



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“MEJORAMIENTO DE SUELOS DEGRADADOS POR CULTIVOS
DE COCA CON EL USO DE RESIDUOS DE POST COSECHA DE
PLATANO, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA LA
CONVENCION, CUSCO”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:

Luis Eduardo Pizarro Guillen (0000-0002-1845-0590)

Asesor:

Alfredo Nestor Salinas Castro (0000-0001-5212-6113)

Lima – Perú

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 06 de junio del 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Llerme Navarro Vásquez
Miembro: Mg. Wendy Elizabeth Pérez Porras
Miembro: Mg. Wilbert Cruz Hilacondo

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

“MEJORAMIENTO DE SUELOS DEGRADADOS POR CULTIVOS DE COCA CON EL USO DE RESIDUOS DE POST COSECHA DE PLATANO, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO”

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Luis Eduardo Pizarro Guillen**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Mg. Alfredo Nestor Salinas Castro

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime () por mayoría simple (X) calificar a:

Tesista: Luis Eduardo Pizarro Guillen		Nota (en letras): 14 (CATORCE)	
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dra. Llerme Navarro Vásquez
Presidente



Mg. Wendy Elizabeth Pérez Porras
Miembro 1



Mg. Wilbert Cruz Hilacondo
Miembro 2



Mg. Alfredo Nestor Salinas Castro
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN¹

Lima, 10 de Junio del 2024

Señor,
Dr. Carlos Zavalaga Reyes

**Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –**

De nuestra consideración,

Yo: Luis Eduardo Pizarro Guillen, egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Alfredo Nestor Salinas Castro, declaramos que este informe final de tesis titulado: "MEJORAMIENTO DE SUELOS DEGRADADOS POR CULTIVOS DE COCA CON EL USO DE RESIDUOS DE POST COSECHA DE PLATANO, DISTRITO DE PICHARI, PROVINCIA LA CONVENCION, CUSCO", sustentado para obtener el título.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos ², que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



**Firma tesista
DNI: 76792257**



**Firma del asesor de tesis
DNI: 09258685**

¹ En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD

² Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/>

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Mejoramiento de suelos degradados por cultivos de coca con el uso de residuos de post cosecha de plátano, distrito de Pichari, provincia La Convención, Cusco

Autores. Luis Eduardo Pizarro Guillen

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2412609548).

Resultado de la evaluación. 2%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.

Mejoramiento de suelos

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	www.repository.fedesarrollo.org.co Fuente de Internet	1%
2	ipicyt.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1%
3	eprints.uwe.ac.uk Fuente de Internet	<1%
4	issuu.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mis padres Luis Pizarro y Gladys Guillen,
quienes me apoyaron en toda mi formación
profesional y fueron mi soporte a lo largo de
todos estos años de estudio y dedicación.

A mi abuelo Máximo Guillen Peralta y a Araceli
Grisel Alvarado Alvarado, que Dios los tiene
en su gloria, quienes también me dieron ánimos
para continuar con mis estudios y culminar mi tesis.

AGRADECIMIENTOS

A mis familiares quienes me apoyaron y motivaron constantemente durante el desarrollo de la investigación, para ser una mejor persona profesionalmente y no caer rendido ante obstáculos.

A la Universidad Científica del Sur, por inculcarme una formación academia para tener un desempeño óptimo.

A los laboratorios de Investigación de la Universidad Científica del Sur, por facilitarme equipos y uso de sus instalaciones, para los análisis requeridos.

Por último, al Ingeniero Alfredo Salinas Castro, por el apoyo brindando de su conocimiento y tiempo en la ejecución de esta investigación.

INDICE

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Degradación de suelos	12
2.2. Monocultivo	12
2.3. Planta de coca y su cultivo.....	13
2.4. Recuperación de suelos amazónicos.....	13
2.5 Abonos orgánicos.....	14
2.6 Abonos de residuos de cosecha de plátano.....	14
2.6. Parámetros físicos del suelo.....	15
2.6.1. Textura.....	15
2.6.2. Densidad aparente (DA)	16
2.6.3. Porosidad	17
2.6.4. Humedad	17
2.6.5 Capacidad de campo (CC)	18
2.7. Parámetros químicos del suelo	18
2.7.1. Potencial de hidrógeno (pH).....	18
2.7.2. Conductividad eléctrica (CE).....	19
2.7.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	19
2.7.4. Materia orgánica (MO)	20
2.7.5. Nitrógeno (N).....	20
2.7.6. Fósforo (P).....	21
2.7.7. Potasio (K).....	21
2.8. Parámetros biológicos del suelo	21
2.8.1. Microorganismos	21
III. OBJETIVOS.....	23
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	23
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
IV. METODOLOGÍA	24
4.1. Áreas de estudio	24
4.2. Diseño experimental	25
4.2.1. Diseño para producción de lixiviado y fibras.....	25
4.2.2. Diseño para aplicación de lixiviado y fibras.....	25
4.3. Metodología de Análisis	26
4.3.1. Metodología en campo	26
a. Recolección de suelo.....	26
b. Muestreo de Organismos	27
4.3.2. Metodología en laboratorio.....	27

