



Efecto de la inoculación de suelos sobre la abundancia de anélidos en ecosistemas perturbados de la

Amazonia ecuatoriana

Roblez Yaguachi, Karonlay Brigitte

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. Pozo Rivera, Wilmer Edison, Ph. D.

23 de enero del 2023



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 sobre la abundancia de anélidos en ecosistemas perturbados de la Amazonia ecuatoriana**, fue realizado por la señorita: **Roblez Yaguachi, Karonlay Brigitte**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 23 de enero del 2023

WILMER
EDISON
POZO RIVERA

Firmado
digitalmente por
WILMER EDISON
POZO RIVERA
Fecha:
2023.01.27
09:09:54 -0500

Dr. Pozo Rivera, Wilmer E., Ph. D.

C. C 1802191351

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

REVISION TESIS

NOMBRE DEL ALUMNO

KARONLAY BRIGITTE ROBLEZ YAGUACHI

NOMBRE DEL ARCHIVO

KARONLAY BRIGITTE ROBLEZ YAGUACHI - TESIS ROBLEZ KARONLAY

SE HA CREADO EL INFORME

23 ene 2023

Resumen

Fragmentos marcados	6	1 %
Fragmentos citados o entrecomillados	6	0.6 %

Coincidencias de la Web

library.co	6	1 %
soelo.sa.cr	2	0.2 %
uta.edu.ec	2	0.2 %
espe.edu.ec	2	0.1 %

WILMER
EDISON
POZO RIVERA

Firmado
digitalmente por
WILMER EDISON
POZO RIVERA
Fecha:
2023.01.27
09:09:54 -0500

Dr. Pozo Rivera, Wilmer E., Ph. D.

C. C 1802191351



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Roblez Yaguachi, Karonlay Brigitte**, con cédula de ciudadanía No. 11041116999, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Efecto de la inoculación de suelos sobre la abundancia de anélidos en ecosistemas perturbados de la Amazonia ecuatoriana**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 23 de enero del 2023

Roblez Yaguachi, Karonlay Brigitte

C.C.: 1104116999



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Roblez Yaguachi, Karonlay Brigitte**, con cédula de ciudadanía No. 1104116999 autorizo, a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el trabajo de titulación: **“Efecto de la inoculación de suelos sobre la abundancia de anélidos en ecosistemas perturbados de la Amazonía ecuatoriana”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 23 de enero del 2023



Roblez Yaguachi, Karonlay Brigitte

C.C.: 1104116999

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Yolanda Yaguachi y Santos Elías Roblez, gracias por su amor incondicional y esfuerzo constante, gracias por demostrarme que con trabajo honesto y paciencia pueden hacer que logremos cualquier meta propuesta.

A mis hermanos Paulina, Jonathan y Santiago por acompañarme siempre, ser mis confidentes y darme su apoyo en todo momento.

A mis abuelitos América Bustamante, Celia y Daniel por su cariño, no olvidaré sus consejos y las pocas veces que compartimos en esta vida, están en mi corazón.

A mis tíos Maribel, Darwin, Patricia y Diego por sus consejos y creer en mí.

A mis amigos Jaime, Daysi y Kevin por enseñarme que en los momentos difíciles no debo dejarme rendir aun cuando pareciera que no podría más, la vida los hizo mi segunda familia.

A mis compañeros por seguir juntos en este largo camino de la vida universitaria, gracias por su apoyo en la carrera.

Karonlay B. Roblez Yaguachi.

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos eternos mis padres y a Dios, que me ayudaron y guiaron durante toda mi vida, ustedes son mi amor incondicional.

A mi director de tesis Dr. Wilmer E. Pozo-Rivera, Ph. D. quien bajo su compromiso de docente con sus estudiantes, me ha brindado su apoyo constante, tiempo y conocimientos durante el desarrollo de mi tesis y carrera universitaria.

Al Ing. Jaime Villacís, Ph. D por su apoyo en cada salida de campo y enseñanzas que me han sido mucha importancia durante el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Carlos Chiriboga-Novillo, Ms. Sc. por la invitación al proyecto, el ánimo y esfuerzo realizado al acompañarme en las salidas de campo.

A mis profesores por los conocimientos impartidos durante toda mi formación académica

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y específicamente a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria-IASA, institución prestigiosa que me abrió las puertas al conocimiento y donde realice mi vida estudiantil instruida por profesionales de renombre y personas de muchos valores.

Y a todas las personas que de una u otra manera me brindaron una mano colaborándome para la culminación de esta investigación.

Karonlay B. Roblez Yaguachi.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	1
CERTIFICADO.....	2
RESULTADOS DE LA HERRAMIENTA PARA LA VERIFICACIÓN Y/O ANÁLISIS DE SIMILITUD DE CONTENIDOS.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DEL PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	8
ÍNDICE DE TABLAS... ..	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
CAPITULO I.....	16
INTRODUCCIÓN.....	16
OBJETIVOS.....	18
General.....	18
Específicos	18
HIPÓTESIS.....	18

Hipótesis nula (H_0):.....	18
Hipótesis alterna (H_1):	19
CAPÍTULO II.....	20
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	20
Generalidades	20
Región amazónica del Ecuador	20
Suelos en la Amazonia.....	20
Suelos perturbados	21
Área de tratamiento de suelos contaminados.....	22
Celdas de lodos y ripios.....	23
Plataformas que limitan con los pozos petroleros.....	23
Metodologías para remediación de suelos afectados por hidrocarburos	23
Técnica <i>in situ</i>	24
Técnica <i>ex situ</i>	24
Biorremediación.....	24
Características de las especies arbóreas del estudio	25
Anélidos como bioindicadores	26
<i>Lumbricus terrestris</i>	27
Método de recolección de anélidos.....	28
Abundancia de anélidos	28

Tasa de captura	28
Densidad de anélidos	29
CAPÍTULO III.....	30
METODOLOGÍA.....	30
Ubicación política y geográfica	30
Selección de sitios de muestreo.....	31
Determinación de parcelas y subparcelas en sitios	32
Descripción de método de recolección de anélidos	33
Análisis de la información	35
CAPÍTULO IV.....	36
RESULTADOS.....	36
Impacto de la inoculación sobre la abundancia de anélidos presente en la rizosfera de <i>Platymiscium pannatum</i> , <i>Zygia longifolia</i> y <i>Piptadenia pteroclada</i>	36
Efecto de la perturbación de los suelos sobre la abundancia de anélidos presente en la rizósfera de tres especies arbóreas.....	39
Comportamiento de los indicadores de abundancia de <i>Lumbricus terrestris</i> a partir de las características físico químicas de suelos perturbados y no perturbados.	41
Regresión de níquel, pH y C.E. con respecto a la densidad poblacional, indicador de abundancia de <i>Lumbricus terrestris</i>	42
Capítulo V.....	43
Discusión.....	43

Efecto de la inoculación de los suelos sobre la abundancia de <i>Lumbricus terrestris</i>	43
Efecto de la perturbación de los suelos sobre la abundancia de anélidos	44
Asociación de los indicadores de abundancia de <i>Lumbricus terrestris</i> con las características físico químicas de suelos perturbados y no perturbados.....	45
CAPÍTULO VI.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
Conclusiones	47
Recomendaciones	48
BIBLIOGRAFÍA.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación geográfica de cada parcela de muestreo.	30
Tabla 2 Parcelas permanentes de muestreo según el tipo de suelo pinto urbina (2021).....	31
Tabla 3 Promedio y error estándar del total de anélidos encontrados en suelos perturbados y no perturbados, inoculados y no inoculados de tres especies arbóreas y claros.....	36
Tabla 4 Promedio \pm error estándar de la abundancia de lumbricus terrestres presentes en suelos perturbados y no perturbados, inoculados en cada subparcela	37
Tabla 5 Promedio \pm error estándar de la abundancia de lumbricus terrestres presentes en suelos perturbados y no perturbados, no inoculados en cada subparcela.	38
Tabla 6 Análisis de varianza para la abundancia absoluta de lumbricus terrestres en tres especies arbóreas y claro, con y sin inoculo sobre diferentes tipos de suelo.....	39
Tabla 7 Promedio \pm errores estándares de la densidad de lumbricus terrestres en los tipos de suelo evaluados.	41
Tabla 8 Promedio \pm errores estándares de la abundancia proporcional por factores de lumbricus terrestres en los tipos de suelo evaluados.....	41
Tabla 9 Coeficiente de correlación de spearman (grado de correspondencia entre rangos) para las variables evaluadas por el tipo de suelo y abundancia de lumbricus terrestres (ind./ m ³).	42
Tabla 10 Análisis de regresión múltiple entre la densidad poblacional de lumbricus terrestres y las variables edafológicas.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de suelos perturbados y no perturbados	221
Figura 2 Localización de las parcelas de muestreo en las provincias de estadio Sucumbíos y Orellana.....	30
Figura 3 Disposición en campo de las subparcelas de muestreo dentro del sitio del estudio.....	332
Figura 4 Distribución en campo de los puntos de muestreo.....	343
Figura 5 Promedio \pm errores estándares del tipo de suelo que influyen en la abundancia de <i>Lumbricus</i> <i>terrestris</i>	409

RESUMEN

Los bosques amazónicos del Ecuador están amenazados por actividades antrópicas, dentro de las cuales se encuentra la extracción petrolera, misma que han modificado los suelos de los sectores aledaños a los pozos petroleros, perturbando los hábitats naturales y afectando la biodiversidad que estos bosques poseen. Con el objetivo de reducir los efectos dañinos de las empresas petroleras, investigadores de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE ejecutaron el “Programa de reforestación con especies arbóreas nativas de la Amazonia ecuatoriana”. En este programa se han realizado estudios sobre diversidad de nematodos, hongos rizosféricos y escarabajos para evaluar la calidad del suelo en áreas biorremediadas. En el presente estudio se analizó el efecto de la inoculación y perturbación de suelos remediados sobre la abundancia de anélidos presentes en tres especies arbóreas (*Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia*) y de claros del bosque (zonas despejadas con poca vegetación). Se estudió indicadores de abundancia de lombrices que fueron analizados mediante el uso de modelos mixtos con el programa Infostat. Se obtuvieron registros de 598 individuos de anélidos, todos pertenecientes a la especie *Lumbricus terrestris*. La abundancia absoluta, densidad poblacional y abundancia proporcional fueron más altas en las rizosferas de las especies arbóreas que en los claros, de igual manera, en los suelos perturbados existió mayor número de individuos que en los no perturbados. La inoculación de suelo del bosque natural no tuvo impacto sobre la abundancia de *Lumbricus terrestris* en los ambientes perturbados y no perturbados en las tres especies arbóreas.

Palabras clave: Bosques amazónicos, *Lumbricus terrestris*, abundancia.

ABSTRACT

The Ecuadorian Amazon forests are threatened by anthropic activities, including oil extraction, which has modified the soils of the sectors surrounding the oil wells, disturbing natural habitats and affecting the biodiversity that these forests possess. With the aim of reducing the harmful effects of oil companies, researchers from the University of the Armed Forces-ESPE executed the "Reforestation Program with native tree species of the Ecuadorian Amazon." In this program, studies have been carried out on the diversity of nematodes, rhizospheric fungi and beetles to evaluate the quality of the soil in bioremediated areas. In the present study, the effect of inoculation and disturbance of remediated soils on the abundance of annelids present in three tree species (*Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia*) and forest clearings (cleared areas with little vegetation) was analyzed. Earthworm abundance indicators were studied, which were analyzed using mixed models with the Infostat program. Records of 598 individuals of annelids were obtained, all belonging to the species *Lumbricus terrestris*. The absolute abundance, population density and proportional abundance were higher in the rhizospheres of the tree species than in the clearings, in the same way, in the disturbed soils there were a greater number of individuals than in the undisturbed ones. The inoculation of natural forest soil had no impact on the abundance of *Lumbricus terrestris* in disturbed and undisturbed environments in the three tree species.

