



**Efecto de la inoculación de suelos perturbados sobre la diversidad de hongos
ectorizosféricos de tres especies arbóreas en la amazonía ecuatoriana**

Vega Chimarro, Magali Anabel

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Dr. Chiriboga Novillo, Carlos Eduardo

07 de abril del 2021

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Trabajo de titulación.docx(D101787434)
Submitted: 4/16/2021 4:11:00 AM
Submitted By: palandazuri@espe.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

<https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2016/04/12/146952>
<https://tropicalstudies.org/rbt/attachments/volumes/vol46-1/05-Yockteng-Gorgona.pdf> <https://docplayer.es/201855001-Departamento-de-ciencias-de-la-vida-y-de-la-agricultura.html>

Instances where selected sources appear:

5



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS EDUARDO
CHIRIBOGA
NOVILLO**

.....
Dr. Chiriboga Novillo, Carlos Eduardo

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Efecto de la inoculación de suelos perturbados sobre la diversidad de hongos ectorizosféricos de tres especies arbóreas en la amazonía ecuatoriana”** fue realizado por el señorita **Vega Chimarro, Magali Anabel**, el cual ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 7 de abril del 2021



Firmado electrónicamente por:
CARLOS EDUARDO
CHIRIBOGA
NOVILLO

Dr. Chiriboga Novillo, Carlos Eduardo

CC: 170648461-3



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Vega Chimarro, Magali Anabel**, con cédula de ciudadanía n° 150068262-8, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Efecto de la inoculación de suelos perturbados sobre la diversidad de hongos ectoizosféricos de tres especies arbóreas en la amazonía ecuatoriana"**, son de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 7 de abril del 2021

.....
Vega Chimarro, Magali Vega

CC: 150068262-8



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Vega Chimarro, Magali Anabel**, con cédula de ciudadanía n° 150068262-8, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Efecto de la inoculación de suelos perturbados sobre la diversidad de hongos ectorizosféricos de tres especies arbóreas en la amazonía ecuatoriana”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 7 de abril del 2021

.....
Vega Chimarro, Magali Vega

CC: 150068262-8

Dedicatoria

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día.

A mis padres Alfredo y Carmen quienes con su amor, paciencia, sacrificio y esfuerzo en todos estos años, me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades.

A mis hermanos Carlos, Diego y Esteban por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento sin esperar nada a cambio gracias.

Magali A. Vega

Agradecimiento

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo, me pones a prueba, aprendo de mis errores para que mejores como ser humano, y crezca de diversas maneras.

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- IASA I, la cual me abrió sus puertas para estudiar, así como también a mis profesores por brindarme sus conocimientos y apoyo para seguir adelante.

Mi director de tesis el Dr. Carlos Chiriboga, quien con sus conocimientos y apoyo me guió a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que se buscaba.

También quiero agradecer al Dr. Wilmer E. Pozo-Rivera, PhD., al Ing. Jaime Villacís, PhD., y al Lic. Taco, por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda.

Al Ing. Pablo Landázuri, Mgs., y al Ing. Marcelo Arce, Mgs., por su ayuda y consejos en la revisión de la tesis.

Por último, quiero agradecer a todos mis compañeros y a mi familia por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían. En especial, quiero hacer mención a mis padres y mis hermanos, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Reporte urkund.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	13
Resumen.....	14
Abstract.....	15
Capítulo I.....	16
Introducción.....	16
Objetivo.....	18
<i>General</i>	18
<i>Específicos</i>	18
Hipótesis.....	18

Capítulo II.....	20
Revisión de literatura	20
Región Amazónica.....	20
Suelos amazónicos.....	20
Contaminación de la Amazonía por la acción de exploración y extracción de petróleo...	21
Biorremediación.....	21
<i>Tipos de biorremediación</i>	22
Características de las especies arbóreas evaluadas	22
<i>Caoba (Platymiscium pinnatum)</i>	23
<i>Chíparo (Zygia longifolia)</i>	23
<i>Guarango espinudo (Piptadenia pteroclada)</i>	23
Interacción de microorganismos en la rizósfera	24
Sistema de clasificación de los hongos	24
<i>Hongos ectorizosféricos</i>	25
Métricas de diversidad de especies	25
Capítulo III.....	27
Metodología.....	27
Área de estudio	27
Selección de sitio de muestreo.....	27
Selección de especies arbóreas	28
Aplicación del inóculo.....	28

	10
Toma de muestras	29
Aislamiento y purificación de hongos	29
Identificación de especies fúngicas	30
Diseño experimental.....	31
Métricas de diversidad	32
Análisis estadístico	33
Capítulo IV	35
Resultado y discusión.....	35
Resultados.....	35
<i>Composición de la comunidad fúngica ectorizosférica</i>	35
<i>Riqueza específica</i>	48
<i>Estructura de la comunidad de morfoespecies fúngicas</i>	49
<i>Similitud de morfoespecies fúngicas ectorizosféricas entre subparcelas y tipos de suelo perturbado (Diversidad beta)</i>	50
<i>Diferencias entre morfoespecies fúngicas de subparcelas en suelos perturbados e inoculados con tierra negra de bosque natural</i>	52
Riqueza y Abundancia..	52
Índices de diversidad..	54
Discusión	56
<i>Composición de hongos ectorizosféricos (Diversidad alfa)</i>	56
<i>Riqueza específica</i>	57

<i>Estructura de la comunidad y similitud de morfoespecies fúngicas ectorizosféricas entre subparcelas y tipos de suelo perturbado</i>	58
<i>Riqueza, abundancia y diversidad fúngica ectorizosférica</i>	59
Capítulo V	61
Conclusiones y Recomendaciones	61
Conclusiones	61
Recomendaciones	62
Referencias bibliográficas.....	63

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Ubicación geográfica de las parcelas experimentales</i>	27
Tabla 2	<i>Composición de hongos ectorizosféricos de platymiscium pinnatum, piptadenia pteroclada, zygia longifolia y claros según la inoculación</i>	46
Tabla 3	<i>Valores del estimador bootstrap para la riqueza de claro, piptadenia pteroclada, platymiscium pinnatum y zygia longifolia</i>	49
Tabla 4	<i>Estructura de la comunidad de hongos ectorizosféricos de claros y de tres especies arbóreas inoculados con tierra negra de bosque natural.</i>	49
Tabla 5	<i>Estructura de la comunidad de hongos ectorizosféricos de subparcelas inoculados con tierra negra de bosque natural de acuerdo al tipo de suelo perturbado.</i>	50
Tabla 6	<i>Análisis de varianza para la riqueza y abundancia de morfoespecies fúngicas ectorizosféricas en suelos perturbados e inoculados con tierra negra de bosque natural.</i>	53
Tabla 7	<i>Promedio \pm error estándar de la riqueza y abundancia de las morfoespecies fúngicas ectorizosféricas encontradas de acuerdo a la inoculación</i>	53
Tabla 8	<i>Promedio \pm error estándar de la abundancia de las morfoespecies fúngicas de las subparcelas inoculadas y no inoculas.</i>	54
Tabla 9	<i>Promedio \pm error estándar de la riqueza y abundancia de las morfoespecies fúngicas encontradas en el suelo perturbado y no perturbado.</i>	54
Tabla 10	<i>Análisis de varianza de los índices de diversidad de los hongos ectorizosféricos en suelos perturbados e inoculados con tierra negra de bosque natural.</i>	55
Tabla 11	<i>Promedio \pm error estándar de los índices de simpson y shannon de las morfoespecies fúngicas de acuerdo a la inoculación.</i>	55
Tabla 12	<i>Promedio \pm error estándar del índice de diversidad de las morfoespecies fúngicas de las subparcelas inoculadas y no inoculadas</i>	56

Índice de figuras

Figura 1	<i>Croquis experimental de la investigación.....</i>	31
Figura 2	<i>Composición de los hongos ectorizosféricos por subparcelas.....</i>	37
Figura 3	<i>Composición de hongos ectorizosféricos por tipo de suelo perturbado.....</i>	42
Figura 4	<i>Dendograma de Bray-Curtis por subparcelas inoculadas y no inoculadas.....</i>	51
Figura 5	<i>Dendograma de Bray-Curtis por sitio perturbado.....</i>	52

Resumen

Algunos ecosistemas naturales se han degradado debido a la extracción petrolera y las actividades humanas causando severos impactos ambientales en la amazonia ecuatoriana, afectando a los bosques, fuentes hídricas y la diversidad de hongos. Sin embargo para contrarrestar estos efectos se llevó a cabo un programa de reforestación en los suelos afectados con especies nativas de la amazonia como *Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum* y *Zygia longifolia*. En el presente estudio se evaluó el efecto de la inoculación de tierra negra de bosque natural, sobre la diversidad de hongos ectorizosféricos. Los aislamientos de hongos se determinaron por el número, la riqueza, la estructura de la comunidad y la similitud específica de los hongos ectorizosféricos. Se registraron 79 morfoespecies fúngicas ectorizosféricas. No se encontró un efecto significativo del inoculo sobre la diversidad de hongos ectorizosféricos; las subparcelas inoculadas presentaron mayor riqueza (n=56) y abundancia (n=128) que las subparcelas no inoculadas. Donde claro fue la subparcela que obtuvo mayor riqueza y abundancia fúngica en el suelo y *Zygia longifolia* fue especie arbórea que obtuvo mayor diversidad fúngica. Se concluye que la inoculación de tierra negra de bosque natural en el suelo incrementa la biomasa en la diversidad de hongos ectorizosféricos.

Palabras clave: *Extracción petrolera, Impactos ambientales, especies arbóreas nativas*

Abstract

Some natural ecosystems have been degraded due to oil extraction and human activities, causing severe environmental impacts in the Ecuadorian Amazon, affecting forests, water sources and the diversity of fungi in the soil. However, to counteract these effects, a reforestation program was carried out in the affected soils with native Amazonian species such as *Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum* and *Zygia longifolia*. In the present study, the effect of the inoculation of black soil from natural forest on the diversity of ectomycorrhizal fungi was evaluated. Fungal isolates were determined by the number, richness, community structure and specific similarity of ectorhizospheric fungi. Seventy-nine ectorhizospheric fungal morphospecies were recorded. There was no significant effect of inoculum on the diversity of ectomycorrhizal fungi; inoculated subplots showed higher richness (n=56) and abundance (n=128) than non-inoculated subplots. Where claro was the subplot with the highest soil fungal richness and abundance and *Zygia longifolia* was the tree species with the highest fungal diversity. It is concluded that the inoculation of black soil from natural forest in the soil increases the biomass in the diversity of ectomycorrhizal fungi.

Keywords: *Oil extraction, environmental impacts, native tree species*

Capítulo I

Introducción

La intervención antrópica, la extracción y explotación de crudo han causado severos impactos ambientales en la amazonia ecuatoriana. Teniendo consecuencias como la eliminación de la vegetación, aumento de la erosión que causaría deslizamientos e inundaciones, perturbaciones de los suelos y fragmentación de los hábitats. (Bravo et al., 2017). La Amazonía alcanza una extensión de 118 422 km² (Sevilla-Pérez, 2013), se caracteriza por presentar una alta biodiversidad (López et al., 2017).

Sin embargo, el uso intensivo de los ingresos que generan el petróleo, conlleva a una degradación acelerada de los recursos naturales, tanto así que los espacios amazónicos utilizados para esta actividad ascienden a 2 000 000 de ha (Guaranda, 2014). La contaminación producida por la exploración de crudo afecta la biodiversidad de los bosques amazónico; además disminuye la fertilidad del suelo, la microbiota, la materia orgánica, los ciclos de vida de la fauna, genera derrames de crudo, tala indiscriminada de árboles y excavación del suelo (Vogliano, 2009).

Por tal motivo, se han implementado investigaciones de remediación y rehabilitación idóneas para la recuperación de los suelos afectados y del ecosistema en general. Estudios han demostrado que ciertas especies forestales tiene la capacidad de remediación (Villacís et al., 2016a), donde brinda una diversidad fúngica de endo y ectorizosféricos (Sosa-Vargas, 2018 ; Quinsasamín-Armas, 2019 ; Remache-Arequipa, 2020), diversidad coleopterológica en sitios biorremediados (Quiloango-Chimarro, 2019 ; Paredes-Chiquiza, 2019), ya que son capaces de eliminar los contaminantes

orgánicos e inorgánicos y restaurar el medio ambiente a su forma habitable. (Burghal et al., 2016)

Estudios previos han demostrado que las especies arbóreas tales como la caoba (*Platymiscium pinnatum*), el guarango espinudo (*Piptadenia pteroclada*), y el chíparo (*Zygia longifolia*), son las más idóneas para la rehabilitación de los suelos perturbados por la extracción de crudo ya que presentaron un mejor desempeño durante los cinco años, a partir del establecimiento en el campo (Espinoza Montaluisa , 2018). Estas especies brindan refugio a una riqueza fúngica de entre 31 morfoespecies (Sosa-Vargas, 2018), 35 morfoespecies (Quinsasamín-Armas, 2019) y 74 morfoespecies (Remache-Arequipa, 2020).