a. Densidad aparente	27
b. Porosidad	28
c. Humedad	28
d. Capacidad de campo	28
e. Microorganismos e invertebrados	29
4.4. Análisis estadísticos	29
V. RESULTADOS	30
5.1. Tratamiento con lixiviado	30
5.1.1. Parámetros Físicos	30
5.1.2. Parámetro Químicos	32
5.1.3. Parámetros biológicos	40
5.2. Tratamiento con fibras	42
VI. DISCUSIONES	44
6.1. Tratamiento con lixiviado	44
6.1.1. Parámetros físicos	44
6.1.2. Parámetros químicos	45
6.1.3. Parámetros biológicos	49
6.2. Tratamiento con fibras	49
VII. CONCLUSIONES	51
VIII. RECOMENDACIONES	52
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
X. ABREVIATURAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
XI. ANEXOS	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de los centros poblados donde se extrajo y se aplicó los productos, pertenecientes a los distritos de Rio Tambo y Pichari respectivamente	24
Figura 2. Flujograma del diseño de extracción de los productos generados por los residuos de la post cosecha de plátano	25
Figura 3. Diseño de la zona donde se aplica el lixiviado.	26
Figura 4. Diseño de la zona donde se aplica las fibras. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 5. Densidad aparente (g.cm-3) antes y al culminar el tratamiento. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 6. Porosidad (%) antes y al culminar el tratamiento.	31

Figura 7. Humedad (%) antes y al culminar el tratamiento.....	32
Figura 8. pH del suelo, antes y al culminar el tratamiento	33
Figura 9. CE del suelo ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), antes y al culminar el tratamiento.....	34
Figura 10. Mediciones de CIC ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) en un antes y después de aplicar el tratamiento.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11. Mediciones de Cation Ca^{2+} ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) en un antes y después de aplicar el tratamiento.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12. Mediciones de Cation K^{+} ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) en un antes y después de aplicar el tratamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Mediciones de Cation Mg^{2+} ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) en un antes y después de aplicar el tratamiento	36
Figura 14. Mediciones de Materia Orgánica (%) en un antes y después de aplicar el tratamiento.....	38
Figura 15. Nitrógeno (%) en un antes y después de aplicar el tratamiento	39
Figura 16. Fósforo (ppm) en un antes y después de aplicar el tratamiento.	39
Figura 17. Potasio (ppm) en un antes y después de aplicar el tratamiento	40
Figura 18. Bacterias en agar ($\text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$) a 1/10 en un antes y después de aplicar el tratamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 19. Hongo en agar ($\text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$) a 1/10 antes y al culminar el tratamiento.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 20. Capacidad de Campo (%) en un antes y después de aplicar el tratamiento.	43

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Nutrientes y concentraciones presentes en el lixiviado de raquis de plátano	15
Tabla 2. Conteo de microorganismos presentes en las muestras de suelo	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

Los cultivos de la planta de coca deterioran el suelo de la Amazonía peruana principalmente en el Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM) son uno de los principales cultivos degradadores del suelo. El objetivo de este estudio fue mejorar la calidad los suelos degradados con la aplicación de productos obtenidos de los residuos de plátano (lixiviados y fibras), por un periodo de 12 semanas. Teniendo dos tipos de tratamientos (lixiviado y fibras), teniendo un control y tres tratamientos respectivamente (C =0, T1 =1, T2 =2, T3 =4) con las dosis $L.m^{-2}$ y $Kg.m^{-2}$ respectivamente. Para el tratamiento con lixiviado se analizaron parámetros físicos, químicos y biológicos, donde T3 tiene los resultados más significativos, teniendo a los parámetros químicos como pH, macronutrientes y CIC presentaron mejoras significativas. Por otro lado, los parámetros físicos como densidad aparente, porosidad y humedad, junto a los parámetros biológicos tuvieron una ligera mejoría en general. En los tratamientos donde se usó las fibras, solo se analizó la capacidad de campo, donde T3 tuvo la mayor capacidad de retención de agua. Por ende, la aplicación de los productos de plátano resulta beneficioso para los suelos, mejorando sus parámetros físicos, químicos y biológicos.

Palabras claves: monocultivos, suelo amazónico, mejora del suelo, pH.

ABSTRACT

The cultivation of coca plants deteriorates the soil in the Peruvian Amazon, as happens in the Apurímac, Ene, and Mantaro Rivers Valley (VRAEM), where coca cultivation is one of the main causes of soil degradation. The aim of this study was to improve the quality of degraded soils by applying products derived from banana residues (leachates and fibers) over a 12-week period. There were two types of treatments (leachate and fibers), with a control and three treatments each (C=0, T1=1, T2=2, T3=4) with doses in L.m⁻² and Kg.m⁻², respectively. For the leachate treatment, physical, chemical, and biological parameters were analyzed, with T3 showing the most significant results, particularly in chemical parameters such as pH, macronutrients, and CEC, which exhibited significant improvements. On the other hand, physical parameters such as bulk density, porosity, and moisture, along with biological parameters, showed slight improvement overall. In the treatments using fibers, only field capacity was analyzed, where T3 had the highest water retention capacity. Therefore, the application of banana products proves beneficial for soils, improving their physical, chemical, and biological parameters.