Keywords: Amazonian forests, *Lumbricus terrestris*, abundance.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la extracción de petróleo representa la principal fuente de ingresos, Banco Central del Ecuador BCE (2020); sin embargo, la alta dependencia a los ingresos económicos que genera el petróleo, conlleva a una degradación acelerada de los recursos naturales. El proceso de extracción genera impactos ambientales que afectan a la diversidad de flora, fauna, y de microorganismos que son fuente de transformación de la materia orgánica del suelo, Chavez Yuqui y Real Escobar (2011). Ante este panorama, se generó un convenio entre la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y la empresa pública PETROECUADOR, mediante el cual se ejecutó un programa de investigación para realizar restauración forestal sobre sitios afectados por las actividades de extracción de petróleo, mediante el uso de fitorremediación PETROAMAZONAS EP. (2018). Como parte del programa se ha inoculado los suelos perturbados con, sustrato proveniente del bosque natural para provocar la proliferación de la biomasa microbiana del suelo y tratar de acelerar el proceso de restauración, Arequipa et al. 2020; Bastidas Granada 2021; Sarango Ayo (2021). Además, se han realizado trabajos para evaluar el desempeño de las especies arbóreas sobre sitios afectados, Espinoza (2018), se ha estudiado la diversidad de hongos rizosféricos, Arequipa et al. (2020); Quinsasamín Armas (2019); Sosa Vargas (2018); Vega Chimarro (2021) ,de nemátodos, Pinto Urbina (2021), y coleópteros, Quiloango Chimarro (2019) como bioindicadores de la recuperación de suelos perturbados. No obstante, más estudios basados en la abundancia de otros bioindicadores como son las lombrices de tierra no han sido ejecutados, por lo tanto, en esta tesis se evalúan indicadores de abundancia de lombrices de tierra a fin de contar con herramientas que faciliten valorar los efectos de la restauración forestal en el área de estudio a corto, mediano y largo plazo.

Las lombrices de tierra pertenecen al Phylum Annelida, este taxón agrupa a gusanos segmentados, celomados, y proterostomados, Darrigran *et al.* (2007), que cumplen funciones ecológicas

de los ecosistemas donde habitan, Ashwood *et al.* (2019). Se localizan en suelos minerales poco profundos y debido a la actividad directa a través de la estimulación, digestión y dispersión de los organismos permiten cambiar la estructura del suelo, Domínguez *et al.* (2009), por lo tanto, las lombrices sirven como indicadores biológicos del cambio ambiental que ocurre cuando el ser humano interrumpe la tranquilidad del hábitat, Tondoh *et al.* (2011).

Un indicador biológico es una propiedad, característica o proceso que puede ser medido para detectar cambios en los sistemas ecológicos, Arequipa A. y Yáñez W. (2017). Algunos indicadores biológicos son también las características de biodiversidad y abundancia de animales que utilizan los hábitats (W. Pozo Rivera, comunicación personal, 13 de marzo del 2022) *. Los estudios sobre bioindicadores en ecosistemas alterados permiten evaluar los efectos de la perturbación sobre la composición y la abundancia de las comunidades biológicas, Lim y Engstrom (2001), de esta manera se puede valorar el estado de salud del ecosistema en recuperación.

* W. Pozo Rivera docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura.

Las especies de lombrices más frecuentemente registradas en ecosistemas agrícolas y forestales son: *Eisenia foetida*, *Eisenia andrei*, *Amyntas morrisi*, *Eudrilus sp*, *Hidrurus* y *Lumbricus terrestris*. Esta última especie ha sido analizada como regulador de balance de servicios ecosistémicos en el cultivo de maíz, Van Capelle *et al.* (2021), biorregulador de suelos contaminados por micotoxinas en acción con otros microorganismos de un agroecosistema, Wolfarth *et al.* (2016), remediador de suelos contaminados con residuos, Mendoza Gil y Iannacone (2021), indicador de la remediación en suelos degradados, Marashi y Scullion (2003), entre otros.

No existen estudios previos que consideren a las lombrices de tierra como indicadores biológicos de la recuperación de ecosistemas amazónicos perturbados, fitorremediados e inoculados con suelos provenientes del bosque natural; en consecuencia, la presente investigación será la pionera

en estudiar la abundancia de anélidos encontrados en suelos amazónicos bajo las condiciones mencionadas debido a la importancia que tienen estos organismos en el equilibrio ecológico del entorno. La abundancia de anélidos permitirá conocer si las comunidades existentes en suelos inoculados difieren de los no inoculados en sitios perturbados como no perturbados por la actividad petrolera.

OBJETIVOS

General

Evaluar el efecto de la inoculación de suelos de bosque natural sobre la abundancia de anélidos encontrados en ecosistemas perturbados por actividades petroleras en la Amazonía ecuatoriana.

Específicos

Analizar el efecto de la inoculación de los suelos sobre indicadores de abundancia de anélidos presente en la rizósfera de tres especies arbóreas.

Examinar el efecto de la perturbación de los suelos sobre la abundancia de anélidos presente en la rizósfera de tres especies arbóreas.

Predecir el comportamiento de los indicadores de abundancia de lombrices de tierra a partir de las características físico químicas del suelo perturbados y no perturbados.

HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H₀):

La abundancia de anélidos presente en la rizósfera de las especies arbóreas es independiente de la inoculación y de la perturbación del suelo.

Hipótesis alterna (H₁):

La abundancia de anélidos presente en la rizósfera de las especies arbóreas depende de la inoculación y de la perturbación del suelo

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Generalidades

El suelo es la capa superficial de la tierra donde existen una gran biodiversidad; sin embargo, se encuentra rodeado de contaminantes que ponen en riesgo desde las formas más elementales de vida como son los microorganismos hasta a las formas más evolucionadas (Cordados, por ejemplo, *Yunnanozoon lividum*).

Un suceso que coloca en desventaja la seguridad del planeta, es el problema de la industrialización ocasionada por contaminación química y petroquímica. Los desechos son depositados en los terrenos aledaños a la industrialización, Burgess L. C. (2013).

Los derrames de petróleo o fugas durante el manejo, utilización o producción del crudo no solo contaminan zonas productoras, sino también al ambiente, Srivastava *et al.* (2019).

Región amazónica del Ecuador

Ecuador es un país reconocido por su diversidad, tipos de culturas, razas y costumbres. La región oriental ecuatoriana ocupa una pequeña porción de la cuenca Amazónica, Bravo Velásquez (2014). El 48 % del territorio ecuatoriano lo compone la región amazónica, esta comprende seis provincias: Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe. La extensión de este territorio comprende 120 000 km², en el que tan solo vive el 5% de la población ecuatoriana, Chavez Yuqui y Real Escobar (2011).

Suelos en la Amazonia

Los suelos que se encuentran en la región amazónica son de origen volcánico, provenientes cristalizaciones de arcilla o de rocas sólidas, Maldonado (2006). La mayor parte de suelos del oriente ecuatoriano pertenecen al orden inceptisoles de características poco accesibles a cultivos, Nieto C. y Caicedo V. (2012).

Los suelos en la Amazonía se han destinado a diferentes usos industriales, urbanos, agrícolas y de conservación biológica; así, el 52,77 % del suelo total se utiliza para montes y bosques, seguido por el 34,25 % para pastos cultivados y un 4,88% de superficie dedicada a cultivos permanentes, Chavez *et al.* (2012) .

Los suelos rojos amazónicos, a pesar de no ser tan productivos, permiten cultivar diversos productos agrícolas, Sarmiento F.O. (1997); Stallings (1982). En la Provincia de Sucumbíos los rubros más importantes son caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), palma africana (*Elaeis guineensis*), cacao (*Theobroma cacao*), café (*Coffea robusta*), entre otros, Viteri Oswaldo *et al.* (2014). Por otro lado, la provincia de Orellana los cultivos más comunes son café, plátano, maíz (*Zea mays*) y palma africana, Gobierno provincial de Orellana GADPO (2015).

Suelos perturbados

Los suelos perturbados se encuentran sin cobertura vegetal y están expuestos a diversos procesos de salinización, disminución de vegetación y toxicidad en microorganismos causados por factores climáticos o por la extracción de petróleo o derrames del mismo, Bravo (2007).

Debido a sus condiciones geográficas y origen sedimentario, la Amazonía ecuatoriana contiene los yacimientos de hidrocarburos más importantes del Ecuador, Bravo (2007). El petróleo también proviene de estas fuentes formadas por materia orgánica (animales y plantas) que a través de los años paso por un proceso de recubrimiento sedimentario se transformaron, Herrera Herbert (2020).

Los suelos contaminados tienen el potencial riesgos de dañar la salud humana y el ambiente en general, Silva Arroyave y Correa Restrepo (2009). Los agentes contaminantes que provocan daño al suelo se clasifican en: físicos, químicos y biológicos. Los contaminantes físicos provocan radioactividad y el aumento o disminución extrema de la temperatura, en cambio los contaminantes químicos alteran la composición orgánica del suelo; este deterioro es diferente al de los contaminantes biológicos debido a

que inducen la proliferación de especies ajenas a los microorganismos naturales de la biorremediación por abuso de la industrialización de petróleo, Sabroso González y Pastor Eixarch (2004).

El presente proyecto se desarrolló en tres sitios perturbados tales como: a. área de tratamiento de suelos contaminados, b. celdas de lodos y ripios (CDR), finalmente plataformas que limitan con los c. pozos petroleros (PP) (Figura 1). El único sector que cumple las características de suelo no perturbado se lo conoce como potrero.

Figura 1

Tipos de suelos perturbados y no perturbados.



Nota. Los suelos perturbados corresponden a los literales a (Plataformas petroleras, PP), b (Celdas de lodos y ripios, CDLR), c (Áreas de tratamiento de suelos contaminados, ATSC), y los no perturbados pertenece al literal d (Potreros), Autor: Armas *et al.* (2016).

Área de tratamiento de suelos contaminados

Las áreas de tratamiento, también denominadas UTSC (Unidades de tratamiento de suelos contaminados) se caracterizan por ser lugares establecidos para la elaboración de plataformas con suelo que en su composición posee hidrocarburos o elementos contaminantes cuya cantidad, característica y

duración resulta dañina para la vida. Estos sitios son destinados para realizar procedimientos de lavado, eliminación de hidrocarburos, secado de suelo y finalmente el uso de tratamientos biológicos o químicos, Espinoza (2018). Los suelos luego de ser sometidos a los procedimientos se deben ajustar a los criterios referenciales de calidad de suelo aceptables dentro de los límites establecidos por el Ministerio del Medio Ambiente Ulcuango K. *et al.* (2014).

Celdas de lodos y rípios

Las celdas de lodos y rípios son sitios destinados a la recolección de desechos de la perforación. El rípio es un material utilizado en el fluido de perforación en conjunto con la maquinaria utilizada para la creación de pozos, con la finalidad de controlar propiedades físicas y químicas. Este sector posee altas cantidades de elementos contaminantes y metales pesados (Ni, Pb, Cu, Hg, y Zn) que sigue un tratamiento para mantenerse dentro de los límites de los Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas, Ballesteros C. (2009).

Plataformas que limitan con los pozos petroleros

Primera infraestructura creada en las petroleras reconocido por ser un lugar con pendiente cercana a cero con extensión aproximada de 20 000 m^2 , Villacís Buenaño (2016). Es un sitio que se ve intervenido por personal y maquinarias para la eliminación total de la vegetación, nivelar el suelo que será parte de la plataforma, rellenar superficies, perforar pozos, construcción de infraestructura de almacenamiento, comedores, oficinas, caminos, entre otros, Espinoza (2018).

Metodologías para remediación de suelos afectados por hidrocarburos

El proceso que consiste en descontaminar el suelo se lo conoce como remediación, Calderón S. (2005). Existen varios métodos para tratar suelos contaminados, tales como: fisicoquímicos, térmico o biológico que se aplican de dos formas, *in situ* debe realizarse en el mismo lugar de la contaminación o *ex situ* como proceso aparte para posteriormente ubicarlo en el sitio de la contaminación.

Técnica in situ

Es uno de los métodos más recomendados debido a que su ejecución se realiza en el mismo lugar de la contaminación, además de que disminuye costo de transporte y maquinaria de excavación. Intervienen métodos fisicoquímicos como la extracción con vapor, solidificación, lavado o separación de electrocinética y métodos biológicos, tales como: la biorremediación y fitorremediación, Calderón S. (2005).

Técnica ex situ

El contacto con la contaminación puede ser más elevado debido a la cantidad de personal que se necesita para colocarlo en campo, al igual incrementa los costos al involucrar maquinaria para excavación del sitio, pero genera confianza en la uniformidad del tratamiento. Posee metodología biológica como biolabranza, biopilas o biodegradación de reactores y métodos fisicoquímicos que permiten la extracción con disolventes, lavados descongelación química, oxidorreducción y estabilización, Calderón S. (2005).