La empresa pública Petroamazonas (Petroamazonas EP), con su proyecto de Amazonia viva, biorremedia los pasivos ambientales y reforesta los sitios afectados por la extracción petrolera y ha contribuido a investigaciones de biorremediación en las aéreas contaminadas por la explotación y extracción de petróleo, entre las que se encuentran esta la implementación de parcelas forestales con especies capaces de recuperar el suelo (Villacís et al., 2016a ; Villacís et al., 2016b).

Se conoce que la inoculación del suelo es una herramienta eficaz para la restauración de los ecosistemas terrestres degradados (Wubs et al., 2016); por tal motivo, falta determinar si la inoculación afecta a la diversidad de hongos ectorizosféricos presentes en la rizósfera de árboles habituados en suelos degradados por acciones propias de la explotación petrolera, donde involucra la destrucción de toda la biodiversidad del sector y así garantizar la recuperación de los ecosistemas y por consiguiente la provisión de servicios ecosistémicos. Por tal motivo en la presente

investigación se evaluó el efecto de la inoculación de suelos perturbados por la extracción de petróleo sobre la diversidad de hongos ectorizosféricos de tres especies arbóreas.

Objetivo

General

Evaluar el efecto de la inoculación de suelos perturbados por la extracción de petróleo sobre la diversidad de hongos ectorizosféricos de tres especies arbóreas en la Amazonia ecuatoriana.

Específicos

Analizar el efecto de la inoculación sobre la riqueza fúngica de especies forestales leguminosas establecidas en suelos perturbados.

Contrastar las diferencias en la estructura de la comunidad microfúngica entre suelo perturbados y no perturbados por acciones de la extracción de petróleo.

Determinar el grado de cambio de la composición de especies fúngicas (diversidad beta) entre comunidades inoculadas y no inoculadas.

Hipótesis

H_{nula}: La inoculación de tierra negra proveniente de bosque natural no aumenta la diversidad de hongos ectorizosféricos de *Platymiscium pinnatum*, *Piptadenia pteroclada*, y *Zygia longifolia*, en suelos perturbados y no perturbados por la extracción de petróleo.

H_{alternativa}: La inoculación de tierra negra proveniente de bosque natural aumenta la diversidad de hongos ectorizosféricos de *Platymiscium pinnatum*, *Piptadenia*

pteroclada, y *Zygia longifolia*, en suelos perturbados y no perturbados por la extracción de petróleo.

Capítulo II

Revisión de literatura

Región Amazónica

En el Ecuador, la región amazónica representa cerca del 43 % del territorio, una de las zonas con mayor biodiversidad, con una gran riqueza de recursos naturales y forma parte del llamado pulmón de la tierra, donde se cumple gran parte del ciclo del carbono, crucial para la ecología del planeta y el clima (Bravo et al., (2017). Se ubica al este de la cordillera oriental de los Andes y consta de seis provincias [Napó, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe] (Naranjo et al., (2016).

Suelos amazónicos

Los suelos amazónicos tienen una baja capacidad de retención de nutrientes, esto se origina a la descomposición de la materia orgánica, se debe por la alta concentración de Al y H ya que ellos ocupan los espacios donde los nutrientes deben estar retenidos. (Calvache-Ulloa, 2015).

Sin embargo, el suelo se divide de acuerdo a su uso, por ejemplo suelos Hidrocarburíferas, suelos mineros y suelos forestales (Calvache-Ulloa, 2015). Las especies arbóreas amazónicas que se han adaptado a estas condiciones, el sistema radicular de los árboles y el suelo, forman un ecosistema único para la supervivencia de los microorganismos descomponedores, antagonistas o promotores de crecimiento que habitan en el suelo (Willey, Sherwood, & Woolverton, 2009).

Contaminación de la Amazonía por la acción de exploración y extracción de petróleo

En la Amazonía ecuatoriana, las actividades de extracción petrolera, son responsables de la deforestación de 2 000 000 de ha y de más de 650 000 barriles de crudo derramados, que han contaminado las fuentes de agua de la región (Guaranda, 2014).

Para llevar a cabo se construyen plataformas de perforación, unidades de tratamiento de suelos, celdas de lodos y ripios, campamentos, helipuertos y pozos, además de la apertura de carreras de acceso, el tendido del oleoducto y líneas secundarias (Bravo E. , 2007). Estas obras civiles afectan a la capa vegetal, acelerando el proceso de erosión, disminuyendo la infiltración natural, aumentando la escorrentía superficial y alterando los ciclos biogeoquímicos (Bertzky et al., 2011).

Por tal motivo se debe implementar acciones de biorremediación que permitan recuperar los suelos y bosques afectados (Bunn et al., 2010).

Biorremediación

La biodegradación es un proceso natural por el que determinadas sustancias pueden ser descompuestas con cierta rapidez en sus ingredientes básicos, debido a la acción de bacterias, levaduras y otros hongos microscópicos existentes en el suelo y las aguas (Thapa, Ghimire, & Kumar, 2012)

Una de las técnicas de biorremediación radica en el uso de microorganismos (autóctonos o exógenos) como bacterias, hongos, algas entre otros, con potenciales metabólicos capaces de desintoxicar o neutralizar ciertos materiales tóxicos de un ambiente, transformándolos en sustancias menos tóxicas, capaces de eliminarlas por

métodos más factibles, es una técnica que aumenta los niveles aeróbicos de la degradación, el cual es un proceso natural del suelo (Benavides et al., 2006).

Para la remediación de los suelos se debe tener en cuenta que, dentro de los mismos, se producen procesos de interacción entre microorganismos y plantas. Se ha estudiado hongos presentes al interior de las raíces de árboles plantados con fines de remediación (Sosa-Vargas, 2018 ; Remache-Arequipa, 2020), la mayoría de hongos del suelo extienden sus micelios para su reproducción y creación de esporas a lo largo de la rizósfera, estos hongos pertenecen al grupo de degradadores aerobios de material vegetal en descomposición (Lawholte, 2014).

Tipos de biorremediación

A continuación se presentan las definiciones de los tipos de biorremediación en las que se aplican hongos (Cruz Ramos, 2014):

- Fitorremediación: Empleo de algas para remoción de contaminantes
- Micorremediación: Emplea hongos capaces de degradar sustancias tóxicas.
- Fitorremediación: Emplea plantas para absorción y remoción de materiales tóxicos para descontaminar ambientes contaminados.
- Degradación Enzimática: Empleo de enzimas producidas por ciertos organismos para la degradación de sustancias contaminantes.

Características de las especies arbóreas evaluadas

Las especies arbóreas seleccionadas para la investigación de las que se estudiarán sus hongos rizosféricos (*Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia*, *Piptadenia pteroclada*), pertenecen a la familia Fabaceae es una de las más numerosas entre plantas superiores, de extensa distribución mundial (Gentry, 1993).

Las especies de esta familia presentan la propiedad de enriquecer o incrementar la fertilidad de los suelos, por medio del mecanismo de fijación de nitrógeno ambiental y a través de un proceso simbiótico con bacterias fijadoras de N del género *Rhizobium*, donde la planta provee el nicho ecológico y la fuente de carbono, principalmente (Gentry, 1993).

Caoba (Platymiscium pinnatum)

Su crecimiento ocurre en bosques secos y húmedos (Dezzeo, 2014); adaptándose a sitios degradados y laderas de las montañas con diferentes tipos de suelos (IUNC, 2015a). La especie está representada por árboles que alcanzan los 30 m de altura y 100 cm de DAP.

Chíparo (Zygia longifolia)

Son árboles perennifolios que pueden llegar a medir hasta los 25 m de altura y 20 cm de DAP. Su tronco es ramificado. Sus hojas son alternas, compuestas, con folíolos de 2 a 3 pinnas (Britton, 2014)

Guarango espinudo (Piptadenia pteroclada)

Alcanza los 15 m de altura y un DAP de 8 m aproximadamente. Considerada como una especie heliófila durable ya que mantienen sus características las cuales permiten mayor explotación además de que contiene capacidad intermedia de fotosíntesis y crecimiento más rápido por lo que es usada para producción forestal tanto en bosques naturales como en plantaciones y sistemas agroforestales (Hernández et al., 2015)

Interacción de microorganismos en la rizósfera

El término rizósfera se deriva de la palabra griega rhiza que significa “raíz” y sphaira que significa “campo de influencia” (Hartmann et al., 2008), es decir es una zona de interacción única y dinámica entre raíces de plantas y microorganismos del suelo.

Donde existe una relación entre bacterias, hongos, algas, protozoos, nematodos, insectos y ácaros que contribuyen al catabolismo de sustancias nocivas del mismo creando un ambiente complejo y dinámico con la presencia de exudados en los cuales incluyen aminoácidos, carbohidratos, azúcares, vitaminas, mucílagos y proteínas, dando, así como resultado una capa rica en nutrientes para el desarrollo de plantas y mejoramiento del suelo (Lifeder & Briceño, 2012).

Las dimensiones físicas y la actividad microbiana en la rizósfera dependen de factores específicos al sitio y a la planta, como por ejemplo los referidos a las especies, edad y vigor de las plantas, provee un complejo y dinámico microambiente, donde las bacterias y hongos, en asociación con las raíces, forman comunidades únicas que tienen considerable potencial para la detoxificación de compuestos orgánicos nocivos (Steciow, 2013)

Los microorganismos, a la vez, participan en numerosos beneficios, como: influencia en el crecimiento radical, regulación de la actividad metabólica de la raíz e influencia en las propiedades físicas y químicas del suelo, así como de los contaminantes (Curl & Truelove, 1986).

Sistema de clasificación de los hongos

Se presentan dos sistemas de clasificación en referencia a los hongos en sentido amplio y en sentido estricto. El primero es propuesto por (Constantine et al., 1996), se

basa en la agrupación arbitraria de organismos en base a caracteres morfológicos, de nutrición y ecológicos. La segunda es a base de estudios, propuesto por (Hibbett et al., 2007) en referencia a análisis filogenéticos moleculares recientes y con aportes de diversos miembros de la comunidad taxonómica de hongos.

Hongos ectorizosféricos

Son organismos heterótrofos que se encuentran y están distribuidos en la rizósfera por medio de esporas; favoreciendo a una buena estructura y estabilizando los agregados del suelo para evitar que sean arrastrados por la lluvia u otros factores responsables de la erosión (Lifeder & Briceño, 2012). Aseguran el funcionamiento del ecosistema terrestre que contribuye al equilibrio ecológico. De manera directa o indirecta permitiendo que los ecosistemas brinden funciones ecosistémicas (Piepenbring, López, & Cáceres, 2016).

Un estudio realizado por Quinsasamín (2019) propone que la familia de hongos más representativa en el suelo de las tres especies arbóreas, en el área de estudio, es Trychocomaceae con tres géneros y quince morfoespecies; el género con mayor número de morfoespecies es *Aspergillus*.

Métricas de diversidad de especies

La biodiversidad se ha medido como la riqueza o número de especies en un área dada, sin embargo, ya que las especies interactúan dentro y entre comunidades, también es necesario cuantificar estas propiedades, a través de las mediciones de las biodiversidades alfa y beta; debido a los cambios que se tiene en relación a la estructura del paisaje (Moreno, 2001).

La relación que las especies tienen dentro de una comunidad, considerada homogénea, se refiere a la biodiversidad alfa (α); la medida del grado de cambio de las especies entre diferentes comunidades de un paisaje se refiere a la biodiversidad beta (β) (Moreno, 2001)

La diversidad alfa (α), se mide a través de: riqueza de especies que representa al número absoluto de especies registradas (Pozo-Rivera, 2017), la riqueza específica se evalúa con el uso de estimadores no paramétricos de riqueza (Chao 1, Chao 2, Jackknife de primer orden, Jackknife de segundo orden, Bootstrap, entre otros) (Pozo-Rivera, 2017); estructura de la comunidad, que se evalúa mediante la aplicación de índices de diversidad [Shannon (H'), y 1-Simpson (1-D)], y de equitatividad [Pielou (J')].