Keywords: monocultures, Amazonian soil, soil improvement, pH.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación del suelo no solo es considerada como una pérdida de fertilidad, sino se considera al deterioro de un ecosistema y reducción de los servicios que brinda (Nachtergaele et al., 2011). En el mundo, cada año se pierde más de 24 000 millones de toneladas de suelo, por la necesidad compensar al rápido crecimiento de población mundial que obliga a tener que sobre explotar los suelos para satisfacer las necesidades humanas (organización de las Naciones Unidas, 2019). Si bien esto se agrava por la deforestación, el uso de fertilizantes químicos, el cambio de uso de suelo, la erosión por malas prácticas, la sobreexplotación del suelo y contaminación; son resultados de la producción de alimentos de primera necesidad, también se presentan casos para actividades extractivas o ilícitas (Bai et al., 2008; Lanfredi et al., 2015; Naseer y Pandey, 2018).

En las dos últimas décadas, en Latinoamérica, se ha degradado más de 68 millones de ha de suelo por diferentes causas entre ellas, a la reducción de la precipitación y por actividad humana que mantienen al suelo sin cobertura vegetal, lo que permite una baja tasa de recuperación del suelo (Conde y Saldaña, 2007; ONU, 2022). El cultivo de coca es también un causante de la degradación del suelo, afectando a varios países de Latinoamérica debido a su reducida cobertura vegetal que genera (Ariza y Sierra, 2019; Ahumada, 2019).

Con la finalidad de cultivar la coca, los agricultores talan y queman el bosque, y hasta el 2020 la Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA) reportó más de 60 mil ha con cultivos de hoja de coca, donde más del 50% de la siembra se desarrolla en el Valle del Rio Ene y Mantaro (VRAEM), cuyos suelos se encuentra degradados o en proceso de degradación

(Villagaray, 2014; DEVIDA, 2020;). Esta degradación del suelo se intensifica por la sobreexplotación del suelo, después de varias cosechas necesita de los fertilizantes sintéticos (Gonzales, 2019). Si bien estos productos incrementan el rendimiento de la producción, los daños en el suelo se pueden manifestar con el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas (Gonzales, 2019; Ricse y Pinche, 2020), además su manejo es por monocultivo con baja cobertura vegetal (Villagaray, 2014).

Actualmente, el distrito de Pichari tiene como una de sus principales actividades económica el comercio de hoja de coca, que durante los últimos años se encuentra deteriorando la calidad del suelo, agua y la vida de comunidades indígenas (DEVIDA, 2021; MINAM, 2009).

El presente estudio tiene como objetivo mejorar la calidad de los suelos degradado por el cultivo de coca a través del empleo productos obtenidos de los residuos de la post cosecha del plátano (fibras de plátano y lixiviados).

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Degradación de suelos

Es el deterioro de la calidad y funcionalidad del suelo, siendo un problema global que afecta a suelos agrícolas y de conservación. Las principales características de un suelo degradado son una baja fertilidad, capacidad reducida de retención de agua, baja concentración de materia orgánica y deterioro de los ciclos biogeoquímicos, todo esto llevando a un déficit productivo (Coppiarolo et al., 2022).

Existen muchos factores que degradan el suelo, donde tenemos factores naturales como también antropogénicos. Los principales factores son la erosión, pérdida de materia orgánica, contaminación química, compactación y agricultura intensiva (Mata et al., 2021). Siendo la agricultura intensiva la forma más común de degradación, puesto que extrae todos los nutrientes del suelo sin dar la oportunidad de recuperarse (Moreno, 2022).

2.2. Monocultivo

Es un practica agrícola, pecuaria o forestal donde se cultiva un solo tipo de planta en extensiones amplias de suelo, teniendo poca a nula diversidad de especies (Huanca et al., 2020). Principalmente se implementan por razones económicas, que permiten tener una cosecha estándar y óptima. Este manejo de cultivo vuelve vulnerable a las plantas a plagas y enfermedades, además de facilitar la erosión del suelo, que disminuyen drásticamente la fertilidad y calidad del suelo a corto plazo (Lenin, 2022).

2.3. Planta de coca y su cultivo

Erythroxylum coca, es una planta originaria de Sudamérica, que principalmente se encuentra en los países como Perú, Bolivia y Colombia, siendo importante en la cultura andina, la medicina tradicional y usos ceremoniales, que se deben a sus propiedades medicinales y estimulantes (Zevallos y Casas, 2019). Tradicionalmente se mastica o “chaccha” la hoja para obtener efectos estimulantes que proporcionan mayor energía, reducir la fatiga, ayudar a aliviar el hambre y el mal de altura.

Se maneja en monocultivos, degradando de forma acelerada al suelo, puesto que se elimina la capa vegetativa para solo sembrar plántulas de coca, y también se usan de forma excesiva los agroquímicos para mantener su producción (Garland et al., 2023). Si bien la hoja de coca tiene gran importancia en algunos departamentos por su empleo tradicional y ceremonial. Actualmente su uso, cultivo y uso está siendo restringido, puesto que desde las últimas décadas también se usa para producir cocaína (Angulo, 2022; Peña y Gómez, 2022).