Biorremediación

La Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica define a la biorremediación como la manipulación de sistemas biológicos para efectuar cambios positivos en el ambiente, Plaza *et al.* (2001). Los procesos de biorremediación se clasifican en técnicas de bioestimulación y bioaumentación, Núñez Cuartas y Paredes Cuervo (2014). La técnica de bioestimulación se basa en el uso de sustratos o aditivos con actividad superficial, Ortiz *et al.* (2005), por esta razón, los ecosistemas perturbados son inoculados con suelo de bosque natural haciendo que microorganismos actúen mejorando la calidad del medio donde habitan, Plaza *et al.* (2001). La bioaumentación consiste en adicionar microorganismos modificados genéticamente con capacidad de degradar contaminantes orgánicos, Volke S. y Velasco T. (2002). Estos métodos son utilizados en suelos

contaminados cuando la población de micro o macro organismos es escasa y su capacidad para degradar de compuestos orgánicos tóxicos también disminuye, Mancera *et al.* (2008).

La biodegradación de los compuestos encontrados en los suelos contaminados o perturbados por los hidrocarburos dependerá de la estructura química y los compuestos degradadores de los microorganismos que se encuentren en acción con el medio. En este proceso se efectúa mediante la oxidorreducción, acomplejamiento y quelación para inmovilizar metales, Goya N. (2020).

La fitorremediación es una técnica sustentable que se basa en el uso de plantas para para reducir la concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el suelo a partir de procesos por las plantas y microorganismos agregados a la raíz, Aurelio *et al.* (2004). Los microorganismos que intervienen en el proceso de biorremediación elaboran una alta cantidad de enzimas que permiten degradar compuestos orgánicos, facilitando el consumo realizado por bacterias, Di Paola M. y Vicien C. (2010).

Los ecosistemas naturales se alteran disminuyendo la biodiversidad del entorno, por esta razón es necesario el uso de diversos métodos de restauración, uno de ellos es la introducción de suelo proveniente del bosque natural debido a sus propiedades bióticas y abióticas que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, y en la composición química del suelo, y debido a su alto contenido de microorganismos, mejora la estructura y composición biótica de los suelos alterados, Huberty *et al.* (2020).

Características de las especies arbóreas del estudio

Las tres especies arbóreas usadas para realizar el muestreo de anélidos fueron caoba (*Platymiscium pinnatum*), guarango espinudo (*Piptadenia pteroclada*) y chíparo (*Zygia longifolia*). Las tres especies pertenecen a la familia Fabaceae, orden Fabales, clase Magnoliopsida, éstas se caracterizan por llegar a tener alturas máximas de hasta 35 m, sus frutos son legumbres, y sus hojas alternas-compuestas, Rodríguez Aranguren y Gámez Álvarez (2010).

Platymiscium pinnatum es un árbol que se distribuye en bosques húmedos de América Latina en México, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Bolivia. Alcanza los 40 m de altura y de 80 a 90 cm de diámetro, su copa de árbol irregular de color verde oscuro; fuste recto y cilíndrico, Chavez *et al.* (2012). Uso maderero empleado para trabajos en carpintería y ebanistería, es una madera de textura media y llega a pesar de 0,75 a 1,2 g/cm³, Pisco García (2015).

Piptadenia pteroclada es una especie domesticadas y adaptada a condiciones exigidas de los bosques de la Amazonia ecuatoriana, Hernández Benalcázar *et al.* (2015). Alcanza 40 m de altura con un diámetro de 80 a 90 cm, sus hojas miden hasta de 25 cm de largo, la flor es abundante y produce frutos de 12 cm de longitud, Muñoz Gómez (2012). Uso maderero para encofrados, es madera suave de color clara.

Zygia longifolia es un árbol nativo de Sudamérica, se distribuye en Perú, Venezuela, Brasil y Ecuador a un rango altitudinal de 0 a 1 000 m.s.n.m. habita tanto en la costa como en la Amazonía ecuatoriana, Teran Valdez *et al.* (2018). Posee alturas máximas de 20 m y diámetros de 20 cm, se caracteriza por tener flores de 1,5 cm de longitud y hojas de 10 cm de ancho con 15 de cm de largo, además de cumplir la función de restauración ecológica y generar refugio para la fauna en bosques ecuatorianos, Teran Valdez *et al.* (2018).

Anélidos como bioindicadores

Los anélidos más comunes son las lombrices de tierra, estos son organismos pertenecen a la Clase Oligochaeta del phylum Annelida, son animales clitelados macroscópicos que viven en el suelo, exponen diferentes patrones de coloración pudiendo ser rayados, rosados o moteados y sus medidas oscilan desde los 0,5 mm hasta los 3 m de largo, Darrigran *et al.* (2007).

Estos invertebrados representan una considerable cantidad de biomasa animal en la mayoría de los ecosistemas terrestres, influyen en las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos, y

juegan un papel crucial en la modificación de la estructura y en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica, así mismo, en el reciclado de nutrientes, Domínguez *et al.* (2009).

Muchas especies de anélidos dejan signos físicos de su presencia en el suelo (huevos, galerías, humus), los cuales pueden ser útiles para determinar su importancia en un sistema en particular, George (2006). Son capaces de biodegradar sustancias tóxicas presentes en los suelos, la especie *Lumbricus terrestris* es capaz de encapsular metales pesados en su organismo, Doran *et al.* (1996)

Los anélidos en particular pueden ser útiles como indicadores de cambio positivo en la biorremediación, ya que poseen una movilidad moderada, ciclo de vida relativamente extensa y baja dispersión a escala meso geográfica, Christensen Mather (2004). Y además porque su presencia permite inferir que el proceso de reciclaje de la materia orgánica que empieza a recuperarse en los suelos perturbados (W. Pozo Rivera, comunicación personal, 13 de abril del 2022) *.

* W. Pozo Rivera docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura.

Lumbricus terrestres

Lumbricus terrestres viven en madrigueras verticales de gran profundidad que llegan a alcanzar hasta 2 metros, Mamani Marisabel (2019), es una especie anécica, es decir lombrices que forman profundas madrigueras logrando incorporar mejor la materia orgánica y se alimentan de hojarasca o minerales, Babiy *et al.* (2021). Actúa como un agente descontaminante debido a su desarrollo en medios de alta toxicidad, los acumula en tejidos y pasan a las vías digestivas donde se alojan microorganismos capaces de retener los metales pesados, Lopez N. y Lozada J. (2010). Este organismo brinda información sobre las condiciones ambientales de su hábitat por su presencia, ausencia y comportamiento, Van Gestel y Van Brummelen (1996).

Método de recolección de anélidos

Lumbricus terrestres pertenece al grupo de macrofauna del suelo e incluye animales que sobrepasan los treinta centímetros de largo y 2 mm de diámetro, Tondah *et al.* (2012). Debido a su abundancia y biomasa en un ecosistema, existen algunos métodos para evaluar sus poblaciones. Los monolitos son pequeñas estructuras creadas con materiales duros como madera o metal que toman la forma de un cuadrado con tres dimensiones largo, ancho y profundidad (25x25x35 cm o de 50x50x20 cm) que facilita el encuentro con lombrices, alrededor de estos se realiza una zanja para su extracción y finalmente proceder con el conteo de individuos, Bignell *et al.* (2011).

Abundancia de anélidos

La abundancia se la define como el número de individuos de cada especie en relación al total que forman la comunidad de animales estudiados. De acuerdo a ello la abundancia se divide en: abundancia relativa y absoluta. La abundancia absoluta corresponde al número de individuos en un área determinada, en cambio, la abundancia relativa es el porcentaje del número de individuos de una especie entre el total de especies que se encontraron en una misma área. En un inventario, generalmente la abundancia expresa el valor de importancia de cada especie, Peet R.K. (1974). Por otra parte, en heterogeneidad, además de dar el valor de importancia de las especies encontradas también considera la riqueza de especies, Moreno (2001).

Tasa de captura

Tasa de captura se define como una relación de control de animales en un ambiente que se desea evaluar ya sea a corto, mediano o largo plazo, Gomez Orea D. (2003). Por lo general, los estudios donde se aplica la tasa de captura se la consideran como un índice de abundancia relativa enfocada en modelos lineales generalizados, Gatica y Hernández (2003), también conocido como captura por unidad de esfuerzo (CPUE), Shimada *et al.* (1956).

Densidad de anélidos

La densidad de anélidos conocida también como densidad de macrofauna, debido a que estos organismos miden más de 2 mm de longitud, Cabrera (2012). La densidad de esta población se determina mediante la separación y contabilización de forma manual de los individuos sobre una superficie conocida por el evaluador, Ramírez *et al.* (2014) .

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Ubicación política y geográfica

La fase de campo de la presente investigación, se realizó en 8 parcelas experimentales ubicadas en las instalaciones de Petroamazonas EP localizadas en las provincias de Sucumbíos y de Orellana (Tabla 1, Figura 2). La provincia de Sucumbíos se encuentra a una altitud media de 402 m.s.n.m. y posee una temperatura promedio de 20 °C. Mientras que Orellana se encuentra a una altitud media de 500 m s.n.m. con una temperatura promedio de 30 °C (SNI 2015). La fase de laboratorio se ejecutó en el Laboratorios de Zoología, y en el Laboratorio de Silvicultura del Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Tabla 1 Ubicación geográfica de cada parcela de muestreo.

Nombre del sitio	Tipo de suelo	Provincia	Coordenadas	
Auca 02_d	SP	Orellana	MO290191	UTM9913436
Cgp lago 19	SP		NO294572	UTM1014133
Cuyabeno 02	SP		NO357023	UTM1001631
Rumiyacu	SP			
Shushufindi est 40	SP	Sucumbíos	M313661	UTM9981360
Secoya 26	SP		NO322323	UTM1003990
Secoya 2-3	SNP		N323353	UTM1001430
Los ribereños	SNP		NO300491	UTM1004661

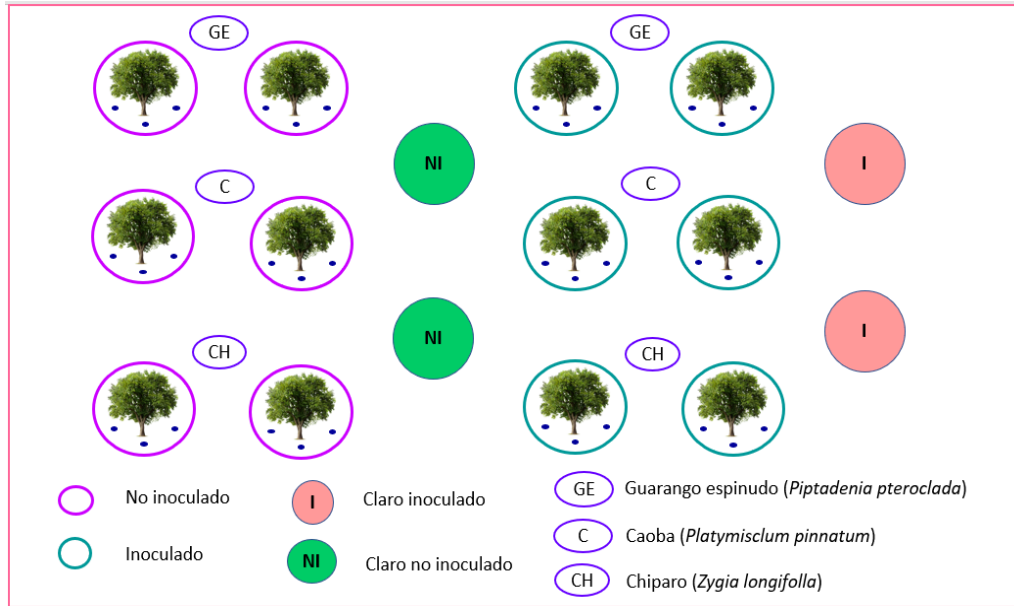
Nota. SP: Suelo perturbado; SNP: Suelo no perturbado. Recuperado de

repositorio ESPE en el 2011 por Bastidas A. (2021).

Las ocho parcelas usadas en el proyecto de investigación se las represento en un mapa con su respectiva ubicación general (Figura 2).

Figura 2

Localización de las parcelas de muestreo en las provincias de estudio Sucumbíos y Orellana.



Nota. Autoría propia

Selección de sitios de muestreo

Se seleccionaron dos tipos de suelo: perturbado y no perturbados. Los suelos perturbados corresponden a seis parcelas afectadas por los procesos de extracción de petróleo (plataformas petroleras, celdas de lodos y ripios, potreros y suelos contaminados), los suelos no perturbados corresponden a dos parcelas no afectadas por lo proceso de extracción de petróleo también conocidos como potreros (Tabla 2).

Tabla 2 Parcelas permanentes de muestreo según el tipo de suelo Pinto Urbina (2021).