La diversidad beta (β) puede ser medida con la ayuda de dendrogramas elaborados a partir de índices de similitud de especies tales como el de Bray-Curtis, Sorensen, Morisita, entre otros (Pozo-Rivera, 2017), los clusters formados con estos índices, facilitan la apreciación del porcentaje de similitud-disimilitud entre las comunidades estudiadas (Pozo, 2017)

Capítulo III

Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó en dos fases: de campo y de laboratorio. La fase de campo se llevó a cabo en las áreas de explotación de petróleo PETROAMAZONAS EP, en las provincias de Sucumbíos y de Orellana, en la amazonia ecuatoriana. (Tabla 1).

Tabla 1

Ubicación geográfica de las parcelas experimentales

Provincia	Tipo de suelo	Sitio	Inoculado (I) y no inoculado (N.I)	Coordenadas
Orellana	Perturbado	Auca 02_D	I - N.I	UTM9913436
		Lago 19	I - N.I	UTM1014133
		Cuyabeno 20	I - N.I	UTM1001631
		Sansahuari 02	I - N.I	UTM1009231
		Shushufindi Est_40	I - N.I	UTM9981360
Sucumbíos	No Perturbado	Secoya 26	I - N.I	UTM1003990
		Secoya 2-3	I - N.I	UTM1001430
		Los Ribereños	I - N.I	UTM1004661

La fase de laboratorio se realizó en el campus IASA I, específicamente en el Laboratorio de Microbiología de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

Selección de sitio de muestreo

Los sitios seleccionados son zonas afectadas por actividades petroleras, en el 2012 se establecieron ocho parcelas de 24 x 84 cm; seis sobre suelos perturbados [dos de centro de gestión de pasivos (CPG), dos en plataformas que circunscriben a los pozos petroleros (PCPP), dos en celdas de lodos y ripios (CLR), y dos sobre no perturbados

(potreros (POTR)). Cada parcela con 5 individuos de 20 especies arbóreas plantadas a una distancia de 4x4 (Villacís et al., 2016a).

Selección de especies arbóreas

Se seleccionaron tres especies de Fabaceae que según (Espinoza Montaluisa , 2018), presentaron mejor desempeño durante los primeros siete años desde su establecimiento [*Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia*, *Piptadenia pteroclada*] (Villacís et al. 2016a ; Villacís et al. 2016b).

Aplicación del inóculo

La inoculación se realizó en el 2017, cinco años después del trasplante en las especies que presentaron el mejor desempeño durante los primeros siete años desde su establecimiento, el inóculo que se utilizó, se obtuvo de tierra negra colectada de la capa superficial del suelos unos 10 cm de un bosque natural aledaño. Para realizar la inoculación se utilizaron ocho parcelas se delinearon cuatro subparcelas por especie, de las que dos subparcelas recibieron el inóculo (subparcelas experimentales) y dos no recibieron el inóculo (subparcelas control).

La inoculación se realizó en un diámetro de 2 m alrededor de la corona de cada especie arbórea con mejor desempeño. En cada especie se colocó aproximadamente 1 kg por m² de tierra negra colectada de la capa superficial del suelo unos 10 cm de un bosque natural aledaño. Para realizar la inoculación se siguió el protocolo de (Wubs et al. 2016).

Toma de muestras

En cada parcela se extraerán muestras de suelo inoculadas y no inoculadas de las tres especies arbóreas con mejor desempeño (Espinoza Montaluisa , 2018), de un total de veinte especies plantadas en unidades de tratamiento de suelos contaminados, celdas de lodos y ripios, plataformas que circunscriben a pozos petroleros y potreros pertenecientes a la empresa de Petroamazonas EP (Villacís et al., 2016a). El protocolo de extracción de muestras de suelo fue el siguiente: En cada parcela se extraerán 28 muestras de suelo (4*3 especies arbóreas inoculadas + 4*3 especies no inoculadas + 2*1 (claro no inoculado + 2*1 claro inoculado), las muestras se tomarán a 20 cm de profundidad y en forma de cruz y en sentido N-S y E-O. Es decir se evaluarán un total de 224 muestras de suelo que corresponde a 56 muestras por tipo de suelo perturbado.

Las muestras de suelo se colocaron en los tubos de ensayos con 10 ml de agua destilada, las muestras de suelo no deben presentar raíces, piedras o insectos. Los tubos al transportarse fueron mantenidos en una cadena de frío hasta llegar al Laboratorio de Microbiología del IASA para su aislamiento y purificación de hongos.

Aislamiento y purificación de hongos

Todos los materiales fueron esterilizados en una autoclave durante un periodo de tiempo aproximado de 60 min previos a su uso (Pérez et al., 2010). Las cuatro muestras de suelo obtenidas se unificaron en un vaso de precipitación de 50 ml. Estas nuevas muestras se homogeneizaron con la ayuda de un Vortex Mixer de 300 rpm; de la solución total se extrajo 10 ml en un tubo de ensayo que será cubierto con papel aluminio, para mantener la muestra estéril y luego se colocará dentro del refrigerador.

Para el aislamiento de los hongos ectorizosféricos, se utilizó papa dextrosa agar (PDA) más Amoxicilina 600 mg para inhibir el crecimiento bacteriano en las cajas Petri (Mier, Toriello, & Ulloa , 2002).

Los tubos de ensayo con las muestras de suelo fueron agitados con el Vortex mixer para su homogenización, se colocó 1 ml de la muestra de suelo en la caja Petri con el PDA más amoxicilina, el que será esparcido con el asa de siembra sobre todo el medio, se dejó reposar aproximadamente 15 min hasta que el medio absorba la muestra, luego fue flameada en el mechero de bunsen para su posterior sellado con parafilm y marcado correspondiente. Todas las cajas Petri resultado de la siembra fueron llevadas a la incubadora a 30°C para su crecimiento óptimo. Después de 72 h dentro de la incubadora se purificaron a los hongos en nuevas cajas Petri con medio de cultivo PDA más amoxicilina. A los 7 días después de su incubación se observa sus características macroscópicas (Muñoz et al., 2009).

Identificación de especies fúngicas

Para observar las estructuras microscópicas fúngicas, se empleó el método de la cinta adhesiva, presionar el lado pegante de la cinta sobre la colonia para tomar una porción del micelio aéreo y colocar una gota de azul de lactofenol o KOH al 3%, sobre el porta objeto con esta solución ayudo a que las esporas se hinchen para una mejor observación en el microscopio (Pacasa et al., 2017).

La identificación de los hongos se utilizaron las claves dicotómicas Illustrated Genera of Imperfecte Fungi (Barnett & Hunter, 1998) y Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species (Watanabe, 2010). La base de datos de las morfoespecies fúngicas del presente estudio continuo con la nomenclatura propuesta por (Remache-Arequipa,

2020). Es decir, si el estudio mencionado ya se había registrado *Botryotrichum* sp. 2, en el presente estudio se comenzaría a registrar desde *Botryotrichum* sp. 3 y de esa forma se registraron a todas las morfoespecies.

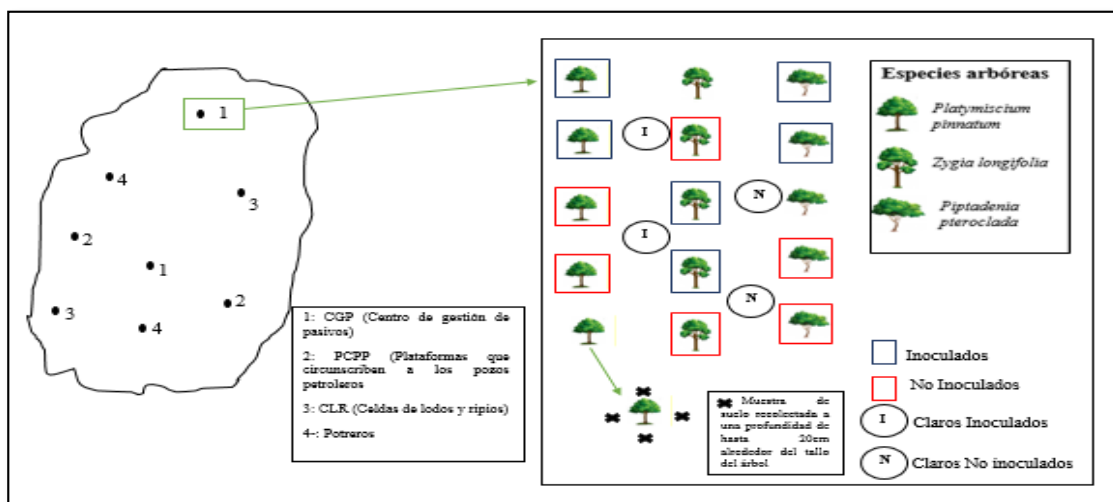
Diseño experimental

El experimento se dispuso bajo un diseño completamente al azar (DCA) en parcela subdividida, donde la parcela grande corresponde a los tipos de suelos (perturbados y no perturbados), la parcela mediana a las especies seleccionadas (*Platymiscium pinnatum*, *Piptadenia pteroclada*, *Zygia longifolia* y Claros) y la parcela pequeña el inóculo (inoculados y no inoculados).

La unidad experimental estuvo representada por cada individuo de cada especie arbórea, dando un total 128 unidades experimentales, 64 inoculados y 64 no inoculados (Figura 1).

Figura 1

Croquis experimental de la investigación



El modelo matemático establecido en el experimento se define a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + \delta_l(i) + E_j + (SE)_{ij} + e_{jl}(i) + I_k + (SI)_{ik} + (EI)_{jk} + (SEI)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable aleatoria

μ = media general

S_i = efecto del i-ésimo tipo de suelo

$\delta_l(i)$ = error para el tipo de suelo

S_j = efecto de la j-ésima especie arbórea

$(SE)_{ij}$ = efecto de la interacción del sitio perturbado * especie arbórea

$e_{jl}(i)$ = error para la especie arbórea

I_k = efecto del k-ésimo inoculo

$(SI)_{ik}$ = efecto de la interacción del sitio perturbado * inoculo

$(EI)_{jk}$ = efecto de la interacción especie arbórea * inoculo

$(SEI)_{ijk}$ = efecto de la interacción sitio perturbado * especie arbórea * inoculo

e_{ijkl} = error para el inoculo

Métricas de diversidad

La diversidad de morfoespecies fúngicas fue medida mediante la diversidad alfa (composición de especies, riqueza y estructura) y beta (similitud de especies). Para su

evaluación se obtuvieron índices por tipo de suelo (perturbado y no perturbado) y por subparcelas (inoculadas y no inoculadas).

La composición de morfoespecies fúngicas se determinó con la abundancia proporcional de las especies y la lista de especies para determinar las morfoespecies fúngicas con mayor frecuencia.

La riqueza específica fue evaluada con tres estimadores no paramétricos, que facilita estimar el total de morfoespecies observadas frente a las esperadas (Pozo, 2017), que son: Bootstrap [proporción de unidades de muestreo que contiene cada especie], Chao 2 [es útil cuando las muestras son pequeñas] y Jackknife de primer orden [estimación del número de especies reduciendo la subestimación del verdadero número de especies en un ecosistema] (Moreno, 2001), el software que se utilizó fue el EstimateS 9.1.0.

La estructura de la comunidad, fue analizada con los índices de diversidad de Shannon (H'), Simpson ($1 - D$) y de equitatividad (índice de Pielou J') (Pozo-Rivera, 2017)

La diversidad beta se evaluó con el índice de similitud de Sorensen, donde se elaboró un dendograma basado en la distancia de Bray–Curtis (McAleece et al., 1997) se examinó mediante el porcentaje de similitud- disimilitud de morfoespecies fúngica entre especie arbórea, tipos de suelo perturbados y el inoculo aplicado (McAleece et al., 1997). Se elaboró el dendograma con el programa Biodiversity Pro 2. (McAleece et al., 1997).

Análisis estadístico

Las variables evaluadas se analizaron con estadística descriptiva (media, error estándar y coeficiente de variación). Se determinó la diferencia de los factores entre tipo

de suelo perturbado, especies arbóreas y el inóculo se realizó un análisis de varianza para una parcela subdividida, mediante modelos lineales mixto.

Además se realizó pruebas de comparación de medias DGC al 5% para tipo de suelo perturbado, especie arbórea, inóculo e interacciones. Para todos los análisis se utilizó el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2019).