2.4. Recuperación de suelos amazónicos

Es el proceso “rejuvenecimiento” de suelos que fueron degradados por procesos naturales o actividades antropogénicas en la Amazonía. Las principales causas de degradación son deforestación, agricultura intensiva y minería (Moya, 2020).

Al recuperar y preservar los suelos, se promueve una integración ecológica e incremento de biodiversidad perdida. Así llegar a tener un ecosistema mejor estructurado con mejores beneficios ambientales, sociales y

económicos (Llamoja, 2014). Para el mejoramiento se aplican diferentes estrategias y actividades que buscan restaurar la estructura natural del suelo reponiendo nutrientes, aumentando la materia orgánica, y así poder mejorar las funciones ecosistémicas (Venegas y Vanegas, 2010). Estas estrategias buscan evitar su degradación en un corto plazo de haber sido recuperado (Orihuela, 2015).

2.5 Abonos orgánicos

Son producto de la descomposición de materiales vegetales y animales. Existen variedad de abonos orgánicos, se pueden encontrar en estado sólido o líquido, entre los abonos sólidos se encuentran el compost, estiércol, harinas de huesos o algas; y en abonos líquidos se tienen bioles y lixiviados, que principalmente aportan carbono y macroelementos importantes (nitrógeno, fósforo y potasio), además de oligoelementos (Getial, 2020; Mora et al., 2020).

Esto permite mejorar la calidad del suelo, ya que lo enriquecen por nutrientes presentes, presenta una descomposición lenta evita la pérdida de nutrientes, además mejora la estructura del suelo puesto que la adición de abonos permite una mejor aireación y crecimiento de raíces (Getial, 2020).

2.5.1 Abonos de residuos de cosecha de plátano

Se tienen principalmente dos tipos de fertilizantes (líquido y sólido), las soluciones líquidas son obtenidas por drenaje o lixiviación del plátano (Baldoquin, 2019). Los nutrientes son absorbidos de forma fácil por las plantas, también posee una gran carga microbiana, que ayuda a tener mejores prácticas sostenibles para recuperar o mejorar suelos agrícolas (Llallico et al., 2022).

El lixiviado contiene nutrientes como potasio, fósforo, calcio, entre otras (Tabla 1) que junto a los microorganismos benéficos que contiene ayudan a mantener su disponibilidad, apoyando y creando un crecimiento saludable de las plantas (Baldoquin, 2019).

Tabla 1. Nutrientes y concentraciones presentes en el lixiviado de raquis de plátano según Álvarez (2013)

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Na
Concentración	266.8	210.0	18125.0	47.0	30.1	174.7	0.9	4.2	1.1	0.3	0.6	28.7
	mg.L ⁻¹											

Las fibras de plátano tienen una gran importancia en producción de compostajes, presenta la capacidad de mejorar la estructura y la capacidad de retención hídrica del suelo, ciclo biogeoquímicos, fertilidad y fijación de carbono (Sepúlveda et al., 2023), incrementando la porosidad del suelo, creando bolsas de aire y canales en el suelo mejorando la captación de agua, el drenaje y evitar la compactación del suelo y su posterior descomposición aporta nutrientes y materia orgánica al suelo (Castro, 2019). Además, se caracteriza por ser de descomposición lenta y contener macro nutrientes como potasio y fósforo, que son proporcionados al suelo de forma gradual y así evitando la pérdida de nutrientes (Pierre, 2021).

2.6. Parámetros físicos del suelo.

2.6.1. Textura

Está compuesta por partículas minerales arena, limo y arcilla de un suelo, que se clasifica por acuerdo a su composición (uno o más tipos de partículas minerales) y las proporciones en las que se encuentran. Donde las

partículas de arena son las más grandes, seguidas de las partículas de limo y finalmente las partículas de arcilla que son las más finas y pequeñas.

Teniendo a los suelos arcillosos con una mayor capacidad de retención hídrica, por otro lado, en los suelos arenosos el agua se infiltra rápido (Fierro y Maldonado, 2023). Así mismo, un suelo arcilloso retiene y mantiene la disponibilidad de nutrientes por más tiempo, pero un suelo arenoso permite una fácil penetración de raíces, es decir, el tipo de textura de suelo influye en la calidad del suelo y la salud de las plantas (Pinos, 2022).

2.6.2. Densidad aparente

Es la masa de un suelo seco que ocupa un determinado volumen, donde se incluyen las partículas sólidas y la porosidad del suelo. Mientras la densidad aparente sea más alta, significa que es un suelo más compacto y que carece de poros; a diferencia de una densidad aparente baja que se relaciona con un suelo con más espacios porosos y más suelto. Se considera un parámetro importante puesto que influye en saber si el suelo sufre de compactación; o tiene alto o bajo nivel de porosidad. Que nos conlleva a comprender mejor la salud del suelo y las plantas (Quijano, et al., 2021).

Una densidad aparente baja, refleja a un suelo con estructuras óptimas y espacios porosos que permiten el transporte y depósito de aire, agua, nutrientes y un crecimiento óptimo de raíces. Mientras una densidad aparente alta, restringe el movimiento y almacenamiento de aire, agua y nutrientes, que tiene como consecuencia menor disponibilidad de oxígeno, estrés hídrico por pérdida de agua y nutrientes por escorrentías, y menor crecimiento radicular de las plantas (Rasche, et al., 2020).

