2$$

Para calcular el tamaño de la parcela se define una siembra de 10 filas, con el siguiente procedimiento se obtiene:

$$A_{parcela} = 2000 \frac{\text{cm}^2}{\text{fila}} \times 10 \text{ filas} = 20000 \text{ cm}^2 = 20 \text{ m}^2$$

Figura 18. Levantamiento de parcelación para la siembra de las especies



Nota: Fotografía de Propiedad del Autor (2024)

En total se planificaron cinco parcelas, para conseguir un total de 60 metros cuadrados de marco de siembra, por lo tanto, el requerimiento de plantas de la especie *Vigna unguiculata* para todo este tamaño superficial es de:

Por parcela de 12 metros cuadrados se tiene:

$$\text{No. Plantas por parcela} = \frac{12 \text{ m}^2 * \frac{(100 \text{ cm}^2)}{1 \text{ m}^2}}{400 \frac{\text{cm}^2}{\text{planta}}} = 300 \frac{\text{plantas}}{\text{parcela}}$$

Ahora, para cinco parcelas se tendría:

$$Total\ Plantas = 300 \frac{plantas}{parcela} \times 5\ parcelas = 1500\ plantas$$

Por lo tanto, para la siembra del frijol *Vigna unguiculata* se espera un rendimiento de siembra del 100%, considerando el espaciamiento entre plantas de 20 centímetros y la distancia entre hileras de 60 centímetros.

Para el proceso de siembra se compraron semillas de este frijol Caupí, en total 2 kilogramos, cuyo costo fue de once mil pesos colombianos (\$11.000), y fueron llevados a cultivos de siembra especializados y específicos en bandejas, no sin antes evaluar y poner a prueba su crecimiento en tubos de ensayo, con algodón contaminado con cepas de los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, en donde se evidenció un crecimiento normal, tal como se observa en la siguiente figura:

Figura 19. Tubos de ensayo de control para el crecimiento de la especie *Vigna unguiculata*



Nota: Fotografía de Propiedad del Autor (2024)

### **6.3.2. Implementación De La Especie**

Para la implementación de la especie primero se realizó una conflagración controlada para poder esterilizar al máximo el suelo y así tener una simulación del fenómeno de incendio, luego se prepararon soluciones con las cepas de los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y

*Coniothyrium spp* (una solución para cada uno y una combinada con las tres) las cuales se aplicaron a cada una de las especies de las parcelas en su siembra preliminar y fue suministrada por durante cinco días, con la cual se evidenció el crecimiento de las especies, sin ayuda de sustratos más que los dispuestos por el incendio controlado provocado, lo que genera una gran significancia y confianza tanto en los microorganismos cuando trabajan de manera individual como trabajando en conjunto, sin aparentes diferencias (aunque esto es recomendable probarlo en un diseño experimental).

En las siguientes fotografías se observa el estado vegetativo de la especie *Vigna unguiculata* desde su crecimiento minúsculo hasta la envergadura productiva.

Figura 20. Crecimiento de la especie *Vigna unguiculata* en las parcelas de trabajo



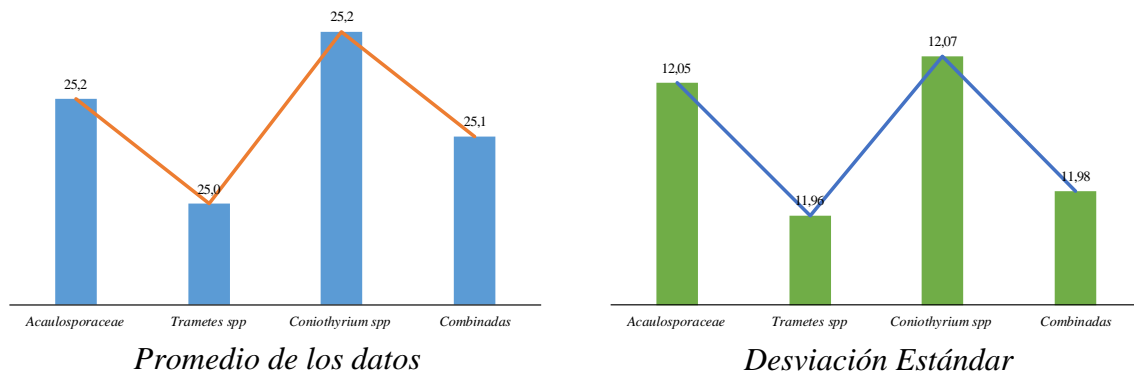
Nota: Fotografía de Propiedad del Autor (2024)

Durante el tiempo de siembra se recopilaban variables o datos que ayudan a distinguir la calidad del crecimiento de las especies y estos valores fueron correlacionados entre parcelas. Las variables son el tamaño de la planta (Hp), el número de hojas (Nh), el número de vainas (Nv), longitud de las vainas (Lv), presencia de plagas (Pp) y salud vegetativa (Sv, medido en

una escala del 1 al 5, donde 5 es la máxima calidad y 1 es la peor calidad). Las tablas que contienen estos resultados son presentadas en el ANEXO B de este documento. El tiempo de medición fue de cada cuatro días, debido a la distancia y disponibilidad de accesibilidad a la siembra controlada.

Al comparar los tamaños de las plantas (Hp) de las cuatro parcelas para las especies aplicadas *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.*, *Coniothyrium spp* y combinadas, se encuentra que hay una diferencia poco notable en sus medias y desviaciones estándar, esto sugiere que los tratamientos aplicados, aunque sin control experimental, tiene un resultado muy similar que no afecta en ninguna posibilidad o diferencia el tamaño de la especie, indiferentemente de la parcela en la cual haya sido aplicada o no.

Figura 21. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable tamaño de la planta (Hp)



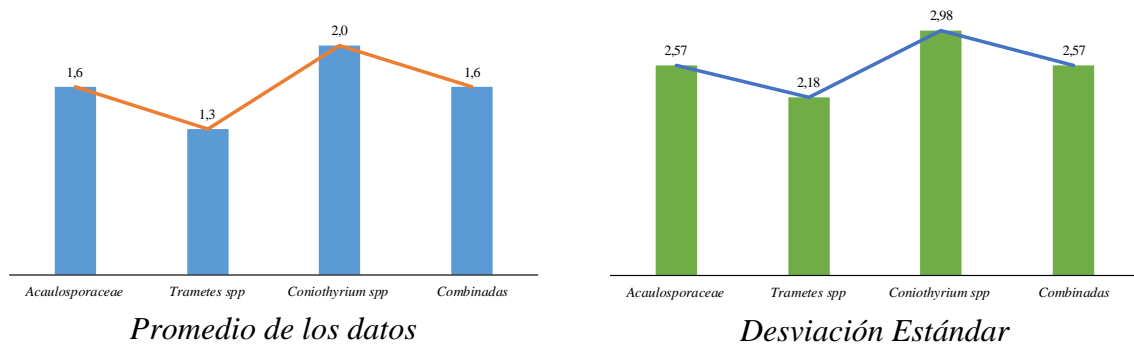
Nota: Elaborado por el Autor (2024)

Por otra parte, al comparar la variable número de hojas (Nh), se encuentra un resultado similar al del tamaño de la planta, con una diferencia insignificante que permite deducir que los tratamientos aplicados, aunque sin control experimental, tienen un resultado muy similar que no afecta en ninguna posibilidad o diferencia el número de hojas de la especie, indiferentemente de la parcela en la cual haya sido aplicada, esto suma dos puntos de favorecimiento en cuanto al crecimiento de la especie *Vigna unguiculata*.

En cuanto al número de vainas (Nv), se nota una muy pequeña y despreciable diferencia, debido a que la parcela de la especie *Coniothyrium spp* tiene una producción de más número de vainas que las demás, sin embargo, la diferencia sigue siendo muy insignificante, lo que indica que no pueda haber posibilidad o diferencia entre el número de vainas,

indiferentemente de la parcela en la cual haya sido aplicada, esto suma tres puntos de favorecimiento en cuanto al crecimiento de la especie *Vigna unguiculata*.

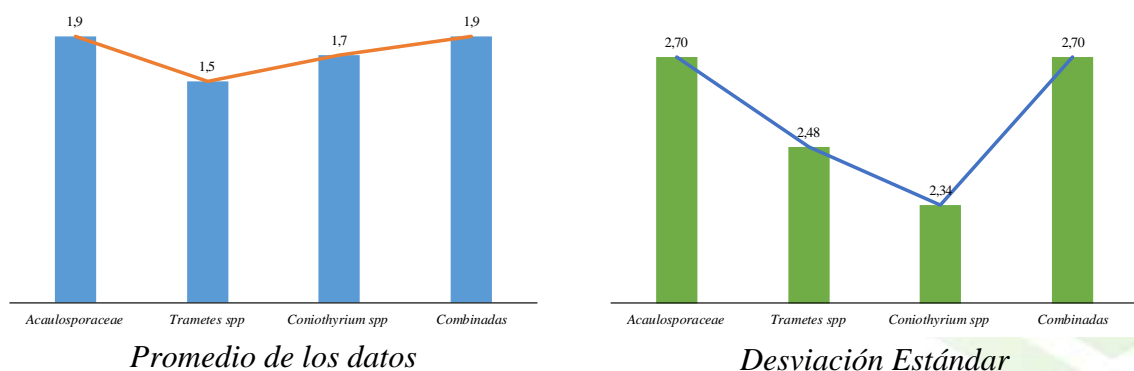
Figura 22. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable número de vainas de la planta (Hv)



Nota: Elaborado por el Autor (2024)

Considerando a la longitud de vainas (Nv), se nota una pequeña diferencia, debido a que las parcelas tienen una diferencia de desviación estándar con la parcela de *Coniothyrium spp*, aunque esto no es indicador de que pueda haber posibilidad o diferencia entre las longitudes de las vainas, indiferentemente de la parcela en la cual haya sido aplicada, esto suma cuatro puntos de favorecimiento en cuanto al crecimiento de la especie.