Capítulo IV

Resultado y discusión

Resultados

Composición de la comunidad fúngica ectorizosférica

En la investigación se obtuvieron 251 aislamientos, pertenecientes a 79 morfoespecies fúngicas ectorizosféricas pertenecientes a los Phyla Ascomycota, Basidiomycota, Mucoromycota y Zygomycota (Anexo 1). La diversidad de estas morfoespecies se considera muy alta ($1-D= 0,97$), y la distribución de la abundancia específica es homogénea ($J' = 0,88$) (Figura 2). En los claros se registraron 67 aislamientos, pertenecientes a 37 diferentes morfoespecies con una diversidad alta ($1-D= 0,96$), siendo la distribución de su abundancia homogénea ($J' = 0,96$). Sin embargo en los claros inoculados con tierra negra de bosque natural, se obtuvo 39 aislamientos, pertenecientes a 27 diferentes morfoespecies, con una diversidad alta ($1-D= 0,95$) y una abundancia homogénea ($J' = 0,97$). En los claros no inoculados se presentaron 21 morfoespecies, con una diversidad alta ($1-D= 0,94$) y una abundancia homogénea ($J' = 0,96$) (Figura 2). Entre las especies forestales *Zygia longifolia* presentaron mayor riqueza y abundancia de morfoespecies, siendo todas muy diversas y homogéneas en cuanto a la distribución de la abundancia (Figura 2).

La inoculación con tierra negra de bosque natural en *Platymiscium pinnatum*, *Piptadenia pteroclada*, *Zygia longifolia* y Claros presentaron un mayor número de morfoespecies que las subparcelas no inoculadas, y de estas subparcelas Claro presentó mayor número de morfoespecies ($n=39$) (Figura 2).

Las morfoespecies fúngicas ectrizosféricas más abundantes fueron *Scopulariopsis* sp. 1 que presentó el 10,8 %, seguido de *Trichoderma* sp. 5 con 6,8 %, *Scopulariopsis* sp. 2 con 6,0 %, *Trichoderma* sp. 1 y *Trichoderma* sp. 3 con 4,4 % (Figura 2).

Figura 2

Composición de los hongos ectorizosféricos por subparcelas

MORFOESPECIES FUNGICAS	Claro			<i>Piptadenia pteroclada</i>			<i>Platymiscium pinnatum</i>			<i>Zygia longifolia</i>			Total <i>ni(Pi)</i>
	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	
	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	
<i>Scopulariopsis</i> sp. 1	2(0,051)	1(0,036)	3(0,045)	4(0,133)	1(0,032)	5(0,082)	5(0,208)	5(0,172)	10(0,189)	4(0,114)	5(0,143)	9(0,129)	27(0,108)
<i>Trichoderma</i> sp. 5	2(0,051)		2(0,030)	3(0,100)	3(0,097)	6(0,098)	1(0,042)	3(0,103)	4(0,075)	3(0,086)	2(0,057)	5(0,071)	17(0,068)
<i>Scopulariopsis</i> sp. 2	4(0,103)		4(0,060)		2(0,065)	2(0,033)	3(0,125)	2(0,069)	5(0,094)	2(0,057)	2(0,057)	4(0,057)	15(0,060)
<i>Trichoderma</i> sp. 3	2(0,051)	1(0,036)	3(0,045)	1(0,033)	2(0,065)	3(0,049)		3(0,103)	3(0,057)		2(0,057)	2(0,029)	11(0,044)
<i>Botryotrichum</i> sp. 3				1(0,033)	1(0,032)	2(0,033)		1(0,034)	1(0,019)	2(0,057)	4(0,114)	6(0,086)	9(0,036)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 1	2(0,051)	3(0,107)	5(0,075)	1(0,033)		1(0,016)		2(0,069)	2(0,038)	1(0,029)		1(0,014)	9(0,036)
<i>Trichoderma</i> sp. 1	2(0,051)	1(0,036)	3(0,045)		1(0,032)	1(0,016)	1(0,042)		1(0,019)	2(0,057)	2(0,057)	4(0,057)	9(0,036)
<i>Thielaviopsis</i> sp. 1				5(0,167)	2(0,065)	7(0,115)				1(0,029)		1(0,014)	8(0,032)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 3	1(0,026)	2(0,071)	3(0,045)		1(0,032)	1(0,016)				1(0,029)	2(0,057)	3(0,043)	7(0,028)
<i>Thielaviopsis</i> sp. 2	1(0,026)	1(0,036)	2(0,030)		2(0,065)	2(0,033)	1(0,042)		1(0,019)	1(0,029)	1(0,029)	2(0,029)	7(0,028)
<i>Geotrichum</i> sp. 2	1(0,026)	1(0,036)	2(0,030)		1(0,032)	1(0,016)	1(0,042)	1(0,034)	2(0,038)		1(0,029)	1(0,014)	6(0,024)
<i>Rhizopus</i> sp. 3				1(0,033)	1(0,032)	2(0,033)	1(0,042)		1(0,019)	1(0,029)	2(0,057)	3(0,043)	6(0,024)
<i>Aspergillus</i> sp. 8	2(0,051)	1(0,036)	3(0,045)		1(0,032)	1(0,016)	1(0,042)		1(0,019)				5(0,020)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 22		2(0,071)	2(0,030)							1(0,029)	2(0,057)	3(0,043)	5(0,020)
<i>Rhizopus</i> sp. 1	1(0,026)		1(0,015)	1(0,033)	2(0,065)	3(0,049)	1(0,042)		1(0,019)				5(0,020)
<i>Trichoderma</i> sp. 2				1(0,033)	2(0,065)	3(0,049)					2(0,057)	2(0,029)	5(0,020)
<i>Trichoderma</i> sp. 8	1(0,026)		1(0,015)	1(0,033)		1(0,016)	1(0,042)		1(0,019)	1(0,029)	1(0,029)	2(0,029)	5(0,020)
<i>Fusarium</i> sp. 1		4(0,143)	4(0,060)										4(0,016)
<i>Rhizopus</i> sp. 2				1(0,033)		1(0,016)	1(0,042)		1(0,019)	2(0,057)		2(0,029)	4(0,016)
<i>Rhizopus</i> sp. 4				1(0,033)	1(0,032)	2(0,033)	1(0,042)	1(0,034)	2(0,038)				4(0,016)
<i>Fusarium</i> sp. 19	1(0,026)		1(0,015)	1(0,033)		1(0,016)		1(0,034)	1(0,019)				3(0,012)
<i>Fusarium</i> sp. 3	1(0,026)		1(0,015)		2(0,065)	2(0,033)							3(0,012)
<i>Fusarium</i> sp. 7				2(0,067)		2(0,033)					1(0,029)	1(0,014)	3(0,012)

MORFOESPECIES FÚNGICAS	Claro			<i>Piptadenia pteroclada</i>			<i>Platymiscium pinnatum</i>			<i>Zygia longifolia</i>			Total <i>ni(Pi)</i>
	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	
	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	
<i>Rhizopus</i> sp. 5										1(0,029)		1(0,014)	1(0,004)
<i>Trichoderma</i> sp. 4		1(0,038)	1(0,015)										1(0,004)
<i>Trichoderma</i> sp. 9	1(0,028)		1(0,015)										1(0,004)
S	27	21	37	20	22	33	18	19	31	28	19	35	79
N	39	28	67	30	31	61	24	29	53	35	35	70	251
1-D	0,9548	0,9382	0,9841	0,9222	0,9469	0,9503	0,9132	0,9227	0,9327	0,9502	0,9308	0,9498	0,9857
H'	3,201	2,917	3,486	2,792	3,015	3,258	2,705	2,767	3,113	3,144	2,811	3,279	3,842
J'	0,9714	0,9583	0,9599	0,932	0,9753	0,9319	0,936	0,9397	0,9064	0,9851	0,9545	0,9223	0,8792

S=Riqueza, **N**= Abundancia, **(ni)**= Número de individuos de la morfoespecie *i*, **Pi**= Abundancia de la *i*-ésima morfoespecie (abundancia proporcional), **1-D** = Índice de Simpson, **H'** = Índice de Shannon, **J'** = Índice de equitatividad, **I**= Inoculado, **N.I**= No inoculado.

En los tipos de suelos perturbados su diversidad se considera muy alta ($1-D= 0,97$) y la distribución de la abundancia específica es homogénea ($J'= 0,88$) (Figura 3). CPG se registraron 24 morfoespecies fúngicas ecto- y endorizosféricas, en CLR 15 morfoespecies, en PCPP 24 morfoespecies y en PTR 21 morfoespecies siendo estos valores inferiores a lo registrado en sitio inoculado donde se realizó la investigación de la diversidad de hongos endorizosféricos (Figura 3). PCPP presentó mayor riqueza $n= 42$, con una diversidad alta ($1-D= 0,95$) siendo la distribución de su abundancia homogénea ($J'= 0,91$). Sin embargo PCPP inoculado con tierra negra de bosque natural, se obtuvo 38 aislamientos pertenecientes a 24 diferentes morfoespecies, con una diversidad alta ($1-D= 0,93$) y una abundancia homogénea ($J'= 0,92$). En PCPP no inoculados se presentaron 24 morfoespecies, con una diversidad alta ($1-D= 0,95$) y una abundancia homogénea ($J'= 0,95$) (Figura 3).

La inoculación con tierra negra de bosque natural en los tipos de suelos perturbados presentaron un mayor número de morfoespecies que los tipos de suelos no perturbados, y de estas PCPP presentó mayor número de morfoespecies ($n= 42$) (Figura 3).

Las morfoespecies fúngicas ecto- y endorizosféricas más abundantes fueron *Scopulariopsis* sp. 1 que presentó el 10,8 %, seguido de *Trichoderma* sp. 5 con 6,8 %, *Scopulariopsis* sp. 2 con 6,0 %, *Trichoderma* sp. 1 y *Trichoderma* sp. 3 con 4,4 % (Figura 3)

Figura 3

Composición de hongos ectorizosféricos por tipo de suelo perturbado

MORFOESPECIES FÚNGICAS	CPG			CLR			PCPP			PTR			Total <i>ni(Pi)</i>
	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	
	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	
<i>Scopulariopsis</i> sp. 1	1(0,036)	1(0,048)	2(0,041)	3(0,111)	4(0,148)	7(0,130)	6(0,158)	3(0,073)	9(0,114)	5(0,143)	4(0,118)	9(0,130)	27(0,108)
<i>Trichoderma</i> sp. 5		1(0,048)	1(0,020)	3(0,111)		3(0,056)	5(0,132)	4(0,098)	9(0,114)	1(0,029)	3(0,088)	4(0,058)	17(0,068)
<i>Scopulariopsis</i> sp. 2	3(0,107)	2(0,095)	5(0,102)	4(0,148)	2(0,074)	6(0,111)				2(0,057)	2(0,059)	4(0,058)	15(0,060)
<i>Trichoderma</i> sp. 3	1(0,036)		1(0,020)	2(0,074)	3(0,111)	5(0,093)		3(0,073)	3(0,038)		2(0,059)	2(0,029)	11(0,044)
<i>Trichoderma</i> sp. 1	2(0,071)	2(0,095)	4(0,082)	2(0,074)	2(0,074)	4(0,074)				2(0,057)		2(0,029)	10(0,040)
<i>Botryotrichum</i> sp. 3				1(0,037)	1(0,037)	2(0,037)	2(0,053)	4(0,098)	6(0,076)		1(0,029)	1(0,014)	9(0,036)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 1	1(0,036)		1(0,020)				1(0,028)		1(0,013)	2(0,057)	5(0,147)	7(0,101)	9(0,036)
<i>Thielaviopsis</i> sp. 1				3(0,111)		3(0,056)		1(0,024)	1(0,013)	3(0,088)	1(0,029)	4(0,058)	8(0,032)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 3					1(0,037)	1(0,019)				2(0,057)	4(0,118)	6(0,087)	7(0,028)
<i>Thielaviopsis</i> sp. 2	2(0,071)	2(0,095)	4(0,082)	1(0,037)	2(0,074)	3(0,056)							7(0,028)
<i>Geotrichum</i> sp. 2		3(0,143)	3(0,061)	1(0,037)		1(0,019)				1(0,029)	1(0,029)	2(0,029)	6(0,024)
<i>Rhizopus</i> sp. 3	1(0,036)	1(0,048)	2(0,041)	1(0,037)	2(0,074)	3(0,056)				1(0,029)		1(0,014)	6(0,024)
<i>Aspergillus</i> sp. 8	1(0,036)		1(0,020)					2(0,049)	2(0,025)	2(0,057)		2(0,029)	5(0,020)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 22							1(0,028)	4(0,098)	5(0,063)				5(0,020)
<i>Rhizopus</i> sp. 1	1(0,036)	1(0,048)	2(0,041)		1(0,037)	1(0,019)				2(0,057)		2(0,029)	5(0,020)
<i>Trichoderma</i> sp. 2					1(0,037)	1(0,019)		2(0,049)	2(0,025)	1(0,029)	1(0,029)	2(0,029)	5(0,020)
<i>Trichoderma</i> sp. 8							4(0,105)	1(0,024)	5(0,063)				5(0,020)
<i>Fusarium</i> sp. 1		1(0,048)	1(0,020)		1(0,037)	1(0,019)					2(0,059)	2(0,029)	4(0,016)
<i>Rhizopus</i> sp. 2	1(0,036)		1(0,020)	2(0,074)		2(0,037)				1(0,029)		1(0,014)	4(0,016)
<i>Rhizopus</i> sp. 4	1(0,036)		1(0,020)		2(0,074)	2(0,037)	1(0,028)		1(0,013)				4(0,016)
<i>Fusarium</i> sp. 19	1(0,036)		1(0,020)		1(0,037)	1(0,019)				1(0,029)		1(0,014)	3(0,012)
<i>Fusarium</i> sp. 3		1(0,048)	1(0,020)	1(0,037)		1(0,019)					1(0,029)	1(0,014)	3(0,012)
<i>Fusarium</i> sp. 7	1(0,036)		1(0,020)					1(0,024)	1(0,013)	1(0,029)		1(0,014)	3(0,012)
<i>Geotrichum</i> sp. 3	1(0,036)		1(0,020)					2(0,049)	2(0,025)				3(0,012)