2.6.3. Porosidad

Es el volumen ausente de sólidos en el suelo, es decir, los espacios vacíos entre las partículas de suelo (arena, limo, arcilla o combinación de estas), que se pueden llenar con agua o aire. Es importante en el almacenamiento de aire, agua y nutrientes como también su desplazamiento en el suelo (Shaxson y Barber, 2008).

Una alta porosidad ayuda a reducir la escorrentía superficial infiltrando el agua, evitando la erosión y posibles encharcamientos de agua, además de contribuir a la aeración del suelo previniendo la compactación del suelo y posibles condiciones anaeróbica, mejorando la disponibilidad y absorción de nutrientes (González et al, 2011). Siendo también, un indicador de salud del suelo, puesto un suelo poroso sustenta a una mejor expansión de raíces, generando un próspero crecimiento de raíces y plantas (Frasier et al. 2020; Enríquez y Cremona, 2019). La caracterización del suelo respecto a su porosidad se encuentra en (Anexo 2)

2.6.4. Humedad

Al analizar el porcentaje de humedad, se determina la cantidad de agua presente en el suelo, donde obtener valores medios de porcentaje de humedad son importantes para una buena salud de las plantas. Este porcentaje de humedad es dependiente de factores como la densidad aparente, textura, etc. (Henderson, 1996).

Una humedad óptima beneficia al crecimiento de las plantas, además de habilitar y mejorar la absorción de los nutrientes (López, 2020). Mientras que una humedad baja o alta (déficit o exceso de agua), genera estrés y daños a las

plantas. Por ende, es necesario mantener niveles medios y óptimos de humedad para tener un suelo saludable (Reichle et al., 2019). La valoración del suelo respecto a su porcentaje de humedad se encuentra en (Anexo 2).

2.6.5 Capacidad de Campo

Se enfoca en explicar la capacidad que tiene un suelo en retener agua después de que se haya drenado el exceso. Esto impacta en el crecimiento de las plantas y posteriormente su productividad, porque se podrá deducir si el suelo es capaz de mantener al crecimiento de las plantas en temporadas de escasas hídrica (Gardner, 1960).

Comprender la CC ayuda a prevenir un riego excesivo o insuficiente, que afectarían a los cultivos, así optimizar el uso del agua y obtener un crecimiento saludable de las plantas (Gardner y Gardner, 1983). La valoración del suelo respecto a su capacidad de campo se encuentra en (Anexo 2)

2.7. Parámetros químicos del suelo

2.7.1. Potencial de hidrógeno

Indica la $[H]^+$ en el suelo, que se cuantifica en una escala del 0 al 14, los valores de pH influyen en la disponibilidad de nutrientes, crecimiento de las plantas y actividad microbiana (Naz et al., 2022).

En un pH menor a 5.0 se tiene una severa toxicidad por aluminio (Al) además de una alta probabilidad de deficiencia de P, S y bases intercambiables. Entre 5,0 y 6,0 hay una toxicidad leve Al, y una mayor disponibilidad de P, S, y las bases cambiantes. De 6.0 a 6.5 se considera que el suelo tiene las condiciones óptimas para la mayor disponibilidad de nutrientes. Entre 6.5 a 7.3 se tienen altos niveles de Ca y Mg, además de ligeras deficiencias de

micronutrientes y P. Del 7.4 a 8.0 se tendrán baja disponibilidad nutrientes, y el Na será un problema. Finalmente, en pH mayores a 8.0 el Na presente en el suelo será tóxico para las plantas (Osorio, 2012).

2.7.2. Conductividad eléctrica

Ayuda a determinar la buena salud de las plantas, y hace referencia a la capacidad de conducir la corriente eléctrica, debido a la concentración de sales disueltas siendo influenciado por la MO, temperatura, humedad y la textura del suelo (Corwin y Yemoto, 2020).

Bajos valores de la CE en el suelo, ayudan a una mejor absorción de micronutrientes, principalmente de Fe, Cu y Zn (Saiman et al., 2022). Y, los valores altos de CE pueden causar estrés osmótico, toxicidad iónica y daño oxidativo (Hafez, 2021).

2.7.3. Capacidad de intercambio catiónico

Es influyente en la fertilidad y se define como la capacidad para retener e intercambiar cationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), también está relacionado con la cantidad y el tipo de mineral arcilloso, MO, óxidos de hierro y aluminio presente en el suelo. Un suelo con alta CIC podrá de retener más nutrientes, y así reducir su pérdida por lixiviación (Pulido, 2014).

Un suelo con una baja CIC, no puede captar los nutrientes de manera eficiente, lo que significa pérdida por lixiviación o escorrentía. Volviéndose suelos cada vez más ácidos, ya que los cationes son indispensables para neutralizar la acidez del suelo (Stubhaug, 2022).