Nombre del sitio	Perturbación	Tipo de suelo
Auca 02	Si	Contaminado
CGP Lago 19		Contaminado
Cuyabeno 02		Plataforma
Rumiyacu		Plataforma
Shushufindi Est_40		Celdas de lodos y ripios
Secoya 26		Celdas de lodos y ripios
Secoya 2-3	No	Potreros
Los Ribereños		Potreros

Nota. SP: Recuperado de repositorio ESPE en el 2021 Pinto Urbina (2021).

Determinación de parcelas y subparcelas en sitios

En las parcelas experimentales sobrevivieron 366 individuos arbóreos correspondientes a 20 diferentes especies forestales a una distancia de 4 x 4 m. Sobre estas parcelas se encuentran establecidas cuatro subparcelas circulares de 1 metros de radio alrededor del fuste de cuatro individuos de las tres especies arbóreas con el mayor desempeño (*Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia* y *Piptadenia pteroclada*) y de claros de bosque, Villacís Buenaño (2016); en los individuos arbóreos y claros dos subparcelas fueron inoculadas y dos no inoculadas, dando en total ocho subparcelas inoculadas y ocho no inoculadas por parcela, con un total de 128 subparcelas para el estudio (Figura 3). El inóculo utilizado fue tierra negra proveniente del bosque natural de la cuenca amazónica; la concentración del inóculo utilizada fue de 1 L/m², el cual fue esparcido sobre la superficie de la subparcela a 1 m de radio alrededor de cada individuo arbóreo seleccionado, Arequipa *et al.* (2020). El experimento se dispuso bajo un Diseño Completamente al Azar en parcela subdividida bajo el siguiente modelo matemático.

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

Donde:

Y_{ijkl} = Abundancia de anélidos

μ = Media general

S_i = Efecto del i - ésimo tipo de suelo

$\delta_{i(i)}$ = Error del tipo de suelo

E_j = Efecto de la j - ésima especie

$(SE)_{ij}$ = Efecto de la interacción tipo de suelo * especie

$\sigma_{jk(i)}$ = Error de la especie

I_k = Efecto del k - ésimo inóculo

$(SI)_{ik}$ = Efecto de la interacción tipo de suelo * inóculo

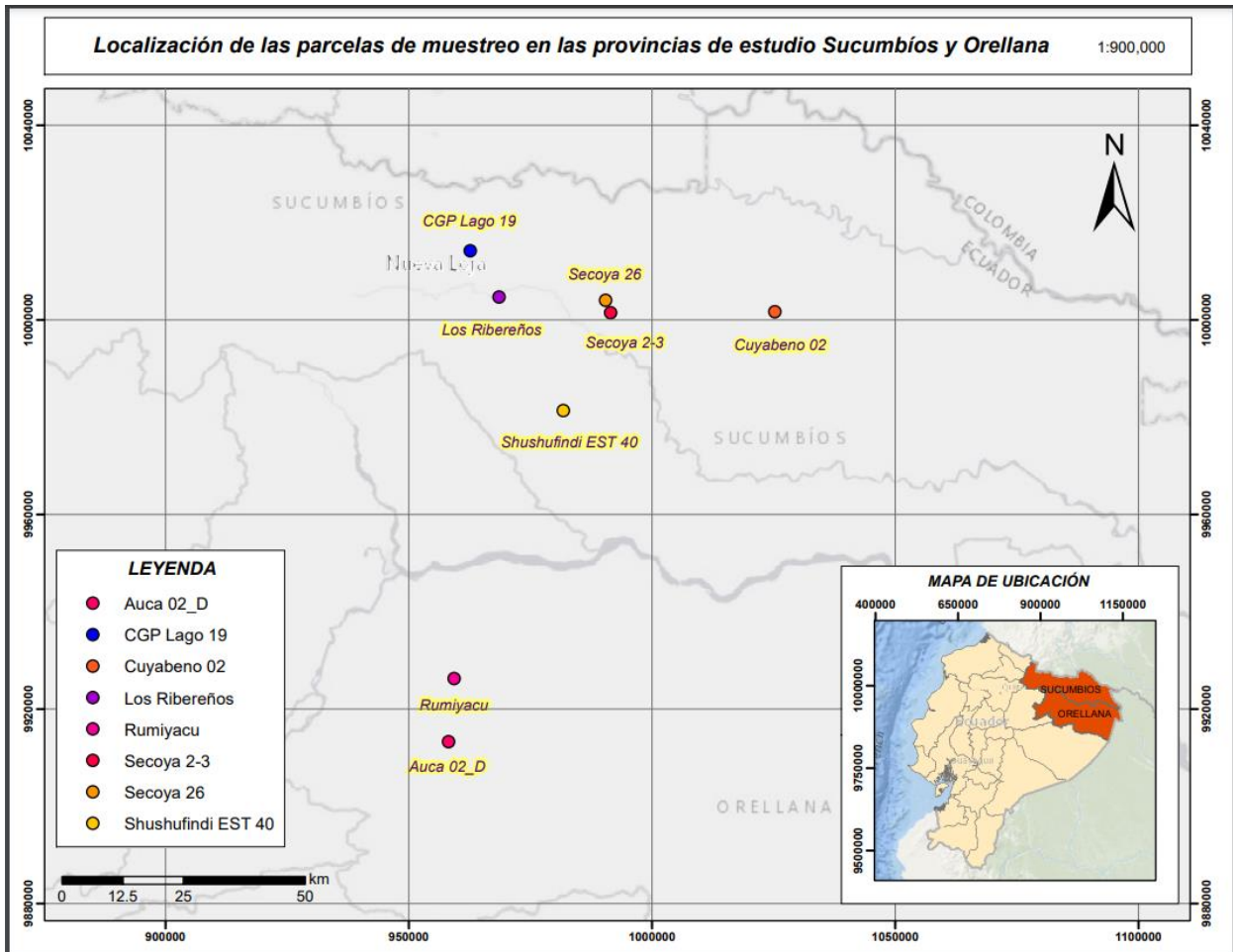
$(EI)_{jk}$ = Efecto de la interacción especie * inóculo

$(SEI)_{ijk}$ = Efecto de la interacción tipo de suelo * especie * inóculo

e_{ijkl} = Error para el inóculo

Figura 3

Disposición en campo de las subparcelas de muestreo dentro del sitio de estudio.



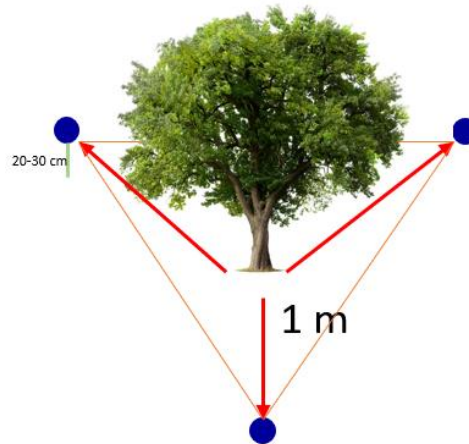
Nota. Autoría propia

Descripción de método de recolección de anélidos

De cada subparcela se tomaron tres submuestras de un 1000 cm³ de suelo, las submuestras se recolectaron a nivel del horizonte A, a una profundidad de entre 20 y 30 cm. El muestreo se lo realizó en forma triangular alrededor del fuste del árbol con una distancia de un metro entre vértices (Figura 4).

Figura 4

Distribución en campo de los puntos de muestreo



Nota. Autoría propia

Una vez tomadas las muestras se trituró manualmente el suelo extraído teniendo cuidado de no lastimar a las lombrices, luego se identificaron la especie de lombriz para posteriormente coleccionar todos los individuos presentes en la muestra. Las especies de lombriz se identificaron en campo utilizando descripciones y claves dicotómicas publicadas por Brussaard y Hendrix (1999), y Fregoso y Ceballos (2004). Cuatro individuos adultos de lombriz por parcela (uno por especie arbórea y claro) fueron recolectados, y conservados en tierra de su medio natural (W. Pozo Rivera, comunicación personal, 13 de abril del 2022) *. Después de cada salida de campo, se elaboró la base de datos y análisis previos, al final de todas las salidas se procedió al análisis estadístico de las variables, esta fase se realizó en el Bloque 3 del área de los laboratorios localizados en el IASA.

* W. Pozo Rivera docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura.

Análisis de la información

Los indicadores de abundancia de anélidos fueron la abundancia absoluta (Número de individuos registrados), la densidad poblacional (Individuos/m³) y la abundancia proporcional por factores (%) de *Lumbricus terrestris*. Los indicadores de abundancia se caracterizaron mediante el uso de estadística descriptiva. Las comparaciones entre los tipos de suelo, inoculación, especies arbóreas incluyendo claros y abundancia se analizaron mediante modelos lineales mixtos. Además, se buscaron asociaciones de los indicadores de abundancia con las características físico-químicas de los suelos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico Infostat, Balzarini M. *et al.* (2020) .

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Impacto de la inoculación sobre la abundancia de anélidos presente en la rizosfera de *Platymiscium pannatum*, *Zygia longifolia* y *Piptadenia pteroclada*.

Se registraron 598 individuos de anélidos en la rizósfera de las especies arbóreas *Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia* y en claros en suelos perturbados y no perturbados, inoculados y no inoculados con tierra de bosque natural. Todos los individuos colectados pertenecen a la especie *Lumbricus terrestres*, de la familia Lumbricidae y del phylum Annelida. En los suelos perturbados no inoculados existió la mayor cantidad de abundancia absoluta, densidad y abundancia proporcional por factores de lombrices que en los suelos inoculados no perturbados. Los claros, a diferencia de las especies arbóreas tuvieron menor número de individuos en suelos perturbados, no perturbados, con y sin inoculación (Tabla 3).

Tabla 3

Promedio y error estándar del total de anélidos encontrados en suelos perturbados y no perturbados, inoculados y no inoculados de tres especies arbóreas y claros.

Factores	Abundancia Absoluta (N; Ind)			Densidad (Ind/m ³)			Abundancia proporcional por factores (%)		
	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total
No perturbados			96			32			16,05
Claros	4,75	2,81	19	1,59	0,94	6,33	0,80	0,47	3,18
<i>Piptadenia pteroclada</i>	5,25	1,70	21	1,75	0,57	7,00	0,88	0,28	3,51
<i>Platymiscium pinnatum</i>	6,75	1,93	27	2,25	0,64	9,00	1,13	0,32	4,52
<i>Zygia longifolia</i>	7,25	2,02	29	2,42	0,67	9,67	1,21	0,34	4,85

	Abundancia Absoluta (N; Ind)			Densidad (Ind/m ³)			Abundancia proporcional por factores (%)		
	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total
Perturbados			502			167,33			83,95
Claros	5,5	1,68	66	1,83	0,56	22	0,92	0,28	11,04
<i>Piptadenia pteroclada</i>	13,33	4,18	160	4,44	1,39	53,33	2,23	0,70	26,76
<i>Platymiscium pinnatum</i>	10,83	2,72	130	3,61	0,91	43,33	1,81	0,45	21,74
<i>Zygia longifolia</i>	12,17	3,82	146	4,05	1,27	48,67	2,04	0,64	24,41
Total general			598			199,33			100

Promedio y error estándar del total de anélidos encontrados en suelos perturbados y no perturbados, inoculados y no inoculados de tres especies arbóreas y claros.

Nota. \bar{X} = Media aritmética, E.E.= Error estándar

Piptadenia pteroclada, *Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia* y claros inoculados con tierra de bosque natural en suelos perturbados, presentaron mayor cantidad de *Lumbricus terrestris* que en suelos no perturbados con especies arbóreas y claros inoculados. *Platymiscium pinnatum* mostraron mayor número de lombrices rizosféricas en suelos perturbados y no perturbados e inoculados. La densidad poblacional varía de 12,00 a 24,67 Ind/m³ (Tabla 4).

Tabla 4

Promedio ± error estándar de la abundancia de Lumbricus terrestris presentes en suelos perturbados y no perturbados, inoculados en cada subparcela

Factores	Abundancia Absoluta (N; Ind)			Densidad (Ind/m ³)			Abundancia proporcional por factor (%)		
	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total
No Perturbado			48			16			8,03
Claros	4,0	4,0	8	1,34	1,34	2,67	0,67	0,67	1,34
<i>Piptadenia pteroclada</i>	4,5	3,5	9	1,50	1,17	3,00	0,76	0,59	1,51
<i>Platymiscium pinnatum</i>	10,0	1,0	20	3,34	0,34	6,67	1,68	0,17	3,34
<i>Zygia longifolia</i>	5,5	1,5	11	1,83	0,50	3,67	0,92	0,25	1,84

	Abundancia Absoluta (N; Ind)			Densidad (Ind/m ³)			Abundancia proporcional por factor (%)		
	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total
Perturbado			243			81			40,64
Claros	6,00	2,91	36	2,00	0,97	12,00	1,00	0,49	6,02
<i>Piptadenia pteroclada</i>	11,50	6,32	69	3,83	2,11	23,00	1,92	1,06	11,54
<i>Platymiscium pinnatum</i>	12,33	4,39	74	4,11	1,46	24,67	2,06	0,73	12,37
<i>Zygia longifolia</i>	10,67	4,07	64	3,55	1,36	21,33	1,79	0,68	10,70
Total general			291			97			48,66

Promedio \pm error estándar de la abundancia de *Lumbricus terrestris* presentes en suelos perturbados y no perturbados, inoculados en cada subparcela.