MORFOESPECIES FUNGICAS	CPG			CLR			PCPP			PTR			Total <i>ni(Pi)</i>
	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	
	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	
<i>Paecilomyces</i> sp. 1							1(0,028)		1(0,013)	2(0,057)		2(0,029)	3(0,012)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 5				1(0,037)		1(0,019)		1(0,024)	1(0,013)	1(0,029)		1(0,014)	3(0,012)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 8		1(0,048)	1(0,020)				1(0,028)	1(0,024)	2(0,025)				3(0,012)
<i>Botryoderma</i> sp. 1	1(0,038)	1(0,048)	2(0,041)										2(0,008)
<i>Botryoderma</i> sp. 2	1(0,038)	1(0,048)	2(0,041)										2(0,008)
<i>Cunninghamella</i> sp.								1(0,024)	1(0,013)		1(0,029)	1(0,014)	2(0,008)
<i>Fusarium</i> sp. 14	1(0,038)	1(0,048)	2(0,041)										2(0,008)
<i>Geotrichum</i> sp. 1	1(0,038)		1(0,020)	1(0,037)		1(0,019)							2(0,008)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 2	1(0,038)		1(0,020)		1(0,037)	1(0,019)							2(0,008)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 24								2(0,049)	2(0,025)				2(0,008)
<i>Trichoderma</i> sp. 7							2(0,053)		2(0,025)				2(0,008)
<i>Verticillium</i> sp. 2										2(0,057)		2(0,029)	2(0,008)
<i>Amblyosporium</i> sp. 1	1(0,038)		1(0,020)										1(0,004)
<i>Aspergillus</i> sp. 10											1(0,029)	1(0,014)	1(0,004)
<i>Aspergillus</i> sp. 11											1(0,029)	1(0,014)	1(0,004)
<i>Basipetospora</i> sp.										1(0,029)		1(0,014)	1(0,004)
<i>Blastomyces</i> sp.										1(0,029)		1(0,014)	1(0,004)
<i>Botryoderma</i> sp. 3				1(0,037)		1(0,019)							1(0,004)
<i>Botryoderma</i> sp. 4							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Botryoderma</i> sp. 5								1(0,024)	1(0,013)				1(0,004)
<i>Cladosporium</i> sp. 1											1(0,029)	1(0,014)	1(0,004)
<i>Cladosporium</i> sp. 2		1(0,048)	1(0,020)										1(0,004)
<i>Cordana</i> sp.	1(0,038)		1(0,020)										1(0,004)
<i>Cylindrocarpon</i> sp.		1(0,048)	1(0,020)										1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 15	1(0,038)		1(0,020)										1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 16				1(0,037)		1(0,019)							1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 17											1(0,029)	1(0,014)	1(0,004)

MORFOESPECIES FÚNGICAS	CPG			CLR			PCPP			PTR			Total <i>ni(Pi)</i>
	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	
	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	
<i>Fusarium</i> sp. 18				1(0,037)		1(0,019)							1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 2											1(0,029)	1(0,014)	1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 20	1(0,038)		1(0,020)										1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 21										1(0,029)		1(0,014)	1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 22								1(0,024)	1(0,013)				1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 23								1(0,024)	1(0,013)				1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 24							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 5								1(0,024)	1(0,013)				1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 6								1(0,024)	1(0,013)				1(0,004)
<i>Gliocladium</i> sp.							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Leptographium</i> sp.								1(0,024)	1(0,013)				1(0,004)
<i>Mycogone</i> sp.							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Oedocephalum</i> sp.							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Oidiodendron</i> sp.							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Paecilomyces</i> sp. 5							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Paecilomyces</i> sp. 7								1(0,024)	1(0,013)				1(0,004)
<i>Paecilomyces</i> sp. 8	1(0,038)		1(0,020)										1(0,004)
<i>Penicillium</i> sp. 3							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Penicillium</i> sp. 4							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Penicillium</i> sp. 5							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 19								1(0,024)	1(0,013)				1(0,004)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 20				1(0,037)		1(0,019)							1(0,004)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 21							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 23							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Rhizopus</i> sp. 5							1(0,028)		1(0,013)				1(0,004)
<i>Trichoderma</i> sp. 1											1(0,029)	1(0,014)	1(0,004)
<i>Trichoderma</i> sp. 4								1(0,024)	1(0,013)				1(0,004)

MORFOESPECIES FÚNGICAS	CPG			CLR			PCPP			PTR			Total <i>ni(Pi)</i>
	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	I	N.I	Total	
	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	
<i>Trichoderma</i> sp. 9							1(0,026)		1(0,013)				1(0,004)
S	24	16	31	15	17	25	24	24	42	21	19	32	79
N	28	21	49	27	27	54	38	41	79	35	34	69	251
1-D	0,9515	0,9252	0,9538	0,9136	0,9246	0,9355	0,928	0,9423	0,9502	0,9371	0,9221	0,9439	0,9655
H'	3,115	2,69	3,264	2,57	2,712	2,965	2,924	3,012	3,382	2,914	2,744	3,172	3,834
J'	0,9803	0,97	0,9508	0,9491	0,9571	0,9211	0,9201	0,9477	0,9048	0,9573	0,932	0,9154	0,8775

CPG= Centro de gestión de pasivos, **CLR**= Celdas de lodos y rípios, **PCPP**= Plataformas que circunscriben a los pozos petroleros, **PTR**= Potrerros (testigo), **I**= Inoculado, **N.I**= No inoculado, **S**=Riqueza, **N**= Abundancia, **(ni)**= Número de individuos de la morfoespecie *i*, **Pi**= Abundancia de la *i*-ésima morfoespecie (abundancia proporcional), **1-D**= Índice de Simpson, **H'**= Índice de Shannon, **J'**= Índice de equitatividad.

Las subparcelas inoculadas con tierra negra de bosque natural presentaron mayor riqueza ($n= 56$) y diversidad alta ($1-D= 0,96$), siendo la distribución de su abundancia homogénea ($J'= 0,91$) (Tabla 2). Las morfoespecies fúngica ectorizosféricas que presentaron mayor porcentaje tanto inoculadas como no inoculadas fueron *Scopulariopsis* sp. 1 con el 10,8 % seguido *Trichoderma* sp. 5 con el 6,8% (Tabla 2).

Tabla 2

Composición de hongos ectorizosféricos de Platymiscium pinnatum, Piptadenia pteroclada, Zygia longifolia y Claros según la inoculación

Morfoespecies fúngicas	Inoculado	No inoculado	Total
	$ni(Pi)$	$ni(Pi)$	$ni(Pi)$
<i>Scopulariopsis</i> sp. 1	15(0,117)	12(0,098)	27(0,108)
<i>Trichoderma</i> sp. 5	9(0,070)	8(0,065)	17(0,068)
<i>Scopulariopsis</i> sp. 2	9(0,070)	6(0,049)	15(0,060)
<i>Trichoderma</i> sp. 3	3(0,023)	8(0,065)	11(0,044)
<i>Trichoderma</i> sp. 1	6(0,047)	4(0,033)	10(0,040)
<i>Botryotrichum</i> sp. 3	3(0,023)	6(0,049)	9(0,036)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 1	4(0,031)	5(0,041)	9(0,036)
<i>Thielaviopsis</i> sp. 1	6(0,047)	2(0,016)	8(0,032)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 3	2(0,016)	5(0,041)	7(0,028)
<i>Thielaviopsis</i> sp. 2	3(0,023)	4(0,033)	7(0,028)
<i>Geotrichum</i> sp. 2	2(0,016)	4(0,033)	6(0,024)
<i>Rhizopus</i> sp. 3	3(0,023)	3(0,024)	6(0,024)
<i>Aspergillus</i> sp. 8	3(0,023)	2(0,016)	5(0,020)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 22	1(0,008)	4(0,033)	5(0,020)
<i>Rhizopus</i> sp. 1	3(0,023)	2(0,016)	5(0,020)
<i>Trichoderma</i> sp. 2	1(0,008)	4(0,033)	5(0,020)
<i>Trichoderma</i> sp. 8	4(0,031)	1(0,008)	5(0,020)
<i>Fusarium</i> sp. 1		4(0,033)	4(0,016)
<i>Rhizopus</i> sp. 2	4(0,031)		4(0,016)
<i>Rhizopus</i> sp. 4	2(0,016)	2(0,016)	4(0,016)
<i>Fusarium</i> sp. 19	2(0,016)	1(0,008)	3(0,012)
<i>Fusarium</i> sp. 3	1(0,008)	2(0,016)	3(0,012)
<i>Fusarium</i> sp. 7	2(0,016)	1(0,008)	3(0,012)
<i>Geotrichum</i> sp. 3	1(0,008)	2(0,016)	3(0,012)
<i>Paecilomyces</i> sp. 1	3(0,023)		3(0,012)
<i>Botryoderma</i> sp. 1	1(0,008)	1(0,008)	2(0,008)
<i>Botryoderma</i> sp. 2	1(0,008)	1(0,008)	2(0,008)

Morfoespecies fúngicas	Inoculado	No inoculado	Total
	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>	<i>ni(Pi)</i>
<i>Cunninghamella</i> sp.		2(0,016)	2(0,008)
<i>Fusarium</i> sp. 14	1(0,008)	1(0,008)	2(0,008)
<i>Geotrichum</i> sp. 1	2(0,016)		2(0,008)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 2	1(0,008)	1(0,008)	2(0,008)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 24		2(0,016)	2(0,008)
<i>Trichoderma</i> sp. 7	2(0,016)		2(0,008)
<i>Verticillium</i> sp. 2	2(0,016)		2(0,008)
<i>Amblyosporium</i> sp. 1	1(0,008)		1(0,004)
<i>Aspergillus</i> sp. 10		1(0,008)	1(0,004)
<i>Aspergillus</i> sp. 11		1(0,008)	1(0,004)
<i>Basipetospora</i> sp.	1(0,008)		1(0,004)
<i>Blastomyces</i> sp.	1(0,008)		1(0,004)
<i>Botryoderma</i> sp. 3		1(0,008)	1(0,004)
<i>Botryoderma</i> sp. 4	1(0,008)		1(0,004)
<i>Botryoderma</i> sp. 5		1(0,008)	1(0,004)
<i>Cladosporium</i> sp. 1		1(0,008)	1(0,004)
<i>Cladosporium</i> sp. 2		1(0,008)	1(0,004)
<i>Cordana</i> sp.	1(0,008)		1(0,004)
<i>Cylindrocarpon</i> sp.		1(0,008)	1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 15	1(0,008)		1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 16		1(0,008)	1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 17		1(0,008)	1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 18	1(0,008)		1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 2		1(0,008)	1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 20	1(0,008)		1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 21	1(0,008)		1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 22		1(0,008)	1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 23		1(0,008)	1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 24	1(0,008)		1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 5		1(0,008)	1(0,004)
<i>Fusarium</i> sp. 6		1(0,008)	1(0,004)
<i>Gliocladium</i> sp.	1(0,008)		1(0,004)
<i>Leptographium</i> sp.		1(0,008)	1(0,004)
<i>Mycogone</i> sp.	1(0,008)		1(0,004)
<i>Oedocephalum</i> sp.	1(0,008)		1(0,004)
<i>Oidiodendron</i> sp.	1(0,008)		1(0,004)
<i>Paecilomyces</i> sp. 5	1(0,008)		1(0,004)
<i>Paecilomyces</i> sp. 7		1(0,008)	1(0,004)
<i>Paecilomyces</i> sp. 8	1(0,008)		1(0,004)
<i>Penicillium</i> sp. 3	1(0,008)		1(0,004)
<i>Penicillium</i> sp. 5	1(0,008)		1(0,004)

Morfoespecies fúngicas	Inoculado	No inoculado	Total
	$n_i(P_i)$	$n_i(P_i)$	$n_i(P_i)$
<i>Rhizoctonia</i> sp. 20		1(0,008)	1(0,004)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 21	1(0,008)		1(0,004)
<i>Rhizoctonia</i> sp. 23	1(0,008)		1(0,004)
<i>Rhizopus</i> sp. 5	1(0,008)		1(0,004)
<i>Trichoderma</i> sp. 1		1(0,008)	1(0,004)
<i>Trichoderma</i> sp. 4		1(0,008)	1(0,004)
<i>Trichoderma</i> sp. 9	1(0,008)		1(0,004)
S	56	51	79
N	128	123	251
1-D	0,9611	0,9628	0,9655
H'	3,65	3,595	3,834
J'	0,9068	0,9143	0,8775

S=Riqueza, **N**= Abundancia, **(n_i)**= Número de individuos de la morfoespecie i, **P_i**= Abundancia de la i-ésima morfoespecie (abundancia proporcional), **1-D** = Índice de Simpson, **H'** = Índice de Shannon, **J'** = Índice de equitatividad.