2.7.4. Materia orgánica

Ayuda en la mejora de la estructura del suelo, capacidad de retención de agua y nutrientes, y brinda nutrientes a los microorganismos benéficos (Li et al., 2023). Su alto contenido de nutrientes es liberado por actividades de microorganismos y macroorganismos que ayudan en el proceso de descomposición (Sahu et al., 2019),

Principalmente está compuesta por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre (Cabrera, 2009). Además, de contener otros micro elementos como magnesio, calcio, etc. La MO puede evolucionar por el contacto con los microorganismos y macroorganismos en los procesos de mineralización y humificación (Julca et al., 2006). La humificación es un proceso clave donde los compuestos orgánicos se descomponen en humus, humina, ácido húmico y ácido fúlvico, compuestos que son importantes en la fertilidad y estructura del suelo, que son impulsados por la variedad organismos del suelo (Bao, 2022).

Por otro lado, la mineralización es el proceso donde la MO se convierte en formas inorgánicas, de nutrientes esenciales que son necesarios para los procesos metabólicos de las plantas y organismos (Barattini y Hepp, 2019).

2.7.5. Nitrógeno

Es un elemento clave para la salud del suelo, jugando un papel vital en el crecimiento y desarrollo de las plantas, su disponibilidad puede fluctuar respecto al tipo de suelo, MO, condiciones climáticas y microorganismos. Donde cierto grupo microbiano denominado Rhizobium quienes fijan nitrógeno como fertilizante natural (Li et al., 2019). Un exceso de nitrógeno por el uso excesivo

de fertilizantes sintéticos puede generar problemas en la salud del suelo, como la acidificación del suelo y en agua genera procesos eutrofización (Feng, 2018).

2.7.6. Fósforo

Es esencial para el desarrollo de las plantas, y su carencia afecta en el rendimiento de los cultivos. Esto se debe a que la disponibilidad en el suelo es limitada por su baja solubilidad y alta fijación por los minerales en el suelo (Billah, 2019). Los microorganismos juegan un rol importante en la disponibilidad del fósforo, puesto que mejoran su disponibilidad ya que es parte de su proceso metabólico (Gyaneshwar et al., 2019).

2.7.7. Potasio

Considerado un macronutriente esencial para el crecimiento que puede mejorar la resistencia de las plantas al estrés biótico y abiótico, como la sequía, la salinidad y las plagas. (Munsif et al., 2022; Sadeghian y Arias, 2018). Su disponibilidad está influenciada por el tipo de suelo, microbiota, el pH y el contenido de MO (Zao et al., 2019).

2.8. Parámetros biológicos del suelo

2.8.1. Microorganismos

Las bacterias, son cruciales porque mantienen la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas cumpliendo un rol indispensable en el ciclo de nutrientes (Singh et al., 2011). Y, mantienen la estructura y la estabilidad del suelo, degradando la MO presente en el suelo e incorporándolo al suelo (Jansson & Hofmockel, 2020). De esa manera, juegan un papel importante en el ciclo del carbono, nitrógeno y otros nutrientes en el suelo (Alkharabsheh et al., 2021). Donde un suelo con presencia de bacterias estimula al crecimiento de las

plantas, ya que pueden producir hormonas que aceleran el crecimiento de plantas y así mantener un ecosistema saludable (Vos et al., 2013).

Por otro lado, los hongos también son microorganismos esenciales en un ecosistema, puesto que son otros descomponedores de MO, facilitando los nutrientes (Frąc et al., 2018). Jugando un papel crucial en la degradación los restos de plantas y animales, transformando compuestos orgánicos completos en simples y de fácil absorción (Liu et al., 2020; Frąc et al., 2018). Y al ayudar en la fijación de carbono, limitan a la actividad microbiana así reduciendo la emisión de carbono a la atmosfera, manteniendo un humus estable (Liu et al., 2020).

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta de los residuos de plátano en la mejora de suelos degradados por la siembra de coca en el distrito Pichari, provincia La Convención, Cusco.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los parámetros físicos y químicos donde se empleó el lixiviado obtenido a partir de los residuos de la post cosecha de plátano.
- Evaluar el impacto del lixiviado sobre los microorganismos presentes en el suelo.
- Identificar la mejoría de la retención hídrica por el uso de fibras de plátano.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Áreas de estudio

El área donde se procesó los residuos pertenece al centro poblado de Selva de Oro (12°02'09" S, 74°01'53" O) en el distrito de Río Tambo, departamento de Junín (Figura 1). La zona, se encuentra a 440 m.s.n.m; la región se caracteriza por tener cultivos como el plátano. La región cuenta con un clima tropical con una temperatura promedio de 20,7 °C, teniendo al mes de julio como el más frío. La precipitación media anual es de 2446 mm, siendo enero el mes con la precipitación promedio máxima de 341 mm, y julio la mínima con 105 mm (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2022).