Nota. \bar{X} = Media aritmética, E.E.= Error estándar

Piptadenia pteroclada, *Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia* y claros no inoculados en suelos perturbados, presentaron mayor cantidad de anélidos que en suelos no perturbados con especies arbóreas y claros no inoculados. La especie arbórea *Piptadenia pteroclada* presenta la mayor abundancia de *Lumbricus terrestris* en suelos no inoculados y perturbados, seguida de *Zygia longifolia* con una diferencia de nueve individuos, sin embargo, en suelos no perturbados y no inoculados la especie arbórea con mayor número de individuos, densidad (m³) y abundancia proporcional es *Zygia longifolia* (Tabla 5).

Tabla 5

Promedio \pm error estándar de la abundancia de *Lumbricus terrestris* presentes en suelos perturbados y no perturbados, no inoculados en cada subparcela.

	No inoculado						Abundancia proporcional por factor (%)		
	Abundancia Absoluta (N; Ind)			Densidad (Ind/m ³)			\bar{X}	E.E.	Total
	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total			
No perturbado			48			16			8,03
Claros	5,5	5,5	11	1,84	1,84	3,67	0,92	0,92	1,84
<i>Piptadenia pteroclada</i>	6	2	12	2,00	0,67	4,00	1,01	0,34	2,01
<i>Platymiscium pinnatum</i>	3,5	0,5	7	1,17	0,17	2,33	0,59	0,09	1,17
<i>Zygia longifolia</i>	9	4	18	3,00	1,33	6,00	1,51	0,67	3,01

	Abundancia Absoluta (N)			Densidad (Ind/m ³)			Abundancia proporcional por factor (%)		
	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total	\bar{X}	E.E.	Total
Perturbado			259			86,33			43,31
Claros	5,00	1,97	30	1,67	0,66	10,00	0,84	0,33	5,02
<i>Piptadenia</i>									
<i>pteroclada</i>	15,17	5,96	91	5,06	1,99	30,33	2,54	1,00	15,22
<i>Platymiscium</i>									
<i>pinnatum</i>	9,33	3,51	56	3,11	1,17	18,67	1,56	0,59	9,36
<i>Zygia longifolia</i>	13,67	6,84	82	4,56	2,28	27,33	2,29	1,15	13,71
Total general			307			102,33			51,34

Promedio \pm error estándar de la abundancia de *Lumbricus terrestris* presentes en suelos perturbados y no perturbados, inoculados en cada subparcela

Nota. \bar{X} = Media aritmética, E.E.= Error estándar

Efecto de la perturbación de los suelos sobre la abundancia de anélidos presente en la rizósfera de tres especies arbóreas.

La abundancia de *Lumbricus terrestris* cambió significativamente con el tipo de suelo ($F= 15, 41$; $p= < 0,0001$); sin embargo, las interacciones tipo de suelo: especie arbórea, tipo de suelo: inóculo, especie arbórea: inóculo, y tipo de suelo: especie arbórea: inóculo (Tabla 6) no presentaron diferencias significativas. La abundancia más alta se registró en las celdas de lodos y ripios ($21,63 \pm 1,81$ individuos), en los otros tipos de suelos no se reflejaron promedios altos de abundancia de lombrices (Figura 5).

Tabla 6

Análisis de varianza para la abundancia absoluta de *Lumbricus terrestris* en tres especies arbóreas y claro, con y sin inóculo sobre diferentes tipos de suelo.

	Grados libertad	Abundancia absoluta (Ind)	
		F- Fisher	p-valor
Especie arbórea	3	2,28	0,0983
Inoculo	1	0,07	0,7864
Tipo de suelo	3	15,41	<0,0001

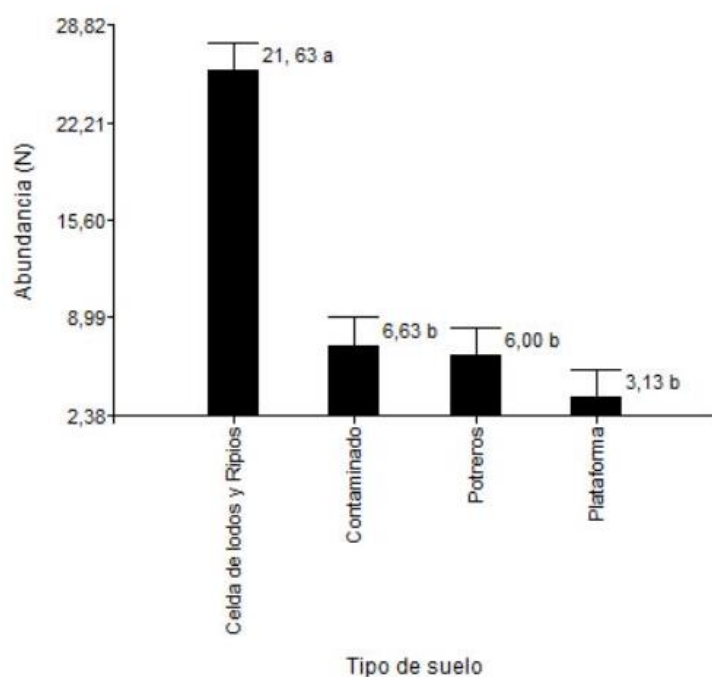
	Grados libertad	Abundancia absoluta (Ind)	F- Fisher	p-valor
Tipo de suelo* Especie arbórea	3	0,84	5015	
Tipo de suelo* Inoculo	9	0,94	0,8384	
Especie arbórea* Inoculo	3	0,28	0,4828	
Tipo de suelo* Especie arbórea* Inoculo	9	0,58	0,8038	

Análisis de varianza para la abundancia absoluta de *Lumbricus terrestris* en tres especies arbóreas y claro, con y sin inoculo sobre diferentes tipos de suelo.

Nota. Las especies arbóreas, inoculo y tipo de suelo se consideran factores fijos.

Figura 5

Promedio ± errores estándares del tipo de suelo que influyen en la abundancia de Lumbricus terrestris.



Nota. Autoría propia

Los tipos de suelo de celdas de lodos y ripios presentaron mayor densidad poblacional de *Lumbricus terrestris* que en las áreas de tratamiento de suelos contaminados, plataformas petroleras y potreros, este último considerado suelo no perturbado ($F= 15,41$; $p= <0,0001$) (Tabla 7).

Tabla 7

Promedio ± errores estándares de la densidad de Lumbricus terrestris en los tipos de suelo evaluados.

Tipo de suelo	Densidad Lumbricus terrestris (Ind/m³)
Celdas de lodos y ripios	7208,33 ± 876,98 a
Áreas de tratamiento de suelos contaminados	2208,33 ± 707,72 b
Potreros	2000 ± 377,31 b
Plataformas petroleras	1041,67 ± 274,81 b

Nota. Las letras distintas reflejan diferencias significativas de la densidad de lombrices según el tipo de suelo (LSD Fisher; $p > 0,05$).

Las celdas de lodos y ripios presentaron el mayor valor promedio de la abundancia proporcional afectada por diferentes factores (Tabla 8) siendo este valor diferentemente significativo con respecto de los otros tipos de suelo muestreados ($F = 15,41$; $p = < 0,0001$).

Tabla 8

Promedio ± errores estándares de la abundancia proporcional por factores de Lumbricus terrestris en los tipos de suelo evaluados.

Tipo de suelo	Abundancia proporcional por factores (%)
Celdas de lodos y ripios	3,62 ± 0,44 a
Áreas de tratamiento de suelos contaminados	1,11 ± 0,36 b
Potreros	1 ± 0,19 b
Plataformas petroleras	0,52 ± 0,14 b

Nota. Las letras distintas reflejan diferencias significativas de la tasa de captura entre los tipos de suelo evaluados (LSD Fisher; $p > 0,05$)

Comportamiento de los indicadores de abundancia de Lumbricus terrestris a partir de las características físico químicas de suelos perturbados y no perturbados.

Se encontró que tan solo la materia orgánica y el fósforo tienen un grado de correspondencia significativa y positiva con los valores de los indicadores de abundancia (Tabla 9).

Tabla 9

Coefficiente de correlación de Spearman (grado de correspondencia entre rangos) para las variables evaluadas por el tipo de suelo y abundancia de Lumbricus terrestris (Ind./ m3).

Parámetros edafológicos	r_{Spearman}	t	p-valor
Materia orgánica (%)	0,32	2,26	0,02
Ni (mg/kg)	-0,08	-0,53	0,60
Pb (mg/kg)	0,22	-1,53	0,13
pH	-0,16	-1,12	0,27
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,13	0,92	0,36
N (%)	-0,13	-0,36	0,39
P (mg/kg)	0,38	2,80	0,01
C Totales (mg/ha*año)	0,08	0,53	0,60

Nota. Ni= níquel, Pb= plomo, N= nitrógeno, P= fosforo, C= carbono. Autoría propia

Regresión de níquel, pH y C.E. con respecto a la densidad poblacional, indicador de abundancia de Lumbricus terrestris

La densidad de lombrices y las variables edafológicas se relacionaron mediante el siguiente modelo de regresión múltiple: *Densidad poblacional de Lumbricus terrestris* = $-0,22Ni + 21,75CE - 3,57pH + 26,64$. El modelo estimado fue significativo para todos los parámetros y presentó valores menores a 10 del factor de inflación de varianza (Tabla 10).

Tabla 10

Análisis de regresión múltiple entre la densidad poblacional de Lumbricus terrestris y las variables edafológicas.

Parámetros	Estadístico	E.E.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	VIF
Intercepto	26,64	8,88	8,12	45,17	3	0,0071	
Ni (mg/kg)	-0,22	0,08	-0,4	-0,05	-2,64	0,0159	1,17
CE (dS/m)	21,75	8,53	3,96	39,55	2,55	0,0191	1,72
pH	-3,57	1,71	-7,13	-0,01	-2,09	0,0494	1,94

Nota. E.E.= Error estándar, LI= Límite inferior, LS= Límite superior, T= t student , VIF= Valor de inflación de varianza.

Capítulo V

Discusión

Efecto de la inoculación de los suelos sobre la abundancia de *Lumbricus terrestris*

En suelos mexicanos altamente perturbados por la contaminación de petróleo, los oligoquetos presentan una densidad 120 Ind./0,008 m³, García Segura *et al.* (2018), transformando estos datos a la unidad de densidad utilizada en el presente trabajo, se obtiene 45 000 Individuos/ 3 m³, lo que indica que nuestra densidad de 199,33 Ind./ 3 m³ es muy baja al igual que la abundancia absoluta de 598 individuos. La causa de este comportamiento se debe al incremento constante de los parámetros fisicoquímicos de suelos perturbados, mientras mayor sean los índices de Ni, pH, THP, materia orgánica y demás, las lombrices se adaptan, alimentan y mejoran las condiciones del suelo.

La inoculación de acuerdo a, Chaudhary *et al.* (2021) es riesgosa cuando se realiza de manera directa con suelo debido a que no tiene impacto sobre los ambientes contaminados que carecen de degradadores de petróleo autóctonos. En el presente estudio la inoculación con suelo de bosque natural no tuvo resultados positivos sobre la abundancia por no seguir los procedimientos básicos de selección, aislamiento, identificación y aplicación de las bacterias u hongos benéficos. Pritchard (1992) comprobó que la bioaumentación en sitios contaminados químicamente por petróleo va a reaccionar de acuerdo a la técnica designada, sin embargo, colocar suelo de bosque natural de manera directa a las parcelas contaminadas no puede ser considerado un método técnico con resultados positivos en la biorremediación.

La abundancia absoluta, densidad y abundancia proporcional tuvieron mayor número de lombrices en suelos perturbados no inoculados que en no perturbados no inoculados en combinación con las especies arbóreas. Frelich *et al.* (2006) considera que los árboles proporcionan ambientes adecuados para la supervivencia de lombrices con temperaturas óptimas, rayos solares y corrientes de viento regulados, adicionalmente las raíces disminuyen la humedad del suelo causado por las lluvias. Es

importante resaltar que la presencia de lombrices de tierra mejora el rendimiento de la fitorremediación y corrige las condiciones de los suelos contaminados, Dandan *et al.* (2007).