Riqueza específica

La riqueza fúngica de la rizósfera, en los claros se identificaron 27 morfoespecies inoculados y 21 no inoculados; *Platymiscium pinnatum* se identificaron 20 morfoespecies inoculadas y 22 no inoculadas; *Piptadenia pteroclada* se identificaron 18 morfoespecies inoculados y 19 no inoculados y en *Zygia longifolia* se identificaron 26 morfoespecies inoculados y 19 no inoculados.

Los estimadores de riqueza en forma respectiva de la riqueza observada presentó Jackknife de primer orden 66,01 %, Chao 2 el 48,68% y Bootstrap el 81,87% de la riqueza esperada.

El estimador Bootstrap presentó el porcentaje más altos de las morfoespecies fúngicas esperadas en claros inoculados establecidos con suelos perturbados, mientras que las especies arbóreas inoculadas presentaron valores más altos en suelos no perturbados (Tabla 3).

Tabla 3

Valores del estimador Bootstrap para la riqueza de Claro, *Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum* y *Zygia longifolia*

Sub parcela	Perturbado		No perturbado	
	Inoculado	No inoculado	Inoculado	No inoculado
	Bootstrap %			
Claro	100	82,54	81,02	80,84
<i>Piptadenia pteroclada</i>	80,90	81,11	81,30	81,45
<i>Platymiscium pinnatum</i>	81,59	81,64	81,70	81,80
<i>Zygia longifolia</i>	81,92	81,96	82,00	82,06

Estructura de la comunidad de morfoespecies fúngicas

En la mayoría de los casos la estructura de la comunidad de subparcelas inoculadas con tierra negra de bosque natural presentaron valores más altos, excepto para las subparcelas no inoculadas de *Platymiscium pinnatum* y *Zygia longifolia* en el índice de Shannon (Tabla 4).

Tabla 4

Estructura de la comunidad de hongos ectorizosféricos de claros y de tres especies arbóreas inoculados con tierra negra de bosque natural

Índices de diversidad	Claro		<i>Piptadenia pteroclada</i>		<i>Platymiscium pinnatum</i>		<i>Zygia longifolia</i>	
	I	N.I	I	N.I	I	N.I	I	N.I
	1-D	0,95	0,94	0,92	0,95	0,91	0,92	0,95
H'	3,20	2,92	2,79	3,02	2,71	2,77	3,14	2,81
J'	0,97	0,96	0,93	0,98	0,94	0,94	0,97	0,95

S= Riqueza, N= Abundancia, 1-D= Índice de Simpson, H'= Índice de Shannon, J'= Índice de equitatividad

Los índices de diversidad de los sitios CPG Y PTR donde se realizó la inoculación con tierra negra de bosque natural son superiores a los índices de diversidad de los sitios

no inoculados. Mientras los sitios CLR y PCPP donde se realizó la inoculación son inferiores a los índices de los sitios no inoculados (Tabla 5).

Tabla 5

Estructura de la comunidad de hongos ectorizosféricos de subparcelas inoculados con tierra negra de bosque natural de acuerdo al tipo de suelo perturbado

Índices de diversidad	CPG		CLR		PCPP		PTR	
	I	N.I	I	N.I	I	N.I	I	N.I
1-D	0,95	0,93	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,92
H'	3,12	2,69	2,57	2,71	2,92	3,01	2,91	2,74
J'	0,98	0,97	0,95	0,96	0,92	0,95	0,96	0,93

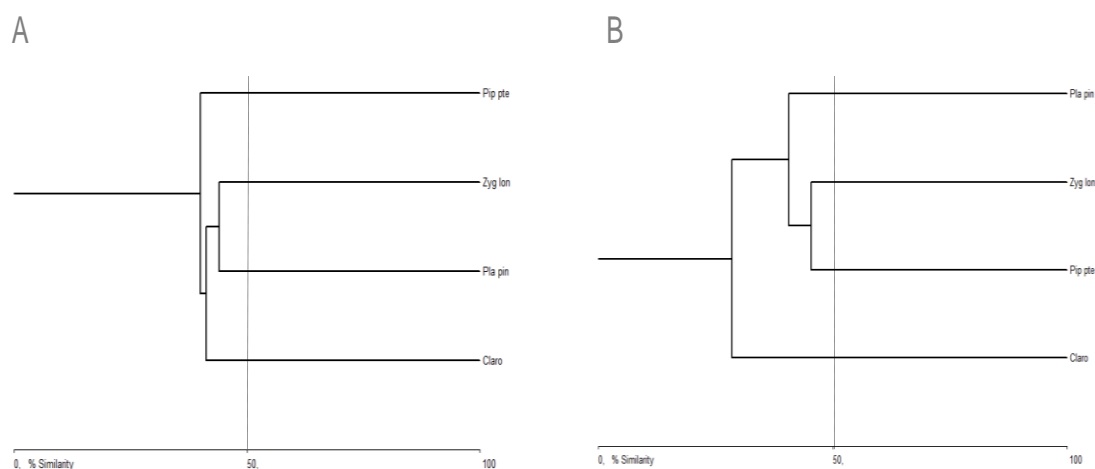
S=Riqueza, **N**= Abundancia, **1-D**= Índice de Simpson, **H'**= Índice de Shannon **CPG**= Centro de gestión de pasivos, **CLR**= Celdas de lodos y rípios, **PCPP**= Plataformas que circunscriben a los pozos petroleros, **PTR**= Potreros (testigo).

Similitud de morfoespecies fúngicas ectorizosféricas entre subpacelas y tipos de suelo perturbado (Diversidad beta)

En el dendograma de Bray-Curtis se demostró que Claro y *Platymiscium pinnatum* inoculados presentaron una similitud del 44,07%, a su vez son similares con *Piptadenia pteroclada* el 41,27%, este grupo presentó un 40 % de similitud con *Zygia Longifolia* (Figura 4A, Anexo 4), mientras que Claro y *Zygia longifolia* no inoculados presentaron una similitud de 45,45%(Figura 4B, Anexo 4).

Figura 4

Dendograma de Bray-Curtis por subparcelas inoculadas y no inoculadas

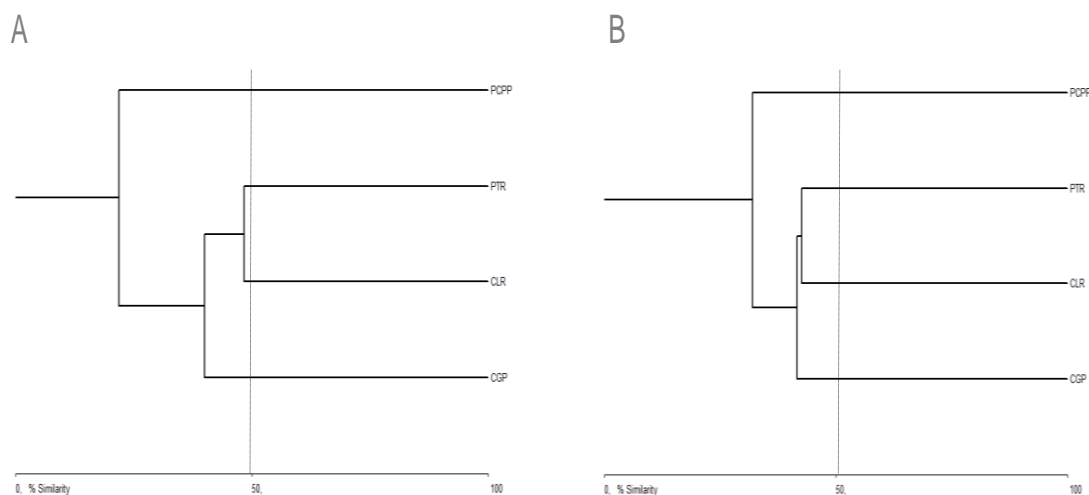


Nota. Muestran la similitud-disimilitud de las morfoespecies fúngicas: **A**= subparcelas inoculada, **B**= subparcela no inoculada; **Pip pte**= *Piptadenia pteroclada*, **Zyg lon**= *Zygia longifolia* y **Pla pin**= *Platymiscium pinnatum*.

En los tipos de suelos perturbados inoculados CGP y PTR tienen una similitud del 48,39%, a su vez son similares con el sitio perturbado inoculado CLR el 40%, este grupo presentó una similitud del 22% con el sitio PCPP (Figura 5A, Anexo 4), sin embargo los tipos de suelos perturbados no inoculados CGP y PTR presentaron una similitud del 43%, a su vez el sitio CLR presento una similitud del 42%, este grupo presentó una similitud de 32% con el sitio PCPP(Figura 5B, Anexo 4).

Figura 5

Dendograma de Bray-Curtis por sitio perturbado



Nota. Muestran la similitud/disimilitud de las morfoespecies fúngicas: **A=** Sitio perturbado inoculada, **B=** sitio perturbado no inoculada; **CPG=** Centro de gestión de pasivos, **CLR=** Celdas de lodos y rипios, **PCPP=** Plataformas que circunscriben a los pozos petroleros, **PTR=** Potreros (testigo).

Diferencias entre morfoespecies fúngicas de subparcelas en suelos perturbados e inoculados con tierra negra de bosque natural.

Riqueza y Abundancia. No se encontró un efecto significativo en la interacción Perturbación x Sub parcela x Inoculación, sobre la riqueza específica ($F= 0,15$; $p= 0,9277$) y la abundancia ($F= 0,12$; $p= 0,948$). De igual manera las dobles interacciones y los factores perturbación, subparcela e inoculación no presentaron un efecto significativo para las variables de riqueza específica y abundancia (Tabla 6).

Tabla 6

Análisis de varianza para la riqueza y abundancia de morfoespecies fúngicas ectorizosféricas en suelos perturbados e inoculados con tierra negra de bosque natural

	Grados de libertad	Riqueza		Abundancia	
		<i>F-fisher</i>	<i>p-valor</i>	<i>F-fisher</i>	<i>p-valor</i>
Perturbación	1	0,83	0,367	1,21	0,2767
Sub parcela	3	1,49	0,2284	1,75	0,1703
Inoculación	1	0,10	0,753	0,01	0,9086
Perturbación*Sub parcela	3	1,97	0,1318	1,85	0,1509
Perturbación*Inoculación	1	0,01	0,94	0,03	0,8686
Sub parcela*Inoculación	3	0,91	0,4447	1,27	0,2954
Perturbación*Sub parcela*Inoculación	3	0,15	0,9277	0,12	0,948

Las subparcelas inoculas con tierra negra de bosque natural presentaron mayor riqueza y abundancia de morfoespecies fúngicas ectorizosféricas, a comparación de las subparcelas no inoculadas (Tabla 7).

Tabla 7

Promedio \pm error estándar de la riqueza y abundancia de las morfoespecies fúngicas ectorizosféricas encontradas de acuerdo a la inoculación

Inoculación	Riqueza	Abundancia
Inoculado	1,89 \pm 0,08 a	1,98 \pm 0,09 a
No inoculado	1,86 \pm 0,08 a	1,96 \pm 0,09 a

Claro inoculado con tierra negra de bosque natural, presento el valor más alto de abundancia que las especies arbóreas, mientras que *Platymiscium pinnatum* inoculado obtuvo el menor valor (Tabla 8).