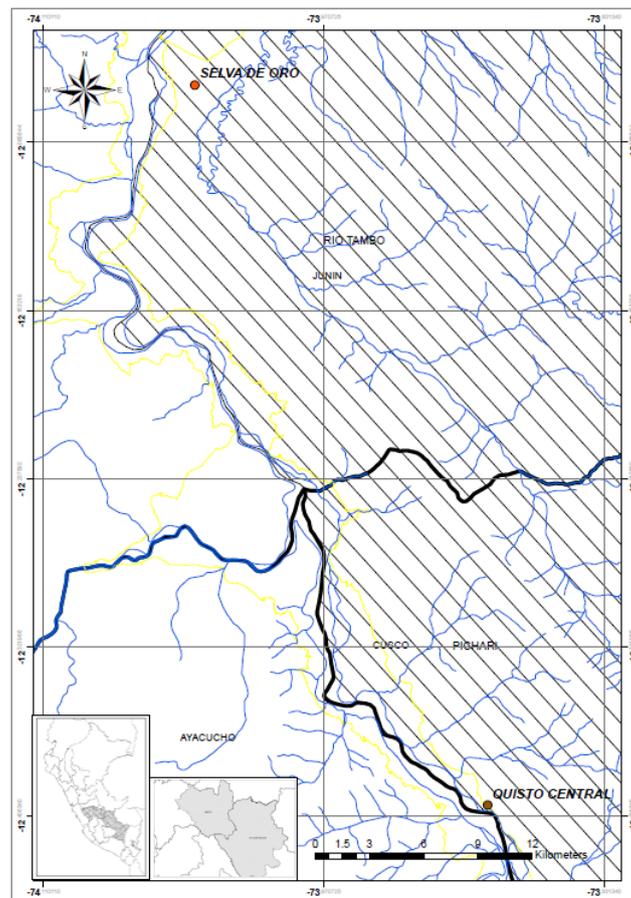


Figura 1. Mapa de ubicación de los centros poblados donde se extrajo y se aplicó los productos, pertenecientes a los distritos de Río Tambo y Pichari respectivamente, mapa de los distritos y de los departamentos colindante.

El experimento se realizó en el distrito menor de Quisto Central, del distrito de Pichari, en el departamento de Cusco. El distrito menor tiene una temperatura promedio de 26 °C, teniendo al mes de febrero con una precipitación promedio máxima de 88 mm y en julio con una precipitación mínima de 4 mm (SENAMHI, 2022).

4.2. Diseño experimental

4.2.1. Diseño para producción de lixiviado y fibras

Se colectó los pseudotallos y raquis del plátano, ambos se trocearon y se trituraron con un trapiche, así se obtuvo el líquido que fue almacenado en recipientes de plástico durante 30 días, a temperatura ambiente.

Los sólidos residuales después de la obtención del lixiviado, se procedieron a reducir y secar en una loza hasta obtener fibras que sean capaces de retener agua, el secado fue durante 30 días (Figura 2).

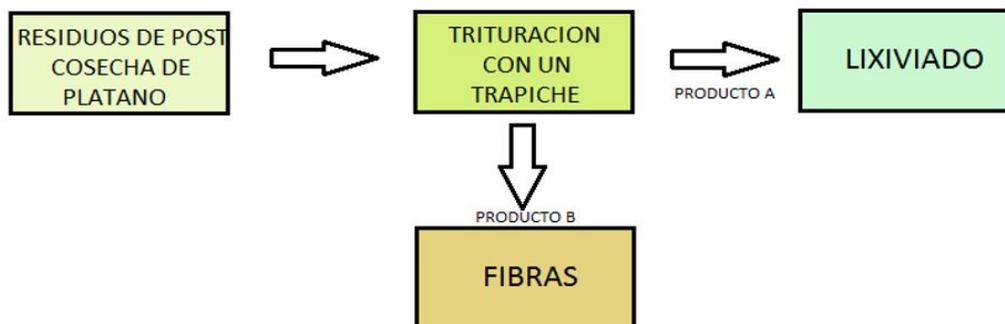


Figura 2. Flujograma del diseño de extracción de los productos generados por los residuos de la post cosecha de plátano.

4.2.2. Diseño para aplicación de lixiviado y fibras

Para el lixiviado se realizó mediante el uso de bloques de 4x3 en dos tiempos, un antes y un después de realizar los distintos tratamientos (0, 1, 2 y 4

L.m⁻²). Se empleo 1 m² por tratamiento y con tres repeticiones. Durante un periodo de 12 semanas (Figura 3).

Para las fibras se realizó mediando el uso de bloques de 4x3 en dos tiempos, un antes y un después de realizar los distintos tratamientos (0, 1, 2, 4 Kg.m⁻²) con tres repeticiones. Se usó 3 m² por tratamiento con un total de 12 m². Durante un periodo de 12 semanas (Figura 3).

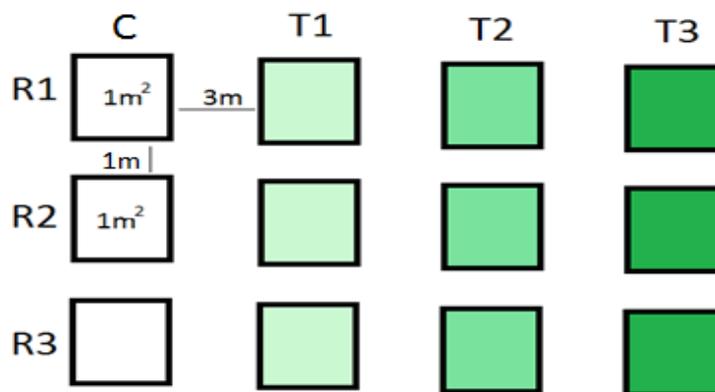


Figura 3. Diseño de la aplicación de los tratamientos.