Figura 23. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable longitud promedio de las vainas de la planta (Hv)

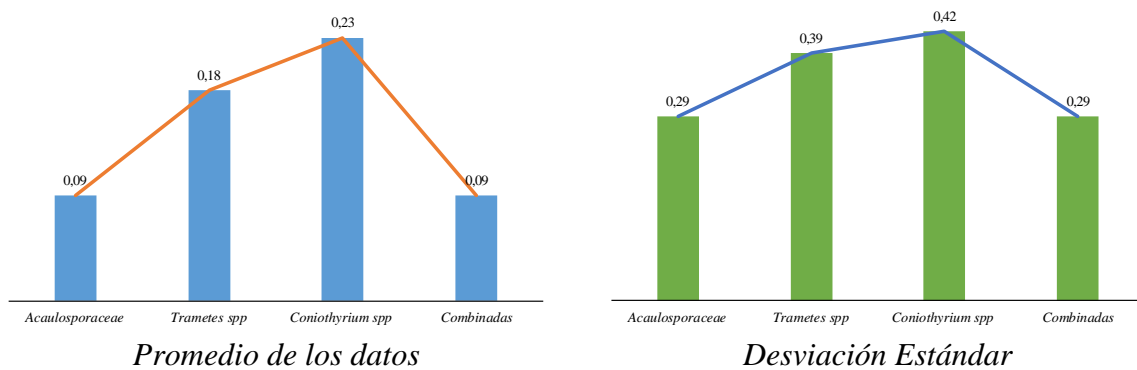


Nota: Elaborado por el Autor (2024)

Al observar la presencia de plagas (Pp), se nota una diferencia en la media y desviación estándar de la parcela con de *Coniothyrium spp*, sin embargo es tan ínfimo el rango de distancia cuantitativa con las otras parcelas, que el comportamiento sigue siendo normal y equiparable, aunque esto no es indicador de que pueda haber posibilidad o diferencia entre la presencia de

plagas, indiferentemente de la parcela en la cual haya aparecido pequeños nemátodos, esto suma cinco puntos de favorecimiento en cuanto al crecimiento de la especie.

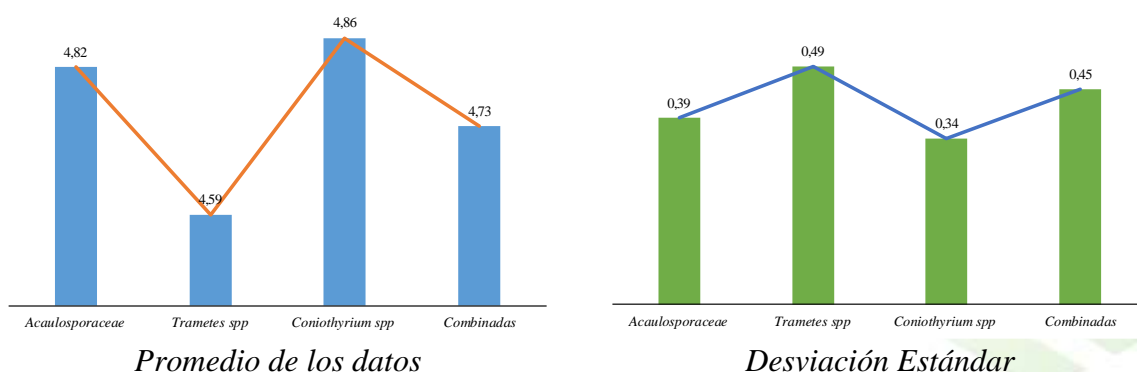
Figura 24. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable presencia de plagas (Pp)



Nota: Elaborado por el Autor (2024)

Por último, la salud vegetativa (Sv), presenta una diferencia en la media de la parcela con de *Trametes spp*, sin embargo, es tan ínfimo el rango de distancia cuantitativa con las otras parcelas, que el comportamiento sigue siendo normal y equiparable, siendo un indicador de que pueda no hay diferencia entre la salud vegetativa de las parcelas. Esto suma seis puntos de favorecimiento en cuanto al crecimiento de la especie.

Figura 25. Diferencia poco notable en los promedios y desviación estándar de la variable salud vegetativa (Sv)



Nota: Elaborado por el Autor (2024)

Esto permite ver que la planta tuvo una gran adaptación con el sustrato suministrado, puesto que los hongos implementados en los puntos de siembra a través de solución ayudaron a que esta creciera, ya que la parcela destinada como blanco no tuvo crecimiento y se mantuvo estéril, ya que el efecto nocivo de la devastación el incendio provocado produjo un efecto grave

a la biodiversidad y ecosistema, lo que lleva a comprobar con notoriedad que los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, pueden considerarse una solución para recuperar suelos afectados por conflagraciones.

### 6.3.3. Evaluación Del Suelo

Se realizó una toma de muestra del suelo recuperado posterior a la devastación y se comparó con la caracterización preliminar presentada en la sección *Análisis Físico y Químico* de este documento. A continuación, se presentan los resultados de esta caracterización final.

Figura 26. Resultados de la Caracterización Final de la Muestra Compuesta de Suelos



Nota: La caracterización presentada es de propiedad del autor, 2023.

Con base a estos resultados, entonces se abre un debate de discusión entre los parámetros iniciales, la eficiencia de los hongos y los autores que abordan estos estudios.

#### 6.3.3.1. Disponibilidad de Nutrientes Principales.

En la muestra inicial, se observó un nivel óptimo de potasio y calcio, alrededor de 0,5 meq/100 cc y 5,16 meq/100 cc respectivamente, indicando condiciones adecuadas para la

resistencia a enfermedades y la estructura del suelo. Además, la concentración de amonio y nitrato, aproximadamente 23 ppm y 5 ppm respectivamente, sugiere una disponibilidad significativa de nitrógeno, esencial para el crecimiento vegetal. No obstante, niveles bajos de fósforo y azufre, alrededor de 2 ppm y 5 ppm, respectivamente, podrían limitar el crecimiento óptimo de las plantas y afectar su nutrición.

En contraste, los resultados finales revelan un aumento significativo en los niveles de potasio, calcio, magnesio, fósforo y azufre, con valores de 2,5 meq/100 cc, 5,8 meq/100 cc, 3,2 meq/100 cc, 25 ppm y 10 ppm respectivamente. Esta mejora en los nutrientes principales del suelo puede atribuirse al trabajo conjunto de los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, quienes desempeñan un papel fundamental en la bio-remediación y recuperación del suelo luego de un incendio forestal.

#### **6.3.3.2. Disponibilidad de Nutrientes Secundarios**

En la muestra inicial, se observó un nivel óptimo de hierro y manganeso, alrededor de 43 ppm y 102 ppm respectivamente, cruciales para la fotosíntesis y el metabolismo de las plantas. Sin embargo, los niveles de cobre y zinc fueron deficientes, con valores aproximados de 0,10 ppm y 91,60 ppm respectivamente, lo que podría afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Aunque el boro no fue específicamente abordado, se reconoce su importancia en la formación de paredes celulares y la translocación de azúcares.

En contraste, los resultados finales revelan una disminución significativa en los niveles de hierro, manganeso, cobre, zinc y boro, con valores de 20 ppm, 12 ppm, 2 ppm, 15 ppm y 0.8 ppm respectivamente. Esta reducción en los micronutrientes puede atribuirse al trabajo conjunto de los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, quienes, mediante procesos de biorremediación, pueden haber influido en la movilización y disponibilidad de estos elementos en el suelo

#### **6.3.3.3. Características Finales de la Acidez y Alcalinidad**

El análisis inicial reveló un pH ligeramente ácido de 6.01, lo que sugiere un entorno propicio para la absorción de nutrientes por parte de las plantas, como destacado por Núñez-Peñaloza et al. (2023). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) moderada, medida en 7.75 meq/100 g, indicó una retención equilibrada de nutrientes en el suelo, contribuyendo a su salud general. Por otro lado, la presencia de cloruros, con una concentración de 1.40 meq/L, planteó

inquietudes sobre su posible efecto negativo en la disponibilidad de nutrientes, una consideración relevante para futuras investigaciones.

En contraste, los resultados finales mostraron un ligero aumento en el pH hasta 6.5, posiblemente influenciado por la actividad microbiana de los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.* La disminución en la concentración de aluminio y cloruros, junto con una saturación de bases del 70%, sugiere una mejora en la salud y la fertilidad del suelo, lo que puede atribuirse a la acción de los microorganismos, como han sugerido Abbate y Andrade (2015).

#### **6.3.3.4. Características Finales de Textura y Composición Física**

La composición física del suelo, en términos de textura, es un aspecto crítico que influye en su capacidad para sostener la vida vegetal y los procesos biológicos asociados. Según los hallazgos preliminares, el suelo exhibe una textura franco-arenosa, con un 68% de arena, un 25% de limo y un 7% de arcilla. Este perfil granulométrico, identificado por Smith et al. (2018), sugiere una buena retención de agua y aireación, lo que es beneficioso para la actividad biológica del suelo. Aun así, la proporción de partículas finas también influye en la capacidad de retención de nutrientes, como se menciona en informes de la FAO. Respecto a la densidad aparente, el valor registrado de 1,38 gr/cc indica una masa de suelo por unidad de volumen que sugiere una porosidad adecuada para el movimiento del agua y las raíces, como destacan estudios anteriores. Sin embargo, valores más bajos, como el resultado final de 1,2 gr/cc, pueden indicar una mayor porosidad, lo que puede influir en la infiltración de agua y la disponibilidad de oxígeno para las raíces, como se sugiere en la investigación de García-Palacios et al. (2019). Esta variación en la densidad aparente podría atribuirse a la actividad de hongos como *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, que podrían haber afectado la estructura y porosidad del suelo durante el proceso de recuperación.

#### **6.3.3.5. Disponibilidad en Contenido de Materia Orgánica**

En los resultados finales, se observa un aumento en el contenido de materia orgánica del suelo, pasando de 2,38% a 2,7%. Este incremento puede atribuirse a la actividad de los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, que participan en la descomposición de residuos orgánicos y en la liberación de nutrientes en el suelo. Este proceso de descomposición contribuye al enriquecimiento del suelo con carbono orgánico, como

mencionado por Smith et al. (2018), lo que puede mejorar la fertilidad y la salud general del suelo.