La abundancia proporcional según Didden (2001), se obtiene conociendo la estructura de la comunidad evaluada, por lo que la proporción de los individuos de una especie se fraccionan de un total, sin embargo, algunos autores consideran que al existir una interacción significativa de una o pocas especies se puede aplicar un modelo simple utilizando factores para dividir la comunidad de lombrices y posteriormente ser analizarla de forma particular para toda la población, Hernández D. *et al.* (2017). Por ende, se realizó una suma de individuos de *Lumbricus terrestris* por cada subparcela registrada por tipo de suelo, inoculación y especie arbórea, luego se dividió para el total de individuos de todas las parcelas y finalmente se transformó a porcentaje obteniendo resultados de abundancia proporcional.

Efecto de la perturbación de los suelos sobre la abundancia de anélidos

Los análisis estadísticos que comparan los indicadores de abundancia con los tipos de suelo revelaron diferencias que según García Segura *et al.* (2018) se debe a que las lombrices de tierra reaccionan diferente a la perturbación de su ambiente, adaptándose a condiciones extremas de tal modo que toleran rangos de contaminación; característica que de acuerdo a los resultados presentan las celdas de lodos y ripios.

Los suelos no perturbados que corresponden a los potreros tuvieron menores valores promedios en abundancia que los suelos perturbados seccionados en áreas de tratamientos de suelos contaminados, plataformas, finalmente celdas de lodos y ripios; este último con medias mucho más altas. En el estado de Tabasco, México el investigador, Geissen *et al.* (2008) realizaron un proyecto con el objetivo de reducir los niveles de contaminación en suelos perjudicados por la actividad petrolera midiéndola sobre la supervivencia de anélidos; observaron la respuesta inusual de las lombrices de tierra que fueron mayormente encontradas en las áreas contaminadas, los porcentajes de

contaminación se encontraban entre 1 a 1, 5 % luego de aplicarse la biorremediación y aun así las lombrices podían sobrevivir y reproducirse generando más individuos resistentes.

Asociación de los indicadores de abundancia de *Lumbricus terrestris* con las características físico químicas de suelos perturbados y no perturbados.

El coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman demostró que la materia orgánica y el fósforo son los únicos parámetros físico-químicos del suelo, asociados con la abundancia de *Lumbricus terrestris*. Cabe resaltar que la materia orgánica es un compuesto que posee nutrientes útiles para las plantas en los ecosistemas; siendo uno de sus componentes principales el fósforo (P), este elemento está asociado a procesos de fosforilación y fotosíntesis en plantas y es esencial para el crecimiento de los animales. Tanto la materia orgánica como el P se forman debido a los servicios ecosistémicos que brindan las lombrices al suelo, pues éstas degradan restos vegetales y animales para convertirlos en lombricompost, Lee Flores A. (2020). En los bosques amazónicos la calidad de nutrientes de la materia orgánica es baja, Moragas Valencia F. (2008), por lo tanto, las asociaciones positivas y significativas entre estos dos parámetros del suelo y la abundancia no predicen una buena calidad del suelo ni que sus niveles de contaminación han disminuido.

Existen varios factores que afectan la abundancia de lombrices en el suelo tales como pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (M.O.), metales pesados níquel (Ni), cadmio (Cd), plomo (Pb) y elementos no metálicos como nitrógeno (N) y P, Blanchart *et al.* (1999), que son evaluados para medir el cambio antes y después de la biorremediación, Espinoza (2018); sin embargo, la ecuación de regresión lineal obtenida en el presente trabajo indica que las variables explicativas de los cambios de la abundancia en los suelos son Ni, pH y CE.

García Segura *et al.* (2018), reportó niveles más altos de Ni en suelos perturbados y contaminados con hidrocarburos que Espinoza (2018). Por lo tanto, la cantidad de níquel en los suelos contaminados puede influir en la abundancia de *Lumbricus terrestris*. Gish y Christensen (1973)

aseguran que la disponibilidad del níquel en los suelos contaminados se reduce, mientras la abundancia de lombrices incrementa en los mismos suelos, también Wang *et al.* (2020) afirman que la presencia de lombrices de tierra reduce la disponibilidad del níquel.

El pH es un componente importante en el hábitat de las lombrices, siendo los suelos neutros (pH 7,2) óptimos para la existencia de una mayor abundancia total de los anélidos, Lee Flores A. (2020); los valores promedios del pH de los suelos estudiados indican que son medianamente ácidos ($5,5 \pm 0,07$) condición no tolerable para *Oligochaeta* que explicaría la baja abundancia de lombrices registrada en este trabajo.

La conductividad eléctrica es un factor limitante para la presencia de especies nativas de lombrices tales como *Rhinodrilus spp.*, *Diachaeta sp.*, *Goiascolex sp.*, *Opisthodrilus sp.*, y *Oclolasion sp.*, Rochfort *et al.* (2009); este parámetro más bien permite que especies exóticas de lombrices tales como *Lumbricus terrestris* habiten en suelos de los bosques tropicales debido a que es una especie resistente que se adapta a los cambios de las características físico-químicas del suelo, Lavelle (1988). Por lo tanto, las especies nativas esperadas no fueron reportadas en esta investigación a causa de cambios en el hábitat de los anélidos generados por modificaciones en la conductividad eléctrica, Lavelle (1988).

Las lombrices están asociadas a la fertilidad y salud del suelo, debido a que su movilidad permite la aireación, aumenta la captación y retención de agua, Zhao y Wu (2021), cualidades que permiten clasificarlas en tres grupos ecológicos; epígeas, anécicas y endógenas, que actúan de manera diferente dependiendo del tipo de suelo, uso y contaminante Peña Córdova (2018). Un estudio realizado en Francia asegura que la abundancia de lombrices anécicas, por ejemplo, *Lumbricus terrestris*, aumenta en suelos contaminados debido a que se alimentan minerales pesados, tales como Cd, Pd, Ni, etc. y no exclusivamente de materia orgánica, Pérès *et al.* (2011). Lo que justificaría la causa de que el Ni, la CE y el pH fueron las variables explicativas que permiten predecir los valores de abundancia de *Lumbricus terrestris*.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La inoculación con suelo de bosque natural no causó efecto sobre la abundancia de *Lumbricus terrestris* en las especies arbóreas *Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum*, y *Zygia longifolia*.
- En la rizosfera de *Piptadenia pteroclada*, *Platymiscium pinnatum*, *Zygia longifolia* sembradas en celdas de lodos y ripios se encontró mayor abundancia de *Lumbricus terrestris* que en los suelos no perturbados.
- La densidad poblacional de *Lumbricus terrestris* aumenta por la tendencia decreciente de níquel en los suelos perturbados como no perturbados de la Amazonia ecuatoriana.
- Los parámetros edafológicos que predicen el comportamiento de la abundancia son níquel, pH y conductividad eléctrica. A medida que Ni y pH disminuyen sus niveles en el suelo las lombrices aumentan, en cambio, si la CE disminuye también bajara el número de individuos de *Lumbricus terrestris*.

Recomendaciones

- Realizar análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos en tejidos de *Lumbricus terrestris* para evaluar los niveles tolerables de contaminación de la especie.
- Incorporar una nueva inoculación tomando en cuenta los microorganismos más representativos que ayuden a reducir la cantidad de metales pesados en conjunto con una vermirremediación utilizando la especie endógena *Eisenia foetida*.
- Elaborar un sistema de evaluación de *Lumbricus terrestris* ex situ en condiciones controladas bajo laboratorio con suelos contaminados por agroquímicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arequipa , S, y Yáñez W. (2017). Bioindicadores para la determinación de la calidad del suelo en la microcuena de la quebrada Jun Jun(*Tesis de pregrado*). Obtenido de Carrera de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias. Universidad técnica de Ambato UTA. *Bachelor's thesis Obtenido de:* <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26630>.
- Arequipa, R. , Rocío, A., Novillo, C., & Eduardo, C. (2020). *Diversidad de hongos endorizosféricos de tres especies arbóreas plantadas sobre suelos perturbados inoculados con tierra de bosque natural*. Obtenido de Carrera de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. IASA I. Campus El Prado. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/24805>
- Armas, C., Hang, S., y Casanoves, F. (2016). Initial selection of forest species for the rehabilitation of soils disturbed by petroleum extractions in the Ecuadorian Amazon. . *Researchgate*, 1-3. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/319875273>
- Ashwood , F., Vanguelova , E., Benham, S., & Butt. (2019). Developing a systematic sampling method for earthworms in and around deadwood. *Forest Ecosystems*, 6 (1), 1-12. Obtenido de: <https://bioone.org/journals/polish-journal-of-ecology/volume-69/issue-2/15052249PJE2021.69.2.003/What-Determines-Ion-Content-of-Lumbricid-Casts--Soil-Type/10.3161/15052249PJE2021.69.2.003.shorthttps://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-019-0193-z>
- Aurelio, R., (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia*, 69–82. Obtenido de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf
- Babiy, K. , Kniazev, S., Golovanova, E., Solomatin, D., & Bel'skaya, L (2021). What determines ion content of lumbricid casts: soil type, species, or ecological group?. *Polish Journal of Ecology*, 69(2), 96-

110. Obtenido de: <https://bioone.org/journals/polish-journal-of-ecology/volume-69/issue-2/15052249PJE2021.69.2.003/What-Determines-Ion-Content-of-Lumbricid-Casts--Soil-Type/10.3161/15052249PJE2021.69.2.003.short>

Ballesteros, C. (2009). Manejo de los Residuos en el Proceso de Perforación mediante la Evaluación del cumplimiento técnico y legal de los diferentes sistemas para el tratamiento y disposición de dichos residuos. (*Disertación (Tesis de pregrado)*). Obtenido de Carrera de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias. Escuela Politecnica del Litoral ESPOL, Ecuador. Obtenido de: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_TesisCBV.pdf

Balzarini, M., Gonzales, L., Tablada, M., Casanoves, F., Rienzo, J. D., & Robledo, C. (2020). *Manual del Usuario*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/233842986_InfoStat_Version_2011

Bastidas Granada, A. M. (2021). *Efecto de la inoculación microbiana sobre las características edafológicas y variables dasométricas de tres especies arbóreas plantadas en suelos perturbados de la Amazonía ecuatoriana (Tesis de pregrado)*. Obtenido de Carrera de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. IASA I. Campus El Prado.: <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/26770>

BCE. (2020). Reporte del sector petrolero. (*Reporte II Trimestre*). Banco Central del Ecuador, Ecuador. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP202002.pdf>

Bignell, D. (2011). Manual de biología de suelos tropicales. *Manual de Biología de Suelos Tropicales*, 243–280. <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/217>

Blanchar, E., Albrecht, A., Alegre, J., Duboisset, A., Gilot, C., Pashanasl, B., Brussaard, L. (1999). Effects of earthworms on soil structure and physical properties. *Earthworm management in tropical*

agroecosystems, 5, 149-171. Obtenido de:

<https://core.ac.uk/download/pdf/39848561.pdf#page=161>

Bravo Velásquez, E. (2014). *La Biodiversidad en el Ecuador*. (Vol. 1). Quito. Obtenido de

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6788>

Bravo, E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad.