4.3. Metodología de Análisis

4.3.1. Metodología en campo

a. Recolección de suelo

Antes de realizar las aplicaciones de los residuos de post cosecha de plátano, se colecto cinco muestras de 1 Kg de suelo por repetición donde se excavó 30 cm para extraerlo. Después se procedió a homogenizar para obtener y separar 2 Kg de suelo en 2 bolsas de 1 Kg cada uno. La primera bolsa se rotuló y se remitió al laboratorio “AGROLAB donde se evaluaron la textura, pH, CE, CIC, MO, N, P y K (Anexo 6). La otra bolsa se rotuló y se llevó a la Universidad Científica del Sur donde se realizaron los análisis de DA, porosidad y humedad.

Se realizó el mismo procedimiento para la capacidad de campo donde solo se usó 1Kg.

b. Muestreo de Microorganismos

Para el muestro de microorganismos, se realizó a través del conteo de las unidades formadoras de colonias, con el uso de los agares (Sabouraud Dextrose Agar y Soyabean Casein Digest Agar). El primer tipo agar se utilizó para determinar y cuantificar hongos; y el segundo sirvió para determinar la presencia de bacterias. Donde se tomó 1 g de suelo y diluyó en 10 mL de agua destilada, luego tomó 1 ml y se diluyo en 9 ml, finalmente se usó 1 mL en un agar con el uso de un hisopo estéril y esperar hasta que broten las colonias, durante una semana entre 35 a 37°C.

4.3.2. Metodología en laboratorio

a. Densidad aparente

Para este análisis se tomó una muestra solida (terrón) de 50 g que fue llevado a una estufa por dos días, después fue cubierto con parafina y vuelta a pesar. Finalmente, se colocó en una probeta para determinar su volumen, cuál sería el volumen final restado el volumen de agua añadida y así poder determinar la densidad aparente del suelo aplicando la fórmula:

$$DA = \frac{PS}{VolDes}$$

Donde:

DA = Densidad Aparente del suelo (g.cm⁻³)

PS = Peso seco del suelo después de ingresar a la estufa (g)

VolDes = Volumen final (cm³)

b. Porosidad

Conociendo la densidad aparente, se aplicó la fórmula para poder determinar la porosidad del suelo.

$$\%P = \frac{DR - DA}{DR} \times 100\%$$

Donde:

%P = Porcentaje de porosidad del suelo

DR = Densidad Real del suelo (g.cm^{-3})

DA = Densidad Aparente del suelo (g.cm^{-3})

c. Humedad

Conociendo los valores de la masa del suelo, en un antes y después de haber sido secado, se aplicó la fórmula la siguiente formula.

$$DA = \frac{PH - PS}{PS} \times 100\%$$

Donde:

DA = Densidad Aparente del suelo (g.cm^{-3})

PS = Peso seco del suelo después de ingresar a la estufa (g)

PH = Peso del suelo al aire, antes de ingresar a la estufa (g)

d. Capacidad de campo

Se tuvo muestras de suelo, se procedió a colocar suelo en maceteros con orificios en la parte inferior, después poder pesarlos para determinar el peso inicial. Se añadió agua hasta sobre saturar el suelo, luego se tapó para evitar pérdidas por evapotranspiración, por la parte inferior para permitir el flujo del agua durante un día completo, para luego volver a pesar y medir el agua retenido

$$CdC = \frac{PeH - PeS}{PeS} \times 100\%$$

Donde:

CdC = Capacidad de Campo del suelo

PeS = Peso seco del suelo al aire libre (g)

PeH = Peso del suelo húmedo, después de haber sido sobresaturado (g)

e. Microorganismos

Para clasificar los microorganismos recolectado en campo, se realizaron dos tipos de análisis, el primer análisis fue de tinción gram para las bacterias, y el segundo análisis fue de azul de lactofenol para los hongos presentes.

4.4. Análisis estadísticos

Se empleó un diseño estadístico completo al azar (para las muestras de con lixiviado y fibras). Así, poder comparar entre todos los grupos (control y tratamientos) y sus respectivas variables (parámetros), para esta investigación de índole experimental se utilizó el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, esta prueba tiene como finalidad cotejar y así determinar el nivel significancia en base a la media de los cuatro grupos analizados, y finalizar con la aplicación de la prueba de HSD Tukey y así determinar el tratamiento más representativo.

V. RESULTADOS

5.1. Tratamiento con lixiviado

5.1.1. Parámetros Físicos

Al iniciar el proyecto, las muestras presentaban una DA mayor a 1.400 g.cm^{-3} donde la prueba de ANOVA para valores iniciales, no se presentó diferencia significativa ($p=0.697$).

Por otro lado, al culminar las 12 semanas, los tratamientos tuvieron una DA menor a 1.400 g.cm^{-3} , si presentó diferencia significativa ($p=0.003$), siendo el tratamiento 2 quien presenta el menor promedio con 1.383 g.cm^{-3} .

Finalmente, al comparar los valores iniciales y finales, se encontró que todos los tratamientos se diferencian entre si (Anexo 3). Teniendo a T2 como el tratamiento con la menor densidad en promedio, teniendo como valor final de 1.383 g.cm^{-3} (figura 4), teniendo una densidad más apta para la buena salud de las plantas.