El contenido de carbono orgánico (C.O) también muestra un aumento significativo, alcanzando un 20%. El carbono orgánico es una fuente clave de energía para los microorganismos del suelo, como señala Smith et al. (2018), y su incremento puede indicar una mayor actividad microbiana en el suelo, posiblemente impulsada por la presencia de los hongos mencionados. Esta mayor actividad microbiana puede acelerar la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes, lo que beneficia el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, aunque no se proporcionan datos específicos sobre el nitrógeno total en los resultados finales, se menciona una relación C/N de 12 a 1 entre el carbono y el nitrógeno. Esta relación es importante ya que el nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas y está estrechamente relacionado con la materia orgánica y la actividad microbiana, como señala García-Palacios et al. (2019). Un aumento en esta relación podría indicar una mayor disponibilidad de nitrógeno en forma orgánica en el suelo, lo que beneficiaría el crecimiento y desarrollo de las plantas en el ecosistema.

#### **6.3.3.6. Características Finales para las Propiedades Físicas Adicionales**

Los resultados finales revelan cambios significativos en dos propiedades físicas adicionales del suelo: la Conductividad Eléctrica (CE) y la Saturación de Humedad. La CE disminuyó de 2.1 a 0.8 mS/cm, indicando una reducción en la salinidad del suelo. Esta disminución podría atribuirse a la actividad de los hongos Acaulosporaceae, Trametes spp. y Coniothyrium spp., que podrían haber contribuido a la descomposición de materia orgánica y la lixiviación de sales del suelo. Este cambio sugiere una mejora en la calidad del suelo y una mayor idoneidad para el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, la Saturación de Humedad aumentó del 40% al 55%, lo que indica una mayor disponibilidad de agua en el suelo. Esta mejora podría influir positivamente en la disponibilidad de oxígeno para las raíces y la actividad microbiana, promoviendo así un ambiente más propicio para el crecimiento vegetal, como sugieren los estudios de Richards (1983) mencionados por Campos et al. (2020). En conjunto, estos cambios sugieren una mejora en las condiciones físicas del suelo, lo que podría beneficiar la recuperación del ecosistema después del incendio forestal.

En definitiva, la investigación revela un panorama alentador respecto a la recuperación del suelo tras el devastador incendio forestal, destacando el papel fundamental de los hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.* en este proceso. A través de la descomposición de materia orgánica, la promoción de la disponibilidad de nutrientes y la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo, estos microorganismos han demostrado ser agentes eficaces en la biorremediación, contribuyendo significativamente a la restauración del ecosistema. Su capacidad para degradar compuestos tóxicos y mejorar la calidad del suelo resalta su importancia en la mitigación de los impactos ambientales adversos y en la promoción de la sostenibilidad ambiental.

Además, se evidencia el potencial complementario de la fitorremediación mediante la leguminosa *Vigna unguiculata*, que, junto con la acción de los hongos, ha contribuido a la recuperación del suelo. La capacidad de esta leguminosa para fijar nitrógeno atmosférico, mejorar la estructura del suelo y proporcionar cobertura vegetal ha sido clave para promover la recuperación del ecosistema y restaurar su funcionalidad. La combinación de la acción de los hongos y la presencia de la leguminosa *Vigna unguiculata* representa una estrategia integral y efectiva para la restauración de suelos degradados, destacando el potencial de la biodiversidad microbiana y vegetal en la rehabilitación de ecosistemas afectados por eventos como los incendios forestales.



## 7. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en la etapa de toma de muestras y análisis de los parámetros físicos y químicos del suelo en la zona de influencia del Cerro El Cóndor del Ecoparque Los Besotes, se identificaron diversos aspectos que impactan en la calidad y fertilidad del suelo post-incendio forestal.

Se encontró una composición granulométrica caracterizada por un alto porcentaje de arena, seguido de limo y arcilla, lo que define una textura franco-arenosa. Esta composición favorece la retención de agua y la aireación del suelo, factores cruciales para el desarrollo de las plantas. Además, se observó una densidad aparente que sugiere una adecuada porosidad para el movimiento del agua y las raíces, contribuyendo así a la salud del suelo y al crecimiento vegetal.

Asimismo, se detectó un nivel óptimo de nutrientes esenciales como el potasio, calcio y magnesio, indicando una adecuada disponibilidad para el desarrollo vegetal, mientras que niveles inadecuados de fósforo y azufre señalan limitaciones en la nutrición de las plantas. La presencia de elementos traza como hierro, manganeso, cobre, zinc y boro también fue relevante, destacando su importancia en procesos biológicos clave para el crecimiento de las plantas.

Sin embargo, la presencia de cloruros plantea preocupaciones sobre su posible impacto negativo en la salud del suelo y la disponibilidad de nutrientes, requiriendo investigaciones adicionales para comprender su efecto en las condiciones locales. Por último, se identificó una adecuada saturación de bases en el suelo, lo que sugiere una fertilidad potencialmente alta.

Los microorganismos seleccionados, *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, han sido identificados como elementos clave en la recuperación de suelos devastados por incendios forestales. *Trichoderma spp.*, reconocido por su papel en el control biológico de hongos y nematodos, además de su capacidad para inducir resistencia en las plantas y estimular su crecimiento, representa una herramienta potencialmente importante en la restauración de suelos afectados.

Por otro lado, los *Acaulosporaceae*, hongos micorrízicos arbusculares, pueden mejorar la salud del suelo y la nutrición de las plantas mediante la formación de simbiosis con las raíces, lo que favorece la absorción de nutrientes y la resistencia a enfermedades. Respecto a *Trametes spp.*, su capacidad para degradar la lignina en la madera sugiere un papel relevante en la descomposición de materia orgánica, lo que podría contribuir indirectamente a la recuperación del suelo. En cuanto a *Coniothyrium spp.*, aunque algunas especies están relacionadas con la descomposición de materia orgánica, su presencia y actividades en el suelo indican posibles beneficios para el ecosistema, aunque aún no se ha establecido una relación directa con la recuperación de suelos después de incendios forestales.

La incubación controlada de estos microorganismos en condiciones degradantes similares a las provocadas por incendios forestales reveló que la mayoría de los microorganismos tienen una baja probabilidad de sobrevivir a tales condiciones extremas, lo que limita la diversidad microbiológica en suelos post-incendio. Sin embargo, los hongos seleccionados, por su capacidad de resistencia y adaptación, representan candidatos prometedores para la biorremediación del suelo y la restauración de suelos afectados por incendios.

Sus actividades metabólicas y su potencial para mejorar la estructura y la calidad del suelo los convierten en actores clave en la recuperación de ecosistemas devastados. La manipulación cuidadosa y la utilización estratégica de estos microorganismos pueden ser fundamentales para restablecer la salud y la fertilidad del suelo en áreas afectadas por incendios forestales, contribuyendo así a la recuperación y la sostenibilidad de los ecosistemas afectados.

Los resultados de la evaluación de la capacidad de recuperación de suelos devastados por incendios forestales revelan una serie de descubrimientos significativos. En primer lugar, el diseño de parcelas y la densidad de siembra se basaron en investigaciones previas, lo que permitió una distribución óptima de las plantas de *Vigna unguiculata*. Esta medida contribuyó a un crecimiento saludable de las plantas en las parcelas tratadas con hongos *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, demostrando una correlación positiva entre la presencia de estos hongos y el desarrollo vegetativo.

En segundo lugar, los cambios observados en la composición fisicoquímica del suelo después de la aplicación de los hongos son prometedores. Se registraron aumentos significativos en los niveles de nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, como potasio, calcio, magnesio y fósforo, indicando una mejora en la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Además, se observó una reducción en los niveles de micronutrientes como hierro, manganeso, cobre y zinc, sugiriendo una posible movilización y disponibilidad mejorada de estos elementos en el suelo.

Por último y tercer lugar, se identificaron cambios en las propiedades físicas del suelo, incluyendo una ligera elevación del pH, una disminución en la conductividad eléctrica y un aumento en la saturación de humedad. Estos cambios indican una mejora en la calidad del suelo y su idoneidad para el crecimiento vegetal. En conjunto, estos resultados respaldan la eficacia de la aplicación de hongos bio-remediadores para la restauración de suelos afectados por incendios forestales, destacando la importancia de considerar enfoques naturales en la gestión de ecosistemas post-incendio.



## 8. RECOMENDACIONES

Para mejorar la robustez de los resultados y la capacidad de inferencia, se recomienda la implementación de un diseño experimental controlado, como un diseño completamente aleatorizado (DCA) o un diseño en bloques completos al azar (DBCA). Estos diseños permitirían una distribución equitativa y aleatoria de las unidades experimentales, minimizando el sesgo y facilitando la comparación de los tratamientos. Además, el uso de réplicas dentro de cada tratamiento aumentaría la precisión de las estimaciones y la capacidad para detectar diferencias significativas entre ellos.

Por otro lado, aunque se han descartado microorganismos patógenos bacterianos y virales como *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.*, *Aspergillus spp.* y algunos virus que infectan *Rhizobium spp.*, sería prudente realizar un análisis exhaustivo de los riesgos asociados con su presencia en los suelos post-incendio. Si bien estos microorganismos no fueron seleccionados para la aplicación en la recuperación del suelo debido a su potencial patogénico, su detección y monitoreo continuo podrían ser importantes para comprender mejor la dinámica microbiana y los posibles riesgos para la salud humana y ambiental. Esto podría lograrse mediante técnicas de secuenciación genética y análisis molecular específicos para identificar la presencia y la abundancia de estos microorganismos en el suelo.

Además, es crucial validar los resultados obtenidos en entornos reales cuando ocurran devastaciones por conflagración, como las que se puedan presentar en el Ecoparque Los Besotes. Aunque el análisis de la devastación incendiaria se llevó a cabo mediante una simulación de incendio ex-situ, la aplicación de las estrategias de recuperación del suelo y la evaluación de su efectividad en condiciones reales son esenciales para verificar la viabilidad y la aplicabilidad práctica de las conclusiones obtenidas. Esta validación en campo proporcionaría una comprensión más completa de la dinámica del ecosistema post-incendio y permitiría ajustar y refinar las estrategias de restauración en función de las condiciones del sitio y las respuestas observadas de la vegetación y el suelo.