Tabla 8

Promedio \pm error estándar de la abundancia de las morfoespecies fúngicas de las subparcelas inoculadas y no inoculadas

Subparcela	Inoculación	N
Claro	Inoculado	2,31 \pm 0,12 a
<i>Piptadenia pteroclada</i>	No Inoculado	2,00 \pm 0,16 ab
Claro	No Inoculado	1,98 \pm 0,12 ab
<i>Zygia longifolia</i>	No Inoculado	1,96 \pm 0,24 ab
<i>Zygia longifolia</i>	Inoculado	1,96 \pm 0,24 b
<i>Platymiscium pinnatum</i>	No Inoculado	1,90 \pm 0,16 b
<i>Piptadenia pteroclada</i>	Inoculado	1,89 \pm 0,16 b
<i>Platymiscium pinnatum</i>	Inoculado	1,76 \pm 0,16 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los sitios no perturbados presentaron valores altos de morfoespecies fúngicas para la riqueza y abundancia a comparación de los suelos perturbados (Tabla 9).

Tabla 9

Promedio \pm error estándar de la riqueza y abundancia de las morfoespecies fúngicas encontradas en el suelo perturbado y no perturbado

Perturbación	S	N
No perturbado	1,93 \pm 0,1 a	2,04 \pm 0,11 a
Perturbado	1,82 \pm 0,06 a	1,9 \pm 0,06 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$); **S**= Riqueza, **N**= Abundancia.

Índices de diversidad. No se encontró un efecto significativo en la interacción Perturbación \times Sub parcela \times Inoculación, en los índices de diversidad Simpson 1-D ($F= 0,350$; $p= 0,787$) y Shannon H' ($F= 0,300$; $p= 0,828$). De igual manera no se encontró un efecto significativo en las interacciones dobles y los factores perturbación, subparcela e inoculación (Tabla 10).

Tabla 10

Análisis de varianza de los índices de diversidad de los hongos ectozosféricos en suelos perturbados e inoculados con tierra negra de bosque natural

	Grados de libertad	Simpson 1-D		Shannon H'	
		F-fisher	p-valor	F-fisher	p-valor
Perturbación	1	0,970	0,330	1,120	0,296
Sub parcela	3	1,010	0,395	1,370	0,263
Inoculación	1	0,050	0,817	0,070	0,792
Perturbación*Sub parcela	3	0,240	0,871	0,740	0,536
Perturbación*Inoculación	1	0,010	0,920	0,001	0,973
Sub parcela*Inoculación	3	0,590	0,627	0,690	0,563
Perturbación*Sub parcela*Inoculación	3	0,350	0,787	0,300	0,828

Los índices de Simpson y Shannon presentaron mayor diversidad de morfoespecies fúngicas ectozosféricas en las subparcelas inoculadas con tierra negra de bosque natural (Tabla 11).

Tabla 11

Promedio \pm error estándar de los índices de Simpson y Shannon de las morfoespecies fúngicas de acuerdo a la inoculación

Inoculación	Simpson 1-D	Shannon H'
Inoculado	0,81 \pm 0,03 a	1,08 \pm 0,05 a
No Inoculado	0,80 \pm 0,03 a	1,06 \pm 0,05 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La subparcela claro inoculados presentaron mayor diversidad en los índices de Simpson y Shannon, por otra parte la especie arbórea que presentó el valor más bajo de los índices fue *Zygia longifolia* (Tabla 12).

Tabla 12

Promedio \pm error estándar del Índice de diversidad de las morfoespecies fúngicas de las subparcelas inoculadas y no inoculadas

Subparcelas	Inoculación	Simpson 1-D	Shannon H'
Claro	Inoculado	0,87 \pm 0,02 a	1,20 \pm 0,04 a
<i>Piptadenia pteroclada</i>	No Inoculado	0,84 \pm 0,03 a	1,14 \pm 0,07 a
Claro	No Inoculado	0,83 \pm 0,02 a	1,11 \pm 0,04 a
<i>Piptadenia pteroclada</i>	Inoculado	0,82 \pm 0,03 a	1,08 \pm 0,07 a
<i>Zygia longifolia</i>	Inoculado	0,81 \pm 0,10 a	1,08 \pm 0,15 a
<i>Platymiscium pinnatum</i>	No Inoculado	0,78 \pm 0,09 a	1,02 \pm 0,13 a
<i>Platymiscium pinnatum</i>	Inoculado	0,75 \pm 0,09 a	0,98 \pm 0,15 a
<i>Zygia longifolia</i>	No Inoculado	0,74 \pm 0,10 a	0,97 \pm 0,13 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Discusión

Composición de hongos ectorizosféricos (Diversidad alfa)

En la presente investigación, algunas de las morfoespecies fúngicas ectorizosféricas encontradas e identificadas, han sido registradas por (Sosa 2018), (Quinsasamín 2019) y (Remache 2020). Mediante el registro y descripción de las especies el phylum Ascomycota tiene mayor cantidad de hongos, diversos y ecológicamente importantes ya que cubren un amplio rango en el modo de vida, los hay saprofitos, simbióticos, parásitos o patógenos lo que concuerda con (Pacasa et al., 2017).

Giri et al., (2005), reporta veintisiete géneros de morfoespecies fúngicas, en este estudio se registra veinticinco géneros que son especies que participan en los procesos biológicos y en las interacciones que ocurren en el sistema suelo-planta, se debe que estos géneros reportados son los más comunes en el suelo (Arias et al., 2008)

Las 79 morfoespecies fúngicas reportadas en la presente investigación, difieren de las 35 morfoespecies registradas por Quinsasamín (2019), esto se debe a la inoculación con tierra negra de bosque natural, aumento la riqueza de hongos ya que

podría ser una herramienta poderosa para la restauración de los ecosistemas terrestres degradados (Wubs et al., 2016)

Existen hongos capaces de biotransformar o biodegradar hidrocarburos pueden ser utilizados como proceso de biorremediación (Pernía et al., 2012) estudios han demostrado que *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., y *Verticillium* sp., son hongos más comunes que se puede aislar en muestras de suelo y agua impactadas por la actividad petrolera. (Ali, Khalil, & Abd El-Ghany, 2012). Varios estudios han reportador que el hongo *Aspergillus* sp., es capaz de reducir el TPH del kerosén en un 84% y de igual forma el *Verticillium* sp., y *Aspergillus* sp., presentan tasas de remoción de hidrocarburos superiores al 90% (Marín et al., 2018). Algunas morfoespecies fúngicas usadas en los programas de biorremediación de suelos perturbados por la extracción de petróleo han sido identificadas en la presente investigación.

Riqueza específica

Las subparcelas inoculadas presentaron mayor riqueza de morfoespecies fúngicas ectorizosféricas (Phillips, Aronson, Maltz, & Allen, 2019) que la inoculación con tierra negra (invasivo o nativo) puede aumentar la diversidad de múltiples grupos de simbioses de hongos y la biomasa. Al aplicar un inoculo existirá una gran cantidad de microorganismos, que generalmente se encuentran presentes en suelos naturales

En el presente estudio la subparcela que presento mayor riqueza fue claro inoculado y la especie arbórea fue *Zygia longifolia*, lo que difiere con Remache (2020) que presentó mayor riqueza fue *Piptadenia pteroclada*, se puede prever que estas especie puede soportar mayor cantidad de riqueza fúngica ya que en este estudio se registraron 79 morfoespecies frente a las 74 reportadas por Remache (2020).

Las subparcelas inoculadas ubicadas en el suelo de PCPP, presentaron mayor riqueza. Estos resultados concuerdan con los reportes de Quinsasamín (2019) en el suelo de PCPP sin inoculación, se puede prever que estos suelos pueden soportar mayor cantidad de riqueza fúngica y del igual forma concuerda con el reporta de Remache (2020).

Los estimadores de riqueza no paramétricos indicaron que más del 75% de las especies observadas fueron esperadas; el estimador Bootstrap, fue el indicar que mejor se ajustó a la asíntota, alcanzo el 82%, esto permite inferir que existió un muestreo eficiente, dentro del rango aceptable a partir del 75% de la estimación.

Estructura de la comunidad y similitud de morfoespecies fúngicas ectrizosféricas entre subparcelas y tipos de suelo perturbado

Al realizar el análisis de la estructura de la comunidad revelaron que las subparcelas inoculadas de los sitios perturbados y no perturbados, presentan los valores altos de abundancia, riqueza, y diversidad de hongos ectrizosféricos a diferencia de las subparcelas no inoculadas, esta respuesta demuestra que la aplicación del inóculo de tierra negra de bosque natural mejora la diversidad de hongos ectrizosféricos (Wubs et al., 2016).

Los índices de similitud de Bray-Curtis se presenta, valores superiores al 40% denotando la heterogeneidad fúngica de la rizósfera entre inoculados y no inoculados. Al analizar los dendogramas obtenidos se identificaron en grupos que incluyeron a todas las muestras del suelo. Estos grupos se definieron en conglomerados, donde se demostraron resultados diferentes a los de Quinsasamín (2019), donde el tipo de suelo perturbado más disímil fue PCPP, podría deberse a las características físico-químicos del suelo a

diferencia de los otros tipos de suelos perturbados evaluados. La subparcela mas disímil cambio al aplicar el inoculo, nos indica que el efecto de la inoculación hay una influencia en el aumento en la diversidad de hongos ectorizosféricos, donde las subparcelas inoculadas presentaron diferencias de similitud de morfoespecies fúngicas a comparación de las subparcelas no inoculadas.

Riqueza, abundancia y diversidad fúngica ectorizosférica

Los hongos juegan un papel importante en el proceso de los ecosistemas. Así como los bosques naturales presentan una alta abundancia, riqueza y diversidad de plantas los factores climáticos, seguidos de las variables edáficas y espaciales, constituyen los mejores predictores de la riqueza fúngica y la composición de la comunidad (Broeckling et al., 2008), se conoce que una lata diversidad de plantas incrementa la diversidad de hongos filamentosos del suelo (Zak et al., 2003).

Por lo tanto, el incremento significativo de la abundancia, riqueza, y diversidad de hongos ectorizosféricos, es la por inoculación con tierra negra proveniente del bosque natural, puede deberse a que el inóculo presenta una alta diversidad de microorganismos, entre estos los hongos ectorizosféricos (Pacasa et al., 2017). La inoculación de tierra de bosque natural influyó significativamente sobre la diversidad de hongos.

Requena et al., (2001), que la aplicación de un inoculo, ayuda al establecimiento de especies forestales nativas en suelos perturbados, esto se debe que se genera una relación planta-hongo y así aumentar la fertilidad y calidad del suelo.

El conocimiento y comprensión de las interacciones planta-microorganismos, para tener un mayor éxito en la aplicación del inoculo en la rizósfera presentando ventajas como el aumento en la supervivencia y producción de biomasa, la disminución y

degradación de los hidrocarburos en el suelo. A corto y mediano plazo, las investigaciones deberán enfocarse al desarrollo de inoculantes con cepas específicas y eficientes para acelerar los procesos de remoción de hidrocarburos a través de la biorremediación (Pérez et al., 2012).

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

A pesar de las diferencias en la composición de especies, la riqueza, la diversidad y la similitud de los hongos ectorizosféricos no cambian según el tipo de suelo perturbado donde se estableció a las subparcelas.

En las subparcelas inoculadas se identificó un mayor número de morfoespecies fúngicas ectorizosféricas, de los 251 aislamientos realizados, 128 pertenecen a las subparcelas inoculadas, donde claros inoculados presentaron mayor número de morfoespecies ($n= 39$) a diferencia de las especies arbóreas.

Las subparcelas establecidas en los tipos de suelos perturbados inoculados presentaron mayor riqueza ($n= 84$), la abundancia ($n= 128$), su diversidad se considera muy alta ($1-D= 0,97$) y la distribución de la abundancia específica es homogénea ($J'= 0,88$) de los hongos ectorizosféricos, en comparación con las subparcelas establecidas en los tipos de suelos perturbados no inoculados.

Las subparcelas y los distintos tipos de suelos perturbados, comparten un bajo porcentaje de similitud de hongos ectorizosféricos, mientras que el sitio perturbado inoculado PCPP mantuvo bajos porcentajes de similitud.