Acción ecológica. Obtenido de:

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-libre.pdf?1467429833=&response-content-)

[libre.pdf?1467429833=&response-content-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-libre.pdf?1467429833=&response-content-)

[disposition=inline%3B+filename%3DLOS_IMPACTOS_DE_LA_EXPLORACION_PETROLERA.pdf&Ex](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-libre.pdf?1467429833=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_IMPACTOS_DE_LA_EXPLORACION_PETROLERA.pdf&Expires=1675183756&Signature=SwfemcosdBnia1oUN6JKIsaeMe-)

[pires=1675183756&Signature=SwfemcosdBnia1oUN6JKIsaeMe-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-libre.pdf?1467429833=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_IMPACTOS_DE_LA_EXPLORACION_PETROLERA.pdf&Expires=1675183756&Signature=SwfemcosdBnia1oUN6JKIsaeMe-)

[krsvxvRsUwe51UO~WR8vD9mUg4Ug~w9rABTMvniaMk1jfgQ9e5eyHIX-KL-5iFPCmTTzSnGDO-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-libre.pdf?1467429833=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_IMPACTOS_DE_LA_EXPLORACION_PETROLERA.pdf&Expires=1675183756&Signature=SwfemcosdBnia1oUN6JKIsaeMe-krsvxvRsUwe51UO~WR8vD9mUg4Ug~w9rABTMvniaMk1jfgQ9e5eyHIX-KL-5iFPCmTTzSnGDO-)

[tXhIUuoSg5wEaCAcr3WyHSD6NeZYCnU4vK~DHFkOrXckW004flwOgNeHqNDcMQb3nwEmPW-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-libre.pdf?1467429833=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_IMPACTOS_DE_LA_EXPLORACION_PETROLERA.pdf&Expires=1675183756&Signature=SwfemcosdBnia1oUN6JKIsaeMe-tXhIUuoSg5wEaCAcr3WyHSD6NeZYCnU4vK~DHFkOrXckW004flwOgNeHqNDcMQb3nwEmPW-)

[RxNZhUAYSa9ZSStoO7frki1Y~2ZwQ2o1NnrH0U4mUeAoiMd1qYSqNfF8wWm4RDxrCm9t1QEMz1](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-libre.pdf?1467429833=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_IMPACTOS_DE_LA_EXPLORACION_PETROLERA.pdf&Expires=1675183756&Signature=SwfemcosdBnia1oUN6JKIsaeMe-RxNZhUAYSa9ZSStoO7frki1Y~2ZwQ2o1NnrH0U4mUeAoiMd1qYSqNfF8wWm4RDxrCm9t1QEMz1)

[\[J8f~YvcINWeqCAc9vPYnpGRAvB2BFNmAw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA\]\(https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-libre.pdf?1467429833=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_IMPACTOS_DE_LA_EXPLORACION_PETROLERA.pdf&Expires=1675183756&Signature=SwfemcosdBnia1oUN6JKIsaeMe-J8f~YvcINWeqCAc9vPYnpGRAvB2BFNmAw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA\)](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46944247/impactos_explotacion_petrolera_esp-libre.pdf?1467429833=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLOS_IMPACTOS_DE_LA_EXPLORACION_PETROLERA.pdf&Expires=1675183756&Signature=SwfemcosdBnia1oUN6JKIsaeMe-0Y17WHMVUVKkt64BpdSjWr18uDv2Yavy39z8qb6J-ciG2yWrnLyUXNFK82qU5-</p></div><div data-bbox=)

Bravo, E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad.

Obtenido de

https://www.inredh.org/archivos/documentos_ambiental/impactos_explotacion_petrolera_esp

[.pdf](https://www.inredh.org/archivos/documentos_ambiental/impactos_explotacion_petrolera_esp)

Burgess, L. (2013). Organic pollutants in soil. *Soils and human health*, 83-106. In *books.google.com*.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AuhD2tsgRHAC&oi=fnd&pg=PA83&dq=Organic+p>

[ollutants+in+soil&ots=4DUUurjUvg&sig=O_2EwHUTaFX4FCWt6hDYYUVhcyo](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AuhD2tsgRHAC&oi=fnd&pg=PA83&dq=Organic+p)

Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de

conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y forrajes*, 35(4),

346-363.Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942012000400001&script=sci_arttext&tlng=en

Calderón , S. (2005). Descontaminación de suelos por el método soil vapor extraction. *Litoclean*.

Obtenido de <https://www.litoclean.com.pe/remediacion/extraccion-de-volatiles-por-vacio/#:~:text=Como%20su%20nombre%20indica%2C%20consiste,a%20volatilizarse%20o%20evaporarse%20f%C3%A1cilmente>.

Chaudhary, D., Bajagain, R., Jeong, S., & Kim, J. (2021). Effect of consortium bioaugmentation and biostimulation on remediation efficiency and bacterial diversity of diesel-contaminated aged soil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*,, 37(3), 1-12.Obtenido de:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11274-021-02999-3>

Chavez, R., Salazar, D., Orejuela, D., Cuichan, M., Suarez, M., & Villafuerte, W. (2012). Encuesta de superficie y produccion agropecuaria continua. *INEAC*, 6-10.

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-espac-2012/>

Chavez Yuqui, A. P., y Real Escobar, C. R. (2011). “*Evaluación integral: Económica, social y ambiental de la actividad petrolera en las provincias de Orellana y Sucumbíos.*” (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional Obtenido de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4417?locale=de>

Christensen, O. y Mather, J. (2004). Pesticide-induced surface migration by lumbricid earthworms in grassland: Life-stage and species differences. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57(1), 89-99. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.08.0>

Dandan, W. , Vilches, A., Legarralde, T., & Damborenea, C. (2007). Role of earthworm-straw interactions on phytoremediation of Cu contaminated soil by ryegrass. *Acta ecologica sinica*, 27(4), 1292-1298.Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1872203207600304>

- Darrigan, G. , Vilches , A., Legarralde, T., & Damborenea, C. (2007). Guía para el estudio de macroinvertebrados. Métodos de colecta y técnicas de fijación. *ProBiota, UNLP*, 43-44. Obtenido de:
- https://www.researchgate.net/publication/277100637_Guia_para_el_estudio_de_macroinvertebrados_I-_Metodos_de_colecta_y_tecnicas_de_fijacion
- Di Paola, M. y Vicién, C. (2010). Biorremediación: vinculaciones entre investigación, desarrollo y legislación. *Researchgate*, 5-20. Obtenido de <http://www.ceur-conicet.gov.ar/archivos/publicaciones/Biorremediacion2.pdf>
- Didden, W. A. M. (2001). Earthworm communities in grasslands and horticultural soils. *Biology and Fertility of Soils*, 33(2), 111–117. Obtenido de: <https://doi.org/10.1007/S003740000297/METRICS>
- Domínguez, J. A. Aira, M., & Gómez-Brandón, M. (2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. 18, 20-31. Obtenido de: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/61>
- Doran, Herbert, M. E., Aira, M., & Gómez-Brandón, M. (1996). Terrestrial Reserve Networks Do Not Adequately Represent Aquatic Ecosystems. *Conservation Biology*, 24(4), 1002–1011. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01460.x>
- Espinoza, E. G. (2018). Relaciones entre las características edafológicas y las variables dasométricas de tres especies arbóreas plantadas en suelos perturbados por la actividad petrolera. (*Tesis de pregrado*). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/14251>
- Frelich, L. , Hale, C., Reich, P., Holdsworth, A., Scheu, S., Heneghan, L., & Bohlen, P (2006). Earthworm invasion into previously earthworm-free temperate and boreal forests. *In Biological invasions belowground: earthworms as çinvasive species*, 35-45. Obtenido de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-5429-7_5

- Gobierno Provincial de Orellana GADPO. (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Orellana 2015-2019. *SENPLADES*, 21-23. Obtenido de: https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1560002480001_PDYOT%202015-2019_ORELLANA_ACTUALIZADO_17-08-2015_12-40-32.pdf
- García Segura, D., Castillo-Murrieta, I., Martínez-Rabelo, F., Gomez-Anaya, A., Rodríguez-Campos, J., Hernández-Castellanos, B., & Barois, I. (2018). Macrofauna and mesofauna from soil contaminated by oil extraction. *Geoderma*, 332, 180-189. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.06.013>
- Gatica, C. y Hernández, A. (2003). Tasas de captura estandarizadas como índice de abundancia relativa en pesquerías: enfoque por Modelos Lineales Generalizados. *Investigaciones marinas*, 31(2), 107-115. Obtenido de: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-71782003000200011
- Geissen, V., Gomez-Rivera, P., Huerta-Lwanga, E., Bello-Mendoza, R., Trujillo-Narcías, A., & Barba-Marcías, E. (2008). Using earthworms to test the efficiency of remediation of oil-polluted soil in. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 638–642. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014765130800064X>
- George, A. (2006). *Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba (Tesis Doctoral)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica: CATIE, Turrialba (Costa Rica). Obtenido de: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4980>
- Gómez Orea, D. (2003). *Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental*. Mundi-Prensa Libros. Obtenido de: https://books.google.com.ec/books?id=f2yWYo2IWooC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- Goya, N. (2020). *Análisis de las estrategias para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos totales de petróleo (TPH)*. Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51387>
- Hernández Benalcázar, H., Gagnon, D., & Davidson, R. (2015). Growth and initial production of 15 tropical tree species from the Ecuadorian Amazonia with different successional stages. *Universidad Central del Ecuador*. Obtenido de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Growth+and+initial+production+of+15+tropical+tree+species+from+the+Ecuadorian+Amazonia+with+different+successional+stages.&btnG=
- Hernández, D. , Pérez, M., & Cortés, F. (2017). Índices ponderados de abundancia relativa, obtenidos a partir de modelos lineales generalizados, considerando la presencia de valores nulos de captura. *Invest. Desarr. Peso* , 30: 5-41. Obtenido de: <https://aquadocs.org/handle/1834/12672>
- Herrera Herbert, J. (2020). Ingeniería de la perforación de pozos de petróleo y gas. Origen y características de los hidrocarburos. In *Ingeniería de la perforación de pozos de petróleo y gas. Origen y características de los hidrocarburos*. Obtenido de Escuela técnica superior de ingenieros de minas y energía.: https://oa.upm.es/62714/1/INGENIERIA_POZOS_PETROLEO_Y_GAS_Vol-1_LM1B5T1R0-20200323.pdf
- Huberty , M. , Martis , B., Van Kampen, J., & Choi, Y. (2020). Soil Inoculation Alters Leaf Metabolic Profiles in Genetically Identical Plants. *Journal of chemical ecology*, 46 (8), 745-755. Obtenido de: <https://doi.org/10.1007/s10886-020-01156-8>
- Iannacone , J. y Medoza Gil, L. (2021). Ecotoxic assessment of soils contaminated with municipal waste from a dump in Eisenia fetida. *Asociacion de argentinos ciencia del suelo AACs*, 157-166.

- Judas, M. , Schauermaun, J., & Meiwes, K. (1997). The inoculation of *Lumbricus terrestris* L. in an acidic spruce forest after liming and its influence on soil properties. *Soil Biology & Biochemistry* , 29, 667–679.
- Lavelle, P. (1988). Earthworm activities and the soil system. Biology and fertility of soils. *Biology and fertility of soils*, 6(3), 237-251.
- Lee Flores, A. (2020). *Elaboración de lombricomposta bajo distintas dietas con lombriz roja californiana*. Instituto Tecnológico superior de Abasolo. Obtenido de https://www.academia.edu/50843205/Elaboraci%C3%B3n_de_lombricomposta_bajo_distintas_dietas_con_lombriz_roja_californiana_Eisenia_foetida_
- Lim, B., y Engstrom, M. (2001). Species diversity of bats (Mammalia: Chiroptera) in Iwokrama Forest, Guyana, and the Guianan subregion: implications for conservation. *Biodiversity & Conservation*, 10(4), 613-657. Obtenido de: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016660123189>
- Lopez, N., y Lozada Dávila, J. (2010). Uso de biorremediación para el saneamiento de sustratos contaminados por petróleo en el oriente de Venezuela. *Ecodiseño&sostenibilidad*, 227-236.
- Maldonado, F. (2006). Proyecto de manejo integrado y sostenible de recursos hídricos transfronterizos en la cuenca del río Amazonas. *AIS*, 10-26. <https://iwlearn.net/resolveuid/01a8339faa8351dc479f39f74b7ff202>
- Mamani , A. (2019). El uso de *Lumbricus terrestris* como bioindicador de suelos contaminados. *CSIC*, 1-33. https://digital.csic.es/bitstream/10261/203888/1/Mamani_TFG_2019.pdf
- Mancera, L. , Esparza, G., Chavez, G., Rodríguez,, V., Saucedo, C., & Barrera, C. (2008). Biorremediación de un suelo envejecido contaminado con hidrocarburos mediante un sistema combinado de bioestimulación-bioaumentación con hongos filamentosos. *Biodegr*, 61: 151-160. Obtenido de; <https://www.scielo.sa.cr/scieloOrg/php/similar.php?lang=en&text=Bioremediation%20of%20an%20aged%20hydrocarbon->

contaminated%20soil%20by%20a%20combined%20system%20of%20biostimulation-
bioaugmentation%20with%20filamentous%20fungi

Marashi , A., y Scullion, J. (2003). Earthworm casts form stable aggregates in physically degraded soils.