Para mejorar la eficiencia de los microorganismos utilizados como *Acaulosporaceae*, *Trametes spp.* y *Coniothyrium spp.*, es fundamental realizar una caracterización exhaustiva de sus capacidades metabólicas, requerimientos nutricionales y condiciones óptimas de crecimiento. El uso del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) es esencial para estudiar su morfología a nivel ultraestructural, lo que puede revelar características clave para su identificación y comprensión de sus mecanismos de acción. Además, la aplicación de técnicas de secuenciación de ADN y ARN permitiría identificar genes y vías metabólicas involucradas en procesos clave, lo que abriría la puerta a la optimización de cepas mediante ingeniería genética o selección dirigida.

En cuanto a los microorganismos no utilizados, como *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.*, virus que infectan *Rhizobium spp.* y *Aspergillus spp.*, su caracterización profunda es igualmente crucial para explotar su potencial biotecnológico. El MEB sería una herramienta valiosa para estudiar la morfología y el ciclo de vida de estos microorganismos, mientras que la secuenciación de ADN y ARN permitiría desentrañar sus genomas y transcriptomas, respectivamente. Esto revelaría información invaluable sobre sus mecanismos de patogenicidad, resistencia a antibióticos, capacidades enzimáticas y otras características de interés industrial o ambiental, para la recuperación del suelo.

Además de las técnicas mencionadas, la caracterización de estos microorganismos también puede beneficiarse de otras tecnologías avanzadas, como la espectrometría de masas para el análisis de metabolitos y proteínas, la citometría de flujo para estudios de población y la microscopía confocal para visualizar procesos dinámicos en tiempo real. La integración de estos enfoques permitiría una comprensión integral de sus capacidades y limitaciones, lo que sentaría las bases para el diseño de estrategias de mejora, ya sea mediante ingeniería genética, optimización de condiciones de cultivo o desarrollo de consorcios microbianos sinérgicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M., & Ramírez, W. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/295009980\\_monitoreo\\_restauracion\\_baja/download?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Il9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjojX2RpcmVjdCJ9fQ](https://www.researchgate.net/publication/295009980_monitoreo_restauracion_baja/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Il9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjojX2RpcmVjdCJ9fQ)
- Alcaldía de Valledupar. (2020). *Plan de Desarrollo Municipio de Valledupar "Valledupar en Orden 2020-2023"*. Valledupar: Gobierno Municipal de Valledupar.
- Baldrian, P. (2006). Fungal laccases – occurrence and properties. *FEMS Microbiology Reviews*, 30(2), 215-242. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16472305/>
- Bashan, Y., Holguin, G., & de-Bashan, L. E. (2004). Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997–2003). *Canadian Journal of Microbiology*, 50(8), 521-577. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15467782/>
- Batinovic, S., Wassef, F., Knowler, S. A., Rice, D. T., Stanton, C. R., Rose, J., . . . Franks, A. E. (2019). Bacteriophages in Natural and Artificial Environments. *Pathogens*, 8(3), 100. doi:<https://doi.org/10.3390/pathogens8030100>
- Beltrán, M., & Lizarazo-Forero, L. (2013). Grupos Funcionales de Microorganismos en Suelos de Páramo Perturbados por Incendios Forestales. *Revista de Ciencias*, 121-136.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*, 1-8.
- Blume, G., & Schwetmann, L. (1969). "Genetic evaluation of profile distribution of Al, Fe and Mn oxides. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.*, 438-444. Obtenido de <https://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/Volumen%207-3.%20Septiembre%202000.%20pa%2065-73.pdf>

- Bressan, W., & Figueiredo, M. (2015). *Streptomyces spp. in the rhizosphere: a review. Scientia Agricola*, 72(5), 356-3633.
- CAR. (s.f.). *SIGAM - GLOSARIO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL*. Obtenido de Sistema de Gestión Ambiental Municipal:  
<http://sigam.car.gov.co/mod/glossary/print.php?id=213&mode=letter&hook=C&sortkey&sortorder&offset=20&pagelimit=10>
- Cardenas, O., & Linero, L. (2021). *Evaluación De La Capacidad De Recuperación De Suelos Intervenidos Por Minería Artesanal, Mediante Especies Moringa (Moringa Oleifera) Y Aromo (Acacia Farnesiana) En La Vereda Mina El Cielo, Corregimiento Valencia De Jesús, Departamento Del Cesar*. Valledupar, Colombia: UNICESAR.
- Cardona A., C., Pastrana, F., Araméndiz, H., Espitia, M., & Cardona V., C. (2021). Efectos de espaciamentos sobre el crecimiento y rendimiento del fríjol caupí cultivar Caupicor 50. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 1-8. Obtenido de <http://scielo.org.co/pdf/rudca/v24n2/2619-2551-rudca-24-02-e2139.pdf>
- Castillo, C., Calderón, A., Torres, K., Arias, P., & Torres, P. (2023). Evaluación de modelos de combustible forestal del bosque seco tropical del Parque Natural Regional Los Besotes - Valledupar, Cesar. *Revista Politécnica*, 54-77. doi:10.33571/rpolitec.v19n38a4
- Cazares E., S. (2019). *Impacto de los Incendios Forestales en las Comunidades Microbiana del Suelo en el Monte Tláloc*. Montecillo, Texcoco, México: Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Cercenado, E., & Cantón, R. (2010). *Procedimientos en Microbiología Clínica. Métodos de Identificación Bacteriana en Laboratorio de Microbiología*. Buenos Aires: EIMC.
- CNE. (2019). *¿Qué es un Incendio Forestal?* Recuperado el 21 de Agosto de 2022, de Comisión Nacional de Emergencias:  
[https://www.cne.go.cr/reduccion\\_riesgo/informacion\\_educativa/recomentaciones\\_con\\_sejos/incendio\\_forestal.aspx](https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/informacion_educativa/recomentaciones_con_sejos/incendio_forestal.aspx)

Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C., & Barka, E. A. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and environmental microbiology*, 71(9), 4951-4959. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16151072/>

Conservación del Medio Ambiente. (07 de Octubre de 2015). *Definiendo la Conservación Ambiental*. Obtenido de Conservación del Medio Ambiente: <http://carlythacorrea.blogspot.com/2015/10/definiendo-la-conservacion-ambiental.html>

Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S., & Rodríguez, J. (2017). Bacillus spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *Nova*, 15(27), 46-541. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702017000100046](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702017000100046)

De la Rosa, D. (2008). *Evaluación agro-ecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible*. Sevilla: Ediciones Mundi-Prensa.

Delbrück, M. (1940). The Growth of Bacteriophage. *Journal of General Physiology*, 23(5), 643-660. Obtenido de [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2141994/#:~:text=The%20growth%20of%20phage%20can,of%20the%20phage%20\(burst\).](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2141994/#:~:text=The%20growth%20of%20phage%20can,of%20the%20phage%20(burst).)

Echeverría, H., & García, F. (2015). Los nutrientes del suelo y la determinación del rendimiento de los cultivos de granos. *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*, 165-204. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/320552429\\_Los\\_nutrientes\\_del\\_suelo\\_y\\_la\\_determinacion\\_del\\_rendimiento\\_de\\_los\\_cultivos\\_de\\_granos](https://www.researchgate.net/publication/320552429_Los_nutrientes_del_suelo_y_la_determinacion_del_rendimiento_de_los_cultivos_de_granos)

El Pilón. (31 de Marzo de 2013). *Incendio consumió parte del cerro Los Besotes*. Obtenido de El Pilón: <https://elpilon.com.co/incendio-consumio-parte-del-cerro-los-besotes/>

FAO. (1998). *Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: [http://www.fao.org/ag/ca/training\\_materials/cd27-spanish/li/](http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/li/)

- FAO. (2018). *Guía de Prácticas para el Uso y Manejo Sostenible en Suelos de la FAO*. Bogotá D.C.: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- FAO. (02 de Mayo de 2018). *La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>
- FAO. (2019). *La Contaminación del Suelo: una realidad oculta*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- FAO. (s.f.). *El Medio Ambiente*. Recuperado el 21 de Agosto de 2022, de Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s09.htm#:~:text=El%20medio%20ambiente%20es%20el,conjunto%20constituye%20su%20medio%20ambiente.>
- FAO. (s.f.). *El Suelo*. Recuperado el 20 de Agosto de 2022, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm#:~:text=EL%20SUELO-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%3F,de%20temperatura%20y%20el%20viento.>
- Fiers, W., & Sinsheimer, R. (1962). The structure of the DNA of bacteriophage  $\phi$ X174: II. Thermal inactivation. *Journal of Molecular Biology*, 5(4), 420-423. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022283662800308>
- Freeman, S., & Katan, T. (1997). Identification of Colletotrichum species using PCR-RFLP. *Letters in Applied Microbiology*, 24(5), 355-358.
- Gams, W. (2000). Mycogone pernicioso and its allies. *Mycological Research*, 104(11), 1347-1354.
- García, P., & Al., e. (2019). Soil microbial diversity drives the priming effect along climate gradients: a global study. *Global Change Biology*, 25(9), 3104-3115.
- Hernández S., R., & Mendoza T., C. (2018). *Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México D.F.: McGraw Hill.

- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México D.F.: McGraw Hill.
- Hernández-Melchor, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). Trichoderma: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 35(1), 98-105. Obtenido de <https://revistas.udec.cl/index.php/chjaas/article/view/993>
- Hillel, D. (2004). Introduction to Environmental Soil Physics. *Academic Press*. Obtenido de <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2444343>
- IGAC. (2017). *Guía de Recomendaciones para la toma de muestras para Análisis del Laboratorio Nacional de Suelos*. Bogotá D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Illescas, C. (2017). Periodos en la solución o resolución de problemas. *Universidad Veracruzana-AFBG*, 1-5.
- INTA. (13 de Marzo de 2013). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de Muestreo de suelos: <https://inta.gov.ar/documentos/muestreo-de-suelos-0>
- Jacob, F., & Monod, J. (1961). Genetic Regulatory Mechanisms in the Synthesis of Proteins. *Journal of Molecular Biology*, 3, 318-356. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022283661800727>
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Koske, R. E., & Gemma, J. N. (1989). *Acaulospora alpina*, a new species in the Glomales. *Mycologia*, 81(3), 452-455.
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 1-11. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522013000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100001)
- MINAMBIENTE. (s.f.). *Normativa*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <https://www.minambiente.gov.co/normativa/>

- MINSALUD. (s.f.). *Normativa*. Obtenido de Ministerio de Salud y Protección Social:  
<https://www.minsalud.gov.co/Normativa/Paginas/normativa.aspx>
- Moorberg, C., & Crouse, D. (2019). *Manual de Laboratorio de Suelos*. Roma, Italia: Kansas State University via Prairie Press.
- Núñez, J., Pérez, J., & Prado, J. (2023). Análisis de indicadores e índices de calidad de suelos en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*.  
doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.3148>
- Ongena, M., & Jaques, F. (2009). Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology*, 16(3), 115-1252. Obtenido de  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18289856/>
- Öpik, M., Moora, M., Liira, J., & Zobel, M. (2006). Composition of root-colonizing arbuscular mycorrhizal fungal communities in different ecosystems around the globe. *Journal of Ecology*, 94(4), 778-790. Obtenido de  
<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2006.01136.x>
- Ospina C., L. (2017). *Efecto de un Incendio Forestal sobre la Microbiota de un suelo de Bosque Seco Tropical en el departamento del Tolima*. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- Pushaina, J. (01 de Mayo de 2022). *En el Global Big Day todos podemos participar*. Obtenido de RoperoAventuras: <https://roperoaventuras.com/2021/05/03/en-el-global-big-day-todos-podemos-participar-jose-luis-pushaina/>
- Redecker, D. (2000). Glomalean fungi from the Ordovician. *Science*, 1920-1921. Obtenido de  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10988069/>
- Reinato de España. (2007). *Ley Consolidada del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*. Madrid, España: Reinato de España.
- Rhoades, J. K. (1992). The use of saline waters for crop production. *FAO Irrigation and Drainage*, Pág. 48. Obtenido de  
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=424006>

- Rodríguez, H., & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology advances*, 17(4-5), 319-339. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975099000142>
- Romero, M., Cid, G., González, F., & López, T. (2020). Curvas tensión humedad y función conductividad hidráulica en suelos pardos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 21-27. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5862/586263256004/586263256004.pdf>
- Rosabal, L., Macías, P., Maza, M., & López, R. (2021). Microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático. *Magna Scientia UCEVA*, 104-119. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/355694213\\_Microorganismos\\_del\\_suelo\\_y\\_sus\\_usos\\_potenciales\\_en\\_la\\_agricultura\\_frente\\_al\\_escenario\\_del\\_cambio\\_climatico](https://www.researchgate.net/publication/355694213_Microorganismos_del_suelo_y_sus_usos_potenciales_en_la_agricultura_frente_al_escenario_del_cambio_climatico)
- Rosado, M., González, J., Mireles, M., Torres, J., Rosas, N., & Villegas, J. (2020). Identificación de microorganismos aislados de suelos agrícolas con capacidad de tolerar 2.4-D y malatión. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2020000100106](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2020000100106)
- Rosales, J., Esquivel, E., Acevedo, M., González, M., & Cartes, E. (2018). Situación pre y post-incendio, de un ecosistema del tipo forestal Roble-Hualo, Región del Maule, Chile. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 55-68.
- Rosero Cuesta, J. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del Arte. *Cuaderno Activa*, 59-67.
- Rossmann, A. Y., & Samuels, G. J. (1999). The genus *Hypomyces*. *Mycologia*, 91(5), 891-914.
- Royse, D., & Sánchez, J. (2017). *Pleurotus* spp.: cultivation, production, and properties. *Mushroom Biology and Mushroom Products*, 46, 1-29. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Sanchez-104/publication/321686533\\_La\\_Biologia\\_el\\_cultivo\\_y\\_las\\_propiedades\\_nutricionales\\_y\\_medicinales\\_de\\_las\\_setas\\_Pleurotus\\_spp/links/5a2af33c45851552ae7a84bf/La-Biologia-el-cultivo-y-las-propiedades-nutricional](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Sanchez-104/publication/321686533_La_Biologia_el_cultivo_y_las_propiedades_nutricionales_y_medicinales_de_las_setas_Pleurotus_spp/links/5a2af33c45851552ae7a84bf/La-Biologia-el-cultivo-y-las-propiedades-nutricional)

- RUNAP. (17 de Julio de 2018). *RUNAP Los Besotes*. Obtenido de Registro Único Nacional de Áreas Protegidas: <https://runap.parquesnacionales.gov.co/area-protegida/752>
- Rytioja, J., Hildén, K., Yuzon, J., Hatakka, A., de Vries, R., & Makela, M. (2014). Plant-Polysaccharide-Degrading Enzymes from Basidiomycetes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 78, 614-649. doi:<https://doi.org/10.1128/MMBR.00035-14>
- Sánchez Benito, C. (2019). *Variación de la población de Microorganismos en Suelos que han sufrido un Incendio Forestal*. Coruña, España: Universidade da Coruña.
- Sánchez Contreras, M., González F., T., Ayora Talavera, T., Evangelista Martínez, Z., & Pacheco López, N. (s.f.). ¿Qué son los microbios? *Ciencia*, 68(2), 10-17.
- Smith, H., & Birnstiel, M. (1976). A simple method for DNA restriction site mapping. *Nucleic Acids Research*, 3(9), 2387-2398. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/787937/>
- Smith, M., & et. Al. (2018). Soil texture and organic matter control carbon and nitrogen mineralization in soil aggregates. *Soil Science Society of America Journal*, 82(5), 1157-1167.
- Smith, S., & Read, D. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. London, England: Academic Press. Obtenido de <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1398632>
- Soil Survey Division Staff. (1993). *Soil survey manual. Handbook*. Washington D.C.: United States Department of Agriculture.
- Soil Survey Staff. (1998). *Keys to soil taxonomy*. Washington: United States Department of Agriculture.
- Sullivan, J. T., Patrick, H. N., Lowther, W. L., Scott, D. B., & Ronson, C. W. (1995). Nodulating Strains of *Rhizobium loti* Arise through Chromosomal Integration of Symbiosis Islands. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 8(6), 828-837. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7568057/>

- Sutton, B. (1980). The Coelomycetes: Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. *Commonwealth Mycological Institute*, 1-696. Obtenido de <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2576110>
- Tapia, J., Ferrera, R., Varela, L., Rodríguez, J., Lara, J., Soria, J., . . . Cisneros, R. (2008). Caracterización e identificación morfológica de hongos formadores de micorriza arbuscular, en cinco suelos salinos del estado de San Luis Potosí, México. *Revista mexicana de micología*, 1-7. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802008000100001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802008000100001)
- UNAL. (31 de Mayo de 2016). *Bacterias recuperarían suelos afectados por incendios*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://www.palmira.unal.edu.co/index.php/noticias/unnoticias/278-bacterias-recuperarian-suelos-afectados-por-incendios>
- UNICESAR. (2021). *Lineamientos y Guía Orientadora para la Estructuración y Formulación de Anteproyecto y Proyecto de Grado en el programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria (Versión 3)*. Valledupar, Cesar: Universidad Popular del Cesar.
- UNICESAR. (2021). *Por Medio Del Cual Se Adoptan Las Líneas De Investigación De Los Programas De Pregrado De La Facultad De Ingeniería Y Tecnológicas Sede Valledupar, Y Se Dictan Otras Disposiciones*. Valledupar, Colombia: Universidad Popular del Cesar.
- Zuluaga R., M. (2020). Restauración Ecológica a Suelos Impactados por Incendios Forestales. *Restauración Ecológica*, 1-28.



**ANEXOS**
**ANEXO A. Caracterización de los Suelos Ecoparque Los Besotes**

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO												FECHA					
DIVISIÓN LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS												DÍA	MES	AÑO			
DEPARTAMENTO: <b>CESAR</b> MUNICIPIO: <b>VALLEDUPAR</b> LOCALIZACIÓN: <b>ECOPARQUE LOS BESOTES Y SECTORES ALEDAÑOS</b>												1	0	4	2	0	8
PROYECTO: <b>CONSERVACION INTERNACIONAL - CORPOCESAR</b>						REMITENTE: <b>C.I.</b>			No. DE LABORATORIO: <b>3-72809 A 810</b>								
IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	GRANULOMETRÍA			CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH		A.I. mg/100g	S.A.I. %	SALINIDAD		MATERIA ORGÁNICA					
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			1:1	1:2			mg/cm <sup>2</sup>	PSI	CaCO <sub>3</sub> **	C.O. %	N TOTAL %			
PB-1 0-17 cm	63,4	26,4	10,3	FA		6,1							0,1				
PB-1 17-55 cm	45,6	28,2	26,2	F		5,6							0,99				
COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g)						ELEMENTOS MENORES (ppm)				ppm							
CIC	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	S.T.	SE%	Mn	Fe	Zn	Cu	B	Azufre	NH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Fósforo		
	15,9	0,5	2,0	0,07	0,05	11,40	71,5								12,1		
	5,7	1,9	0,34	0,24	0,02	2,53	44,7								0,03		

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Ácidos intercambiable (A.I.) con KCl; Conductividad eléctrica (CE): en extracto de saturación; Carbono orgánico (C.O.): Walkley - Black; Fósforo (P) disponible: Bray II; CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio): Acetato de amonio 1 normal y neutro; Elementos menores: manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu) (extracción con DTPA), Boro (B) disponible: agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (HPQ); 0,008M; Nitrógeno (N) total: Kjeldahl; NH<sub>3</sub> (nitrato) y NH<sub>4</sub> (amonio); KCl 2N; CaCO<sub>3</sub> (carbonato de calcio) HCl 10%.

meq Calcio/100g x 100 = ppm      meq Potasio/100g x 201 = ppm      \*\* = BAJO    + = MEDIO    +++ = ALTO    ++++ MUY ALTO    (-) = NO PRESENTE  
 meq Magnesio/100g x 102 = ppm      meq Sodio/100g x 230 = ppm      N.D. = NO DETECTADO    SAT = SATURADO    S.T. = BASES TOTALES  
 Porcentaje (%) = ppm / 10.000      S.A.I. % = PORCENTAJE SATURACIÓN ACIDOS INTERCAMBIABLES  
 A = ARENA    L = LIMO    Ar = ARCILLA    F = FRANCO      S.B. % = PORCENTAJE SATURACIÓN DE BASES    PSI = PORCENTAJE SATURACIÓN DE SODIO

NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos.