La inoculación del suelo es una herramienta poderosa para restaurar ecosistemas terrestres perturbados, pero no presentó un efecto significativo sobre la diversidad de hongos ectorizosféricos.

Recomendaciones

Determinar la identidad genética de las morfoespecies, realizar un estudio molecular de hongos reportados para *Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia*, establecidos en suelos perturbados por actividad petrolera

Evaluar diferentes indicadores de calidad ambiental de grupos taxonómicos en *Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum* y *Zygia longifolia*.

Evaluar el efecto de la inoculación de morfoespecies fúngicas, utilizadas en procesos de remediación de suelos afectados por actividades de la extracción de petróleo

Referencias bibliográficas

- Burghal, A., Abu-Mejdad , N., & Al-Tamimi, W. (2016). Mycodegradation of Crude Oil by Fungal Species Isolated from Petroleum Contaminated Soil. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(2), 1517-1524.
- Ali, M., Khalil, N., & Abd El-Ghany, M. (2012). Biodegradation of some polycyclic aromatic. *African Journal of Microbiology Research*, 3783-3790.
- Arias-Cifuentes, E. L., & Piñeros-Espinoza, P. A. (2008). Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelos de los paramos de Guasca y Cruz Verde. *Tesis de grado, Carrera de Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana*, 204.
- Balzarini, M., Macchiavelli, R., & Casanoves, F. (2004). Aplicaciones de Modelos Mixtos en Agricultura y Forestería.
- Barnett, H., & Hunter, B. (1998). Illustrated Genera of Imperfecte Fungi - fourth edition. *Barnett y Hunter*, Pdf 148-149.
- Benavides López de Mesa, J., Quintero, G., Guevara Vizcaino, A., Jaimes Cáceres, D., Gutiérrez Riaño, A., & Miranda García, J. (2006). Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo . 83-87. *Bogotá, Colombia*
- Bertzky, M., Ravilious, C., Araujo Navas , A. L., Kapos, V., Carrión, D., Chíu, M., & Dickson, B. (2011). Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos. *Explorando los beneficios múltiples.Ecuador. UNEPWCMC*.

- Bravo , E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. *Acción ecológica* .
- Bravo, C., Torres, B., Alemán, R., Marín, H., Durazno, G., Navarrete, H., . . . Tapia, A. (2017). Indicadores morfológicos y estructurales de calidad y potencial de erosión del suelo bajo diferentes usos de la tierra en la Amazonía ecuatoriana . *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* , 37 (2): 247-264.
- Bravo-Medina, C., Marín, H., Marrero-Labrador, P., Ruiz, M., Torres-Navarrete, B., Navarrete-Alvarado, H., . . . Changoluisa-Vargas, D. (2017). Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de napo, amazonia ecuatoriana. *Bioagro*, 29(1): 23-36.
- Britton, & R. (2014). *Zygia longifolia*. *Ontenido de catálogo virtual de flora del valle de aburrá, Universidad EIA*.
- Broeckling, C., Broz , A., Bergelson, J., Manter, D., & Vivanco, J. (2008). Root Exudates Regulate Soil Fungal Community Composition and Diversity. *American Society for Microbiology*, 738–744.
- Bunn, W., Brown, C., Jenkins, M., & Sanders, N. (2010). Change within and among forest communities: the influence of historic disturbance, environmental gradients, and community attributes. *Ecography*.
- Calvache-Ulloa, A. M. (2015). Los suelos del Ecuador . *Researchgate*, 38-40.
- Constantine , A., Mims, C., & Blackwell, M. (1996). *Introductory Mycology*. 4th ed, worldcat.org/title/introductory-mycology/oclc/647694345.
- Cruz Ramos, E. (2014). Impacto ambiental en la industria petrolera . *anteproyecto* .

- Curl, E., & Truelove, B. (1986). *The Rhizosphere*. Springer. *Springer*.
- Dezseo, N. (2014). Especies forestales nativas de la Amazonía ecuatoriana con potencial para uso en sistema agroforestales . *Instituto Venezolano de Investigación Científica* .
- Di Rienzo, J. A., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., & Tablada, M. (2019). *Grupo Infostat*. Obtenido de Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC): <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=15>
- Espinoza Montaluisa , E. (2018). Relaciones entre las características edafológicas y las variables dasométricas de tres especies arbóreas plantadas en suelos perturbados por la actividad petrolera. *Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.
- Gentry, A. H. (1993). *A Field Guide To The Families And Genera Of Woody Plants Of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru), With Supplementary Notes On Herbaceous Taxa*. Conservation international Washington, DC.
- Giri, B., Giang, P., Kumari, R., Prasad, R., & Varma, A. (2005). Microbial Diversity in Soils. *Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*, 19-55.
- Guaranda, G. (2014). Apuntes sobre la explotación petrolera en el Ecuador.
- Hartmann, A., Rothballer, M., & Schmid, M. (2008). Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology. *Plant and soil*, 312(1), 7-14. doi:10.1007/s11104-007-9514-z.

- Hernández, M., Gagnon, D., & Davidson, R. (2015). Growth and initial production of 15 tropical tree species from the Ecuadorian Amazonia with different successional stages. *Siembra*, 2(1), 69-75.
- Hernández-Benalcázar, M., Gagnon, D., & Davidson, R. (2015). Growth and initial production of 15 tropical tree species from the Ecuadorian Amazonia with different successional stages . *Siembra*, 2(1), 69-75.
- Hibbett, D., Binder, M., Bischoff, J., Blackwell, M., Cannon, P., Eriksson, O., . . . Schoch, C. (2007). Una clasificación filogenética de alto nivel de los hongos. *sciencedirect*, <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.03.004>.
- Holdridge, L. R. (1979). Ecología basada en zonas de vida. En *Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas* (pág. 216). San José, Costa Rica : IICA.
- I.G.M. (2010). *Cartografía República del Ecuador* . Obtenido de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/index/>
- INAMHI. (2015). *Datos metereológicos de las provincias de Sucumbios y Orellana* . Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- IUNC. (2015a). *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand. *Obtenido de Especies de Restauración; Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand.
- Lawholte, D. (2014). *Biología del suelo*. Obtenido de <https://biologiadesuelos2014.wordpress.com/organismos-del-suelo-%202/microbiologia-del-suelo/hongos-del-suelo/>
- Lifeder, & Briceño, K. (2012). Rizosfera: Características, Microbiología e Importancia.

- López A., V., Esíndola, F., Calles L., J., & Ulloa, J. (2017). *Atlas "Amazonía ecuatoriana bajo presión"*. Quito: EcoCiencia, Ford Foudation, Mac Arthur Foundation, RAISG.
- Marín, F., Navarrete, H., & Narvaez-Trujillo, A. (2018). Total Petroleum Hydrocarbon Degradation by Endophytic Fungi from the Ecuadorian Amazon. *Advances in Microbiology*, , 8, 1029-1053.
- McAleece, N., Gage, J., Lambshead, P., & Paterson, G. (1997). BioDiversity Professional statistics analysis software. *Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London*.
- Mier, T., Toriello, C., & Ulloa , M. (2002). Hongos microscópicos saprobios y parásitos: métodos de laboratorio. *SIBE*, <https://books.google.com.pe/books?id=UD30RosdJSEC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza : M & T - Manuales y Tesis SEA.
- Muñoz, E., Macías, C., Franc, A., Sánchez, E., Jiménez, J., & González, J. (2009). Identificación y colonización natural de hongos micorrízicos arbusculares en nogal. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 355-361.
- Muñoz-Márquez, E., Macías-López, C., Franco-Ramírez, A., Sánchez-Chávez, E., Jiménez-Castro, J., & González-García, J. (2009). Identificación y colonización natural de hongos micorrízicos arbusculares en nogal. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 355-361.
- Naranjo Bautista, S., Calvas, J., & Rodríguez, S. (2016). Plan integral para la Amazonía.

- Pacasa, F., Loza, M. G., Bonitacio, A., Vino, L., & Serrano, T. (2017). Comunidad de hongos filamentosos en suelos del Agroecosistema. *JSARS*, 8(1), 2-25.
- Paredes-Chiquiza, X. A. (2019). Efecto estacional de la diversidad de Scarabaeinae en ecosistemas afectados por actividades petroleras en Sucumbíos y Orellana. *Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.
- Pérez, B., De Silíniz, M. I., Torralba, B., & Vázquez, C. (2010). Metodología de esterilización en el laboratorio microbiológico. *Reduca (Biología)*, 3 (5), 1-14.
- Pérez-Montero, S., Ramírez-Díaz, I., & Escalante-Espinosa, E. (2012). Aplicación y beneficios de los inoculos bacterianos en la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *División Académica de Ciencias Biológicas*, 35.
- Pernía, B., Demey, J. R., Inojosa, Y., & Naranjo-Briceño, L. (2012). Biodiversidad y potencial hidrocarbonoclástico de hongos. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal*, 3(1):1-39.
- Phillips, M., Aronson, E., Maltz, M., & Allen, E. (2019). Native and invasive inoculation sources modify fungal community assembly and biomass production of a chaparral shrub. *Applied Soil Ecology*.
- Piepenbring, M., López, F., & Cáceres, O. (2016). La importancia de los Hongos en los Ecosistemas: I. *Información para Educación Ambiental*.
- Pozo-Rivera, W. E. (2017). Relaciones de la diversidad arbórea y la estructura del paisaje agrícola tropical ecuatoriano con la biodiversidad de murciélagos filostómidos.

- Quiloango-Chimarro, C. (2019). Diversidad de coleópteros Scarabaeidae, Scarabaeinae de áreas rehabilitadas en suelos agrícolas y ecosistemas sensibles a procesos de extracción petrolera en la Amazonía ecuatoriana . *Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.*
- Quinsasamín-Armas, J. I. (2019). Diversidad de hongos rizosféricos de tres especies arbóreas plantadas en suelos perturbados por la actividad petrolera de la Amazonía Ecuatoriana. *Tesis de grado, Univerdad de las Fuerzas Amadas - ESPE.*
- Remache-Arequipa, A. R. (2020). Diversidad de hongos endorizosféricos de tres especies arbóreas plantadas sobre suelos perturbados inoculados con tierra de bosque natural . *Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE.*
- Requena, N., Perez-Solis, E., Aguilar, C., Jeffries, P., & Barea, J. M. (2001). Management of Indigenous Plant-Microbe Symbioses Aids Restoration of Desertified Ecosystems. *American Society for Microbiology*, 495–498.
- Sevilla-Pérez, A. M. (2013). El Ecuador en sus mapas: Estado y nacion desde una perspectiva espacial. IGM (Instituto Geográfico Militar),. *Cartografía República del Ecuador. Quito- Ecuador: FLACSO.*
- Sierra, R. (1999). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. *Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.*
- Sosa-Vargas, V. S. (2018). Diversidad de hongos presentes en raíces de tres especies arbóreas plantadas en suelos perturbados por la actividad petrolera en al

Amazonía Ecuatoriana. *Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE.*

Steciow, M. (2013). *Biología del suelo. Conicet Mendoza*, <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/Rizosfera.htm>.

Thapa, B., Ghimire, A., & Kumar, A. (2012). Review on Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon Contaminants in Soil. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, 8(1), 164-170.

UICN. (2015b). *Especies para restauración: Platymiscium pinnatum y Zygia longifolia*. Obtenido de <http://www.especiesrestauracion-uicn.org/especies.php>

Villacís, J., Casanoves, F., Hang, S., & Armas, C. (2016a). Selection of Adequate Species for Degraded Areas by Oil Exploitation Industry as a Key Factor for Recovery Forest in the Ecuadorian Amazon. *Land Degradation & Development*, 27(7).

Villacís, J., Casanoves, F., Hang, S., Keesstra, S., & Armas, C. (2016b). Selection of forest species for the rehabilitation of disturbed soils in oil. *Science of The Total Environment*, 566-567: 761-770.

Vogliano, S. (2009). Conflictos socioecológicos - Combustibles fósiles. *Obtenido de proyecto Cultura y Ambiente*.

Watanabe, T. (2010). Pictorial atlas of soil and seed fungi : morphologies of cultured fungi and key to species. *CRC Press*.

Willey, J. M., Sherwood, L., & Woolverton, C. J. (2009). *Microbiología de Prescott, Harley y Klein (Séptima ed.)*. Madrid, España: EDITEC.

Wubs, J., Van der Putten, W., Bosch, M., & Bezemer, M. (2016). Soil inoculation steers restoration of terrestrial. *Nature Plants*.

Zak, D., Holmes, W., White, D., Peacock, A., & Tilman, D. (2003). Diversidad vegetal, comunidades microbianas del suelo y función del ecosistema. *Ecology* , ,84,2042-2050.