Biol Fertil Soils, 37:375–380. Obtenido de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-003-0617-2>

Mendoza-Gil, L., & Iannaccone, J. (2021). Ecotoxic assessment of soils contaminated with municipal waste

from a dump in *Eisenia fetida*. *Ciencia Del Suelo*, 39(2). Obtenido de:

<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/026119290503300105?journalCode=atla>

Moragas Valencia F. (2008, November 11). *Suelo amazónico (en línea, blog)*. [http://flor-](http://flor-amazonas.blogspot.com/2008/04/suelo-amaznico.html)

[amazonas.blogspot.com/2008/04/suelo-amaznico.html](http://flor-amazonas.blogspot.com/2008/04/suelo-amaznico.html)

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. 1). <http://entomologia.rediris.es/sea>

Muñoz Gomez, M. (2012). Estudio del comportamiento vegetativo y rendimiento de café robusta

(*Coffea canephora*), asociado con tres leguminosas forestales Guaba de bejuco (*Inga edulis*),

(Tesis) *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*, 38-39. Obtenido de:

<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2198>

Nieto , C. y Caicedo, C. (2012). Análisis reflexivo sobre el desarrollo agropecuario sostenible en la

Amazonía Ecuatoriana. *INIAP-EECA.*, 102-110. Obtenido de.

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3791>

Ñúñez Cuartas, D. C., y Paredes Cuerdo, D. (2014). Biorremediación para la degradación de

hidrocarburos totales presentes en los sedimentos de una estación de servicio de combustible.

scielo. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702014000100004)

[07702014000100004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702014000100004)

Ortiz, E , Núñez, R., Fonseca, E., Oramas, J., Almazán, V., Cabranes, Y., Borges, G. (2005). *Biorremediación*

de suelos contaminados con hidrocarburos. Obtenido de Revista Contribución a la Educación y la

Protección del Medio Ambiente:

[https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/3650/Biorremediacion%20de%20suelos%20contaminados\[1\].....pdf?sequence=1](https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/3650/Biorremediacion%20de%20suelos%20contaminados[1].....pdf?sequence=1)

Peet, R. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*.

Copyright All Rights. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/2096890>

Peña Cordova, K. (2018). Evaluación de riesgo ambiental de los pesticidas metamidofos, alfa-

cipermetrina y su mezcla en *Eisenia andrei*. Obtenido de:

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3012785>

Pérès, G. , Vandenbulcke, F., Muriel, G., Hedde, M., Beguiristain, T., Douay, F., Cluzeau, D. (2011).

Earthworm indicators as tools for soil monitoring, characterization and risk assessment. An example from the national Bioindicator programme (France). *El Sevier*, 77-87. Obtenido de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031405611001119>

PETROAMAZONAS EP; ESPE. (2018). *Renovación del convenio marcado de cooperación técnica-científica entre Petroamazonas EP y Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE*. Sangolqui, Quito, Ecuador.

Pinto Urbina, R. (2021). *Complejidad y diversidad de nematodos rizosféricos en tres especies arbóreas plantadas sobre suelos perturbados inoculados con tierra de bosque natural. (Tesis de pregrado)*.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui, Quito, Ecuador. Obtenido de Repositorio

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24875/1/T-IASA%20I-005705.pdf>

Pisco García, R. (2015). Caracterización dendrológica de las especies maderables y su impacto

economico en el recinto Pinta del canton Jipijapa. *Universidad estatal del sur de*

Manabí. Obtenido de: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/98>

Plaza, G., Otero Cabada, M., Torres , N., Velásquez , M., Corbalán , E., & Rodriguez, T. (2001).

BIORREMEDIACIÓN EN SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS. Obtenido de

Universidad Nacional de Salta:

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/45523/CONICET_Digital_Nro.8be8f4e1-c231-4b6a-b261-6f3657d9abfd_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Pritchard, P. (1992). Use of inoculation in bioremediation. *Current Opinion in Biotechnology*, 3(3), 232-243. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0958166992900984>

Quiloango Chimarro, C. A. (2019). *Diversidad de coleópteros scarabaeidae, scarabaeianae de area rehabilitadas en suelos agricolas y ecosistemas sensibles a procesos de extraccion petrolera en la amazonía ecuatoriana. (Tesis de pregrado)*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. IASA I., Sangolqui. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/21015?show=full>

Quinsasamín Armas, J. (2019). Diversidad de hongos rizosféricos de tres especies arbóreas plantadas en suelos perturbados por la actividad petrolera de la amazonía ecuatoriana. Carrera de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias. *(Tesis de pregrado)*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. IASA I., Sangolqui. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/21015?show=full>

Ramírez, W, García, Y., Sánchez, S., López, M., & Hernández, L. (2014). Characterization of the edaphic macrofauna in intensive turfgrass production systems. *Pastos y Forrajes*, 37 (2). Obtenido de: http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v37n2/en_pyf05214.pdf

Remache Arequipa, A. (2020). Diversidad de hongos endorizosféricos de tres especies arbóreas plantadas sobre suelos perturbados inoculados con tierra de bosque natural. *(Tesis de pregrado)*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/14251>. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24805/1/T-IASA%20I-005607.pdf>

Ramírez, W. , García, Y., Sánchez, S., López, M., & Hernández, L.. (2014). Characterization of the edaphic macrofauna in intensive turfgrass production systems. *Pastos y Forrajes*, 37(2). Obtenido de: http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v37n2/en_pyf05214.pdf

- Rochfort, S., Ezernieks, V., & Yen, A. (2009). NMR-based metabolomics using earthworms as potential indicators for soil health. . *Metabolomics*, 5(1), 95-107. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11306-008-0140-4>
- Rodríguez , A., y Gámez, A. (2010). Vegetative identification key of tree species of Fabaceae family in Mérida city, Venezuela. *Pittieria* 34, 89-111. Obtenido de: https://www.academia.edu/6743072/CLAVE_VEGETATIVA_PARA_LA_IDENTIFICACION_DE_LOS_ARBOLES_DE_LA_FAMILIA_FABACEAE_DE_LA_CIUDAD_DE_MERIDA_VENEZUELA_Vegetative_identification_key_of_tree_species_of_Fabaceae_family_in_Merida_city
- Sabroso González María del Carmen, & Pastor Eixarch Ana. (2004). Guía sobre suelos contaminados. In *Confederación de la Pequeña y Mediana Empresa Aragonesa (CEPYME)*. Confederación de la Pequeña y Mediana Empresa Aragonesa (CEPYME). <https://www.virtualpro.co/biblioteca/guia-sobre-suelos-contaminados>
- Sarango Ayo , M. (2021). Efecto de la inoculación microbiana sobre la dinámica de nutrientes en hojarasca en tres especies arbóreas en suelos perturbados y no perturbados en la Amazonia ecuatoriana. (*Tesis de pregrado*). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Quito. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26769/1/T-IASA%20I-004420.pdf>
- Sarmiento F.O. (1997). The mountains of Ecuador as a birth place of ecology and endangered landscape. *Cambridge.Org*. <https://doi.org/10.1017/S0376892997000039>
- Shimada , B. y Shaefer , M. (1956). *A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the eastern tropical Pacific Ocean*. Estados Unidos: Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.
- Silva Arroyave, S. y Correa Restrepo, F. (2009). Análisis de contaminación de suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre económico*, 3-10.

- Sosa Vargas, V. (2018). Diversidad de hongos presentes en raíces de tres especies arbóreas plantadas en suelos perturbados por la actividad petrolera de la Amazonía ecuatoriana. . (Tesis). Universidad de las fuerzas armadas ESPE., Sangolqui. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100>
- Srivastava, M. , Srivastava, A., Yadav, A., & Rawat, V. (2019). Source and control of hydrocarbon pollution. In Hydrocarbon Pollution and its Effect on the Environment. *IntechOpen.*, 9.
- Stallings, J. (1981). *El suelo su uso y mejramiento*. Mexico: Prentice- Hall.
doi:<https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.86487> Obtenido de [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0,5&q=Stallings,+J.+\(1982\).+El+suelo+su+uso+y+mejoramiento](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0,5&q=Stallings,+J.+(1982).+El+suelo+su+uso+y+mejoramiento)
- Teran Valdez, A. A., Duarte, N., Perez, A., Cuesta, F., & Pinto, E. (2018). Guia para la restauración de bosques montanos tropicales. CONDESAN *Módulo 3 seleccion de especies potenciales para ka restauracion* (págs. 53-54). Quito, Ecuador
- Tondoh , J., Guéi , A., Csuzdi, C., & Okoth, P. (2010). Effect of land-use on the earthworm assemblages in semi-deciduous forests of Central-West Ivory Coast. *Received*, 20:169–184.Obtenido de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-010-9953-3>
- Ulcuango , K. , Duarte, N., Perez, A., Cuesta, F., & Pinto, E. (2017). Evaluación de las variables de crecimiento de 20 especies forestales y las características edafológicas de plataformas y celdas de lodos y ripios de la EP PETROECUADOR. *SCRIB*, 1-5. (Tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui, Quito. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26769/1/T-IASA%20I-004420.pdf>
- Van Capelle , C. , Meyer Wolfarth, F., & Meiners, T. (2021). Lumbricus terrestris regulating the ecosystem service/disservice balance in maize (Zea mays) cultivation. *Plant and Soil*, 462(1), 459-475. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-021-04882-4>

- Van Gestel, A. M. y Van Brummelen, T. C. (1996). Incorporation of the biomarker concept in ecotoxicology calls for a redefinition of terms. In *Ecotoxicology* (Vol. 5, Issue 4). Obtenido de: <https://doi.org/10.1007/BF00118992>
- Vega Chimarro, M. (2021). Efecto de la inoculación de suelos perturbados sobre la diversidad de hongos ectorizosféricos de tres especies arbóreas en la amazonía ecuatoriana. (*Tesis de pregrado*). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24876/1/T-IASA%20I-005706.pdf>
- Villacis, J. (2016). Evaluación de las técnicas de remediación vegetal utilizadas en plataformas petroleras mediante estudios del desempeño de especies y análisis de diversidad funcional. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Obtenido de: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/3344/Villac%3%ADs%20Buena%3%B1o.%20Evaluaci%3%B3n%20de%20las%20t%3%A9cnicas%20de%20remediaci%3%B3n%20vegetal%20utilizadas%20en%20plataformas%20petroleras...%20.pdf?sequence=1>
- Villacis, J. Armas, C., Hang, S., & Casanoves, F. (2016). Initial selection of forest species for the rehabilitation of soils disturbed by petroleum extractions in the Ecuadorian Amazon. *PURDUE*, 1. Obtenido de: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/3344/Villac%3%ADs%20Buena%3%B1o.%20Evaluaci%3%B3n%20de%20las%20t%3%A9cnicas%20de%20remediaci%3%B3n%20vegetal%20utilizadas%20en%20plataformas%20petroleras...%20.pdf?sequence=1>
- Viteri, O., Armas, C., Hang, S., & Casanoves, F. (2014). Evaluación de la sostenibilidad de los cultivos de café y cacao en las provincias de Orellana y Sucumbíos, Ecuador. *Universitat Autònoma de Barcelona*. Obtenido de: <https://www.tdx.cat/handle/10803/131452>
- Volke, S., y Velasco, T. (2002). Tecnologías de Remediación para Suelos Contaminados. *Instituto de Ecología, México, D.F., México*. Obtenido de:

https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?sa=L&ai=DChcSEwjIhubYI_L8AhVAgVoFHbwED6wYABAAGgJ2dQ&ohost=www.google.com&cid=CAESa-D2CavOs3mKPLNL7wd0lwUQnmo-baPJtpnDIMESDtZIKm6iSU-B1q1ZUkJ7xknC6V-3ahectuvQf4QFFQWSaR_ZyQRZjDfipYaX1QpYKMQmIP_azEyoS91ykBSm7ydn38o1f5bxXBewNU97&sig=AOD64_2pLVThBsSnWVmgAfUFi5oob3cUnA&q&adurl&ved=2ahUKEwiuid3YI_L8AhVSRzABHaypBuwQ0Qx6BAgDEAE&nis=8

Wang, G., Xia, X., Yang, J., Tariq, M., Zhao, J., Zhao, M., & Zhao, W. (2020). Exploring the bioavailability of nickel in a soil system: physiological and histopathological toxicity study to the earthworms (*Eisenia fetida*). *Journal of hazardous materials*, 121-169. Obtenido de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389419311239>

Wolfarth, F. F., Schrader, S., Oldenburg, E., y Bruno. (2016). Mycotoxin contamination and its regulation by the earthworm species *Lumbricus terrestris* in presence of other soil fauna in an agroecosystem. *Plant and soil*, 402(1), 331-342. Obtenido de:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-015-2772-2>

Zhao, R., y Wu, K. (2021). Soil health evaluation of farmland based on functional soil management—A case study of Yixing City, Jiangsu Province, China. *Agriculture*, 11(7), 583. Obtenido de:

<https://doi.org/10.3390/agriculture11070583>