Favor contactar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3084215 ó 3084000 ext. 4018

Aprobado por Coordinador de Análisis

**JORGE ALBERTO SANCHEZ E.**  
 Nombre \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

PLANIFICACIÓN - ORGANIZACIÓN Y METODOS FOLIO 04 DE 08

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO												FECHA					
DIVISIÓN LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS												DÍA	MES	AÑO			
DEPARTAMENTO: <b>CESAR</b> MUNICIPIO: <b>VALLEDUPAR</b> LOCALIZACIÓN: <b>ECOPARQUE LOS BESOTES Y SECTORES ALEDAÑOS</b>												1	0	4	2	0	8
PROYECTO: <b>CONSERVACION INTERNACIONAL - CORPOCESAR</b>						REMITENTE: <b>C.I.</b>			No. DE LABORATORIO: <b>3-72811 A 813</b>								
IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	GRANULOMETRÍA			CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH		A.I. mg/100g	S.A.I. %	SALINIDAD		MATERIA ORGÁNICA					
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			1:1	1:2			mg/cm <sup>2</sup>	PSI	CaCO <sub>3</sub> **	C.O. %	N TOTAL %			
PB-2 0-25 cm	73,7	14,1	12,1	FA		5,8		0,24	3,8				1,9				
PB-2 25-55 cm	71,8	16,1	12,1	FA		5,6							0,69				
PB-2 55-80 cm	71,8	14,1	14,1	FA		5,6							0,34				
COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g)						ELEMENTOS MENORES (ppm)				ppm							
CIC	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	S.T.	SE%	Mn	Fe	Zn	Cu	B	Azufre	NH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Fósforo		
	9,5	4,9	1,0	0,06	0,00	0,49	66,5								4,9		
	6,3	3,8	0,14	0,14	0,05	4,12	85,9								1,4		
	5,2	2,9	0,34	0,13	0,01	3,39	65,7								0,25		

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Ácidos intercambiable (A.I.) con KCl; Conductividad eléctrica (CE): en extracto de saturación; Carbono orgánico (C.O.): Walkley - Black; Fósforo (P) disponible: Bray II; CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio): Acetato de amonio 1 normal y neutro; Elementos menores: manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu) (extracción con DTPA), Boro (B) disponible: agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (HPQ); 0,008M; Nitrógeno (N) total: Kjeldahl; NH<sub>3</sub> (nitrato) y NH<sub>4</sub> (amonio); KCl 2N; CaCO<sub>3</sub> (carbonato de calcio) HCl 10%.

meq Calcio/100g x 100 = ppm      meq Potasio/100g x 201 = ppm      \*\* = BAJO    + = MEDIO    +++ = ALTO    ++++ MUY ALTO    (-) = NO PRESENTE  
 meq Magnesio/100g x 102 = ppm      meq Sodio/100g x 230 = ppm      N.D. = NO DETECTADO    SAT = SATURADO    S.T. = BASES TOTALES  
 Porcentaje (%) = ppm / 10.000      S.A.I. % = PORCENTAJE SATURACIÓN ACIDOS INTERCAMBIABLES  
 A = ARENA    L = LIMO    Ar = ARCILLA    F = FRANCO      S.B. % = PORCENTAJE SATURACIÓN DE BASES    PSI = PORCENTAJE SATURACIÓN DE SODIO

NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos.

Favor contactar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3084215 ó 3084000 ext. 4018

Aprobado por Coordinador de Análisis

**JORGE ALBERTO SANCHEZ E.**  
 Nombre \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

PLANIFICACIÓN - ORGANIZACIÓN Y METODOS FOLIO 05 DE 08

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO										FECHA																			
DIVISIÓN LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS										DÍA	MES	AÑO																	
DEPARTAMENTO: CESAR										MUNICIPIO: VALLEDUPAR										LOCALIZACIÓN: ECOPARQUE LOS BESOTES Y SECTORES ALEDAÑOS									
PROYECTO: CONSERVACION INTERNACIONAL - CORPOCESAR										REMITENTE: C.J.										No. DE LABORATORIO: 3-72814									
IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	GRANULOMETRÍA			CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH		A.I. mg/100g	S.A.I. %	SALINIDAD (mg/l)	PSI	CaCO <sub>3</sub> **	MATERIA ORGÁNICA																
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			pH 1:1	pH 1:2						C.O. %	N. TOTAL %															
PB-3 0-20 cm	71,8	14,1	14,1	FA		5,6								1,4															
COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g)						ELEMENTOS MENORES (ppm)						ppm																	
Ca	Mg	K	Na	S	B.T.	SR	Mn	Fe	Zn	Cu	B	Alu	NH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Fosfo														
8,2	3,8	0,92	0,29	0,07	5,09	62,1									7,0														

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Ácidos intercambiable (A.I.): con KCl; Conductividad eléctrica (CE): en extracto de saturación; Carbono orgánico (C.O.): Walkley - Black; Fósforo (P) disponible: Bray I; CIC (capacidad intercambio catiónica) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio): Acetato de amonio 1 normal y neutro; Elementos menores: manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu) extracción con DTPA; Boro (B) disponible: agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (HFQ); 0,009M; Nitrógeno (N) total: Kjeldahl; NO<sub>3</sub> (nitrato) y NH<sub>4</sub> (amonio); KCl 2N; CaCO<sub>3</sub> (carbonato de calcio); HCl 12N.

meq Calcio/100g x 200 = ppm; meq Magnesio/100g x 120 = ppm; meq Potasio/100g x 301 = ppm; meq Sodio/100g x 230 = ppm; \*\* = BAJO; += MEDIO; +++ = ALTO; ++++ MUY ALTO; (-) = NO PRESENTE; N.D. = NO DETECTADO; SAT = SATURADO; B.T. = BASES TOTALES; S.A.I.% = PORCENTAJE SATURACIÓN ACIDES INTERCAMBIABLE; S.B.% = PORCENTAJE SATURACIÓN DE BASES; PSI = PORCENTAJE SATURACIÓN DE SODIO

NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos.

Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3844016 ó 3894000 ext. 4016

Aprobado por Coordinador de Análisis

JORGE ALBERTO SANCHEZ E. Firma

PLANEACIÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS F421-06/2008-V2

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO										FECHA																			
DIVISIÓN LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS										DÍA	MES	AÑO																	
DEPARTAMENTO: CESAR										MUNICIPIO: VALLEDUPAR										LOCALIZACIÓN: ECOPARQUE LOS BESOTES Y SECTORES ALEDAÑOS									
PROYECTO: CONSERVACION INTERNACIONAL - CORPOCESAR										REMITENTE: C.J.										No. DE LABORATORIO: 3-72815 A B17									
IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	GRANULOMETRÍA			CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH		A.I. mg/100g	S.A.I. %	SALINIDAD (mg/l)	PSI	CaCO <sub>3</sub> **	MATERIA ORGÁNICA																
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			pH 1:1	pH 1:2						C.O. %	N. TOTAL %															
PB-4 0-30 cm	69,5	14,2	16,3	FA		6,4								4,6															
PB-4 30-55 cm	79,5	6,2	14,4	FA		6,2								3,0															
PB-4 55-100cm	69,6	12,1	18,2	FA		6,5								0,87															
COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g)						ELEMENTOS MENORES (ppm)						ppm																	
Ca	Mg	K	Na	S	B.T.	SR	Mn	Fe	Zn	Cu	B	Alu	NH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Fosfo														
12,8	11,0	2,0	0,46	N.D.	#VALOR:	#VALOR:									25,7														
15,7	8,4	0,99	0,18	0,04	9,80	61,3									144														
16,4	6,6	1,8	0,29	0,07	7,97	76,5									52,1														

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Ácidos intercambiable (A.I.): con KCl; Conductividad eléctrica (CE): en extracto de saturación; Carbono orgánico (C.O.): Walkley - Black; Fósforo (P) disponible: Bray I; CIC (capacidad intercambio catiónica) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio): Acetato de amonio 1 normal y neutro; Elementos menores: manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu) extracción con DTPA; Boro (B) disponible: agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (HFQ); 0,009M; Nitrógeno (N) total: Kjeldahl; NO<sub>3</sub> (nitrato) y NH<sub>4</sub> (amonio); KCl 2N; CaCO<sub>3</sub> (carbonato de calcio); HCl 12N.

meq Calcio/100g x 200 = ppm; meq Magnesio/100g x 120 = ppm; meq Potasio/100g x 301 = ppm; meq Sodio/100g x 230 = ppm; \*\* = BAJO; += MEDIO; +++ = ALTO; ++++ MUY ALTO; (-) = NO PRESENTE; N.D. = NO DETECTADO; SAT = SATURADO; B.T. = BASES TOTALES; S.A.I.% = PORCENTAJE SATURACIÓN ACIDES INTERCAMBIABLE; S.B.% = PORCENTAJE SATURACIÓN DE BASES; PSI = PORCENTAJE SATURACIÓN DE SODIO

NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos.

Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3844016 ó 3894000 ext. 4016

Aprobado por Coordinador de Análisis

JORGE ALBERTO SANCHEZ E. Firma

PLANEACIÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS F421-06/2008-V2

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO										FECHA			
DIVISIÓN LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS										DÍA	MES	AÑO	
										1	1	0 4 2 0 9 8	
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO		LOCALIZACIÓN										
CESAR	VALLEDUPAR		ECOPARQUE LOS BESOTES Y SECTORES ALEDAÑOS										
PROYECTO:	CONSERVACION INTERNACIONAL CORPOCESAR					REMITENTE:		No. DE LABORATORIO:					
										3-72818 A 820			
IDENTIFICACION DE CAMPO	GRANULOMETRIA			CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH		A.I. mg/100 g	S.A.I. %	SALINIDAD (mg/cm)	CaCO <sub>3</sub> **	MATERIA ORGANICA	
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			1:1	1:2					C.O. %	% TOTAL %
PB-5 0-35 cm	65,8	18,1	16,1	FARa		5,6						1,1	
PB-5 35-65 cm	69,8	4,0	26,2	FARa		5,6		0,24	4,6			0,82	
PB-5 55-100X	57,7	18,2	24,2	FARa		5,7						0,45	
COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g)										ELEMENTOS MENORES (ppm)			
Ca	Mg	K	Na	B	Al	Fe	Zn	Cu	Mn	As	NH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Fósforo
8,1	3,6	1,2	0,26	0,04	5,83								2,2
14,9	3,7	1,2	0,12	0,02	5,82								3,3
7,5	2,7	1,1	0,14	0,04	4,81								2,2

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Acidez intercambiable (A.I.) con KCl; Conductividad eléctrica (CE) en extracto de saturación; Carbono orgánico (C.O.) Walkley - Black; Fósforo (P) disponible: Bray II; CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio): Azetato de amonio 1 normal y neutro; Elementos menores: manganeso (Mn), hierro (Fe), cinc (Zn) y cobre (Cu) extracción con DTPA; Boro (B) disponible: agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (HPQ); 0,008M; Nitrógeno (N) total: Kjeldahl; NO<sub>3</sub> (nitrato) y NH<sub>4</sub> (amonio); KCl 2N; CaCO<sub>3</sub> (carbonato de calcio) HCl 10%.

meq Calcio/100g > 20 = ppm  
 meq Magnesio/100g > 120 = ppm  
 Porcentaje (%) = ppm / 10.000  
 A = ARENA; L = LIMO; Ar = ARCILLA; F = FRANCO

\*\* = SAJO; + = MEDIO; +++ = ALTO; ++++ = MUY ALTO; (-) = NO PRESENTE  
 N.D. = NO DETECTADO; SAT = SATURADO; S.T. = BASES TOTALES  
 S.A.I.% = PORCENTAJE SATURACION ACIDEZ INTERCAMBIABLE  
 S.B.% = PORCENTAJE SATURACION DE BASES; P.S.I. = PORCENTAJE SATURACION DE SODIO

NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos.

Favor consultar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3094016 ó 3094000 ext. 4016

Aprobado por Coordinador de Análisis

JORGE ALBERTO SANCHEZ E.  
 Nombre \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

PLANIFICACIÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS R01-08-0001-02

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO										FECHA			
DIVISIÓN LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS										DÍA	MES	AÑO	
										1	1	0 4 2 0 9 8	
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO		LOCALIZACIÓN										
CESAR	VALLEDUPAR		ECOPARQUE LOS BESOTES Y SECTORES ALEDAÑOS										
PROYECTO:	CONSERVACION INTERNACIONAL					REMITENTE:		No. DE LABORATORIO:					
										3-72821 A 822			
IDENTIFICACION DE CAMPO	GRANULOMETRIA			CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH		A.I. mg/100 g	S.A.I. %	SALINIDAD (mg/cm)	CaCO <sub>3</sub> **	MATERIA ORGANICA	
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			1:1	1:2					C.O. %	% TOTAL %
PB-6 0-20 cm	61,9	24,1	14,0	FA		5,6						0,46	
PB-6 20-55 cm	53,8	20,2	26,2	FARa		6,1						6,41	
COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g)										ELEMENTOS MENORES (ppm)			
Ca	Mg	K	Na	B	Al	Fe	Zn	Cu	Mn	As	NH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Fósforo
4,5	1,8	0,69	0,29	0,08	2,74								1,8
18,7	20,9	4,2	1,2	0,02	26,29								1,8

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Acidez intercambiable (A.I.) con KCl; Conductividad eléctrica (CE) en extracto de saturación; Carbono orgánico (C.O.) Walkley - Black; Fósforo (P) disponible: Bray II; CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio): Azetato de amonio 1 normal y neutro; Elementos menores: manganeso (Mn), hierro (Fe), cinc (Zn) y cobre (Cu) extracción con DTPA; Boro (B) disponible: agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (HPQ); 0,008M; Nitrógeno (N) total: Kjeldahl; NO<sub>3</sub> (nitrato) y NH<sub>4</sub> (amonio); KCl 2N; CaCO<sub>3</sub> (carbonato de calcio) HCl 10%.

meq Calcio/100g > 20 = ppm  
 meq Magnesio/100g > 120 = ppm  
 Porcentaje (%) = ppm / 10.000  
 A = ARENA; L = LIMO; Ar = ARCILLA; F = FRANCO

\*\* = SAJO; + = MEDIO; +++ = ALTO; ++++ = MUY ALTO; (-) = NO PRESENTE  
 N.D. = NO DETECTADO; SAT = SATURADO; S.T. = BASES TOTALES  
 S.A.I.% = PORCENTAJE SATURACION ACIDEZ INTERCAMBIABLE  
 S.B.% = PORCENTAJE SATURACION DE BASES; P.S.I. = PORCENTAJE SATURACION DE SODIO

NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos.

Favor consultar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3094016 ó 3094000 ext. 4016

Aprobado por Coordinador de Análisis

JORGE ALBERTO SANCHEZ E.  
 Nombre \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

PLANIFICACIÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS R01-08-0001-02

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUIRRE COLOMBIA										RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO										FECHA		
DEPARTAMENTO: CESAR										MUNICIPIO: VALLEDUPAR					LOCALIZACIÓN: ECOPARQUE LOS BESOTES Y SECTORES ALEDAÑOS					DÍA: 1	MES: 1	AÑO: 2018
PROYECTO: CONSERVACIÓN INTERNACIONAL - CORPOCESAR										REMITENTE: C.I.					No. DE LABORATORIO: 3-72823 A 825							
IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	GRANULOMETRÍA			CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH		A.I. mg/100g	S.A.I. %	SALINIDAD		CaCO <sub>3</sub> **	MATERIA ORGÁNICA									
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			1:1	1:2			mg/100g	%		mg/100g	PSI	C.O. %	N. TOTAL %						
PB-7 0-25 cm	44,7	24,6	30,8	FAr		7,1								3,10								
PB-7 25-55 cm	24,2	24,6	51,3	Ar		6,4								0,76								
PB-7 55-90 cm	29,8	22,9	56,3	Ar		6,2								0,84								
PB-7A 0-20 cm	19,3	41,4	39,3	FARL		6,5								0,98								
COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g)							ELEMENTOS MENORES (ppm)															
CE	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	S.T.	SB%	Mn	Fe	Zn	Cu	B	Aluminio	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	Fósforo							
21,2	19,4	6,7	0,34	0,02	26,45	SAT									2,7							
7,7	3,7	1,5	0,39	0,07	5,67	73,5									3,0							
20,5	14,6	7,4	0,17	0,05	22,22	SAT									2,2							
25,8	10,9	16,8	0,30	0,10	22,12	85,6									3,0							

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Anión intercambiable (A.I.): con KCl; Conductividad eléctrica (CE) en extracto de saturación; Carbono orgánico (C.O.): Walkley - Black; Fósforo (P) disponible: Bray II; CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio) Acetato de amonio 1 normal y resúlo; Elementos menores: manganeso (Mn), Hierro (Fe), cinc (Zn) y cobre (Cu) (adsorción con DTPA); Boro (B) disponible agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,008M; Nitrógeno (N) total: Kjeldahl; NO<sub>3</sub> (nitrato) y NH<sub>4</sub> (amonio): KCl 2N, CaCl<sub>2</sub> (carbonato de calcio): HCl 10%.

meq Calcio/100g x 200 = ppm  
meq Magnesio/100g x 120 = ppm  
Porcentaje (%) = ppm / 10.000  
A = ARENA, L = LIMO, Ar = ARCILLA, F = FRANCO

meq Potasio/100g x 321 = ppm  
meq Sodio/100g x 230 = ppm

\*\* = BAJO; + = MEDIO; +++ = ALTO; ++++ = MUY ALTO; (-) = NO PRESENTE  
N.D. = NO DETECTADO; SAT = SATURADO; S.T. = BASES TOTALES;  
S.A.I. % = PORCENTAJE SATURACIÓN ACIDEZ INTERCAMBIABLE;  
S.B. % = PORCENTAJE SATURACIÓN DE BASES; PSI = PORCENTAJE SATURACIÓN DE SODIO

NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos.

Favor comunicarnos su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3044016 ó 3044000 ext. 4016

Aprobado por Coordinador de Análisis

JORGE ALBERTO SANCHEZ E. Firma

PLANADÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS

PLANADÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUIRRE COLOMBIA										RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO										FECHA		
DEPARTAMENTO: CESAR										MUNICIPIO: VALLEDUPAR					LOCALIZACIÓN: ECOPARQUE LOS BESOTES Y SECTORES ALEDAÑOS					DÍA: 1	MES: 1	AÑO: 2018
PROYECTO: CONSERVACIÓN INTERNACIONAL - CORPOCESAR										REMITENTE: C.I.					No. DE LABORATORIO: 3-72831 A 833							
IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	GRANULOMETRÍA			CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH		A.I. mg/100g	S.A.I. %	SALINIDAD		CaCO <sub>3</sub> **	MATERIA ORGÁNICA									
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			1:1	1:2			mg/100g	%		mg/100g	PSI	C.O. %	N. TOTAL %						
PB-9 0-18 cm	61,6	16,2	22,2	FVA		7,3								2,3								
PB-9 18-45 cm	59,6	16,2	24,2	FVA		7,4								2,1								
PB-9 45-95 cm	57,6	20,2	22,2	FVA		7,5								1,5								
COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g)							ELEMENTOS MENORES (ppm)															
CE	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	S.T.	SB%	Mn	Fe	Zn	Cu	B	Aluminio	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	Fósforo							
11,3	14,5	1,2	0,32	N.D.	16,04	SAT									10,8							
12,6	13,9	1,3	0,38	0,03	15,58	SAT									6,2							
16,2	11,7	1,8	0,28	0,08	13,06	SAT									7,8							

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Anión intercambiable (A.I.): con KCl; Conductividad eléctrica (CE) en extracto de saturación; Carbono orgánico (C.O.): Walkley - Black; Fósforo (P) disponible: Bray II; CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio) Acetato de amonio 1 normal y resúlo; Elementos menores: manganeso (Mn), Hierro (Fe), cinc (Zn) y cobre (Cu) (adsorción con DTPA); Boro (B) disponible agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,008M; Nitrógeno (N) total: Kjeldahl; NO<sub>3</sub> (nitrato) y NH<sub>4</sub> (amonio): KCl 2N, CaCl<sub>2</sub> (carbonato de calcio): HCl 10%.

meq Calcio/100g x 200 = ppm  
meq Magnesio/100g x 120 = ppm  
Porcentaje (%) = ppm / 10.000  
A = ARENA, L = LIMO, Ar = ARCILLA, F = FRANCO

meq Potasio/100g x 321 = ppm  
meq Sodio/100g x 230 = ppm

\*\* = BAJO; + = MEDIO; +++ = ALTO; ++++ = MUY ALTO; (-) = NO PRESENTE  
N.D. = NO DETECTADO; SAT = SATURADO; S.T. = BASES TOTALES;  
S.A.I. % = PORCENTAJE SATURACIÓN ACIDEZ INTERCAMBIABLE;  
S.B. % = PORCENTAJE SATURACIÓN DE BASES; PSI = PORCENTAJE SATURACIÓN DE SODIO

NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos.

Favor comunicarnos su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3044016 ó 3044000 ext. 4016

Aprobado por Coordinador de Análisis

JORGE ALBERTO SANCHEZ E. Firma

PLANADÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS

PLANADÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS

DEPARTAMENTO		MUNICIPIO		LOCALIZACIÓN		FECHA								
CESAR		VALLEDUPAR		ECOPARQUE LOS BESOTES Y SECTORES ALEDANOS		DÍA	MES	AÑO						
						1	1	2008						
PROYECTO: CONSERVACIÓN INTERNACIONAL - CORPOCESAR				REMITENTE: C.I.		No. DE LABORATORIO: 3-72834 A 835								
IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	GRANULOMETRÍA			CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH		A.I. mg/100g	S.A.I. %	SALINIDAD (µs/cm)	PSI	CaCO <sub>3</sub> =	MATERIA ORGÁNICA	
	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %			11	12						C.O. %	N TOTAL %
PB-10 0-16cm	51,6	20,2	28,2	FARA		5,1		0,72	24,9				0,94	
PB-10 16-50 cm	45,6	24,2	30,2	FAR		4,8		3,1	63,9				0,64	
COMPLEJO DE CAMPO (mg/100 g)							ELEMENTOS MENORES (ppm)				ppm			
CIC	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	B.T.	Mn	Fe	Zn	Cu	B	Nitro	NRO <sub>3</sub>	NRO <sub>2</sub>	Fósforo
7,3	1,5	0,40	0,28	0,02	2,17									4,9
7,8	1,1	0,42	0,24	0,01	1,74									3,7

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Alémez intercambiable (A.I.) con KCl; Conductividad eléctrica (CE) en extracto de saturación; Carbono orgánico (C.O.): Walkley - Black; Fósforo (P) disponible: Bray II; CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio): Acetato de amonio 1 normal y neutro; Elementos menores: manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu) extractados con DTPA; Boro (B) disponible: agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (HFQ) 0.006M; Nitrógeno (N) total: Kjeldahl; NO<sub>3</sub> (nitrato) y NO<sub>2</sub> (nitrito); KCl 2N; CaCO<sub>3</sub> (carbonato de calcio): HCl 10%.

mg Calcio/100g > 200 = ppm.  
 mg Magnesio/100g > 100 = ppm.  
 Potasio (%) = ppm / 10.000  
 A = ARENA; L = LIMO; Ar = ARCILLA; F = FRANCO

mg Potasio/100g > 30 = ppm  
 mg Sodio/100g > 200 = ppm

H = + BAJO; ++ = MEDIO; +++ = ALTO; ++++ MUY ALTO; ( ) = NO PRESENTE  
 N.D. = NO DETECTADO; SAT = SATURADO; S.T. = BASES TOTALES  
 S.A.I.% = PORCENTAJE SATURACIÓN ACIDEZ INTERCAMBIABLE  
 S.B.% = PORCENTAJE SATURACIÓN DE BASES; PSI = PORCENTAJE SATURACIÓN DE SODIO

NOTA: Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante los meses a partir de la entrega de los mismos.

Favor: comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 3684016 ó 3684000 ext. 4018

Aprobado por Coordinador de Análisis

JORGE ALBERTO SANCHEZ E.  
 Nombre \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

PLANIMACIÓN - ORGANIZACIÓN Y MÉTODOS F421-06-0000-02

## ANEXO B. Evaluación del Crecimiento de las Especies

Parcelación		<i>Acaulosporaceae</i>					Parcelación		<i>Trametes spp</i>				
Día	Hp	Nh	Nv	Lv	Pp	Sv	Día	Hp	Nh	Nv	Lv	Pp	Sv
3	5,2	5	0	0	0	5	3	5,5	4	0	0	0	5
7	7,1	6	0	0	0	5	7	7	5	0	0	0	5
11	9	7	0	0	0	5	11	8,9	6	0	0	0	5
15	10,9	6	0	0	0	5	15	11,1	7	0	0	0	5
19	12,8	5	0	0	0	5	19	12,7	6	0	0	0	5
23	14,7	4	0	0	0	5	23	14,9	5	0	0	0	5
27	16,6	3	0	0	0	5	27	16,4	4	0	0	0	5
31	18,5	4	0	0	0	5	31	18,3	3	0	0	0	5
35	20,4	5	0	0	0	5	35	20,2	4	0	0	0	5
39	22,3	6	0	0	0	5	39	22,1	5	0	0	0	5
43	24,2	7	0	0	0	5	43	24	6	0	0	0	5
47	26,1	8	0	0	0	5	47	25,9	7	0	0	0	5
51	28	7	0	0	0	5	51	27,8	8	0	0	0	5
55	29,9	6	0	0	0	5	55	29,7	7	0	0	0	4
59	31,8	5	1	2	0	5	59	31,6	6	0	0	0	4
63	33,7	4	2	3	0	5	63	33,5	5	1	2	0	4
67	35,6	3	3	4	0	5	67	35,4	4	2	3	0	4

Parcelación			<i>Acaulosporaceae</i>				Parcelación			<i>Trametes spp</i>			
Día	Hp	Nh	Nv	Lv	Pp	Sv	Día	Hp	Nh	Nv	Lv	Pp	Sv
71	37,5	4	4	5	0	5	71	37,3	3	3	4	1	4
75	39,4	5	5	6	0	4	75	39,2	4	4	5	0	4
79	41,3	6	6	7	0	4	79	41,1	5	5	6	1	4
83	43,2	7	7	7	1	4	83	43	6	6	7	1	4
87	45,1	8	8	7	1	4	87	44,9	7	7	7	1	4
<b>Media (X)</b>	25,2	5,5	1,6	1,9	0,1	4,8	<b>Media (X)</b>	25,0	5,3	1,3	1,5	0,2	4,6
<b>Desviación (D)</b>	12,1	1,4	2,6	2,7	0,3	0,4	<b>Desviación (D)</b>	12,0	1,4	2,2	2,5	0,4	0,5
Parcelación			<i>Coniothyrium spp</i>				Parcelación			<i>Combinadas</i>			
Día	Hp	Nh	Nv	Lv	Pp	Sv	Día	Hp	Nh	Nv	Lv	Pp	Sv
3	5,3	6	0	0	0	5	3	5,4	5	0	0	0	5
7	7,2	7	0	0	0	5	7	7,3	6	0	0	0	5
11	9,1	8	0	0	0	5	11	9,2	7	0	0	0	5
15	10,8	6	0	0	0	5	15	11	7	0	0	0	5
19	12,9	5	0	0	0	5	19	12,6	6	0	0	0	5
23	14,6	4	0	0	0	5	23	14,8	5	0	0	0	5
27	16,7	3	0	0	0	5	27	16,5	4	0	0	0	5
31	18,6	4	0	0	0	5	31	18,4	3	0	0	0	5
35	20,5	5	0	0	0	5	35	20,3	4	0	0	0	5
39	22,4	6	0	0	0	5	39	22,2	5	0	0	0	5
43	24,3	7	0	0	0	5	43	24,1	6	0	0	0	5
47	26,2	8	0	0	0	5	47	26	7	0	0	0	5
51	28,1	7	0	0	0	5	51	27,9	8	0	0	0	5
55	30	6	0	0	0	5	55	29,8	7	0	0	0	5
59	31,9	5	2	3	0	5	59	31,7	6	1	2	0	5
63	33,8	4	3	4	0	5	63	33,6	5	2	3	0	5
67	35,7	3	4	5	0	5	67	35,5	4	3	4	0	4
71	37,6	4	5	5	1	5	71	37,4	3	4	5	0	4
75	39,5	5	6	5	1	5	75	39,3	4	5	6	0	4
79	41,4	6	7	5	1	4	79	41,2	5	6	7	0	4
83	43,3	7	8	5	1	4	83	43,1	6	7	7	1	4
87	45,2	8	9	6	1	4	87	45	7	8	7	1	4
<b>Media (X)</b>	25,23	5,64	2,00	1,73	0,23	4,86	<b>Media (X)</b>	25,10	5,45	1,64	1,86	0,09	4,73
<b>Desviación (D)</b>	12,07	1,52	2,98	2,34	0,42	0,34	<b>Desviación (D)</b>	11,98	1,37	2,57	2,70	0,29	0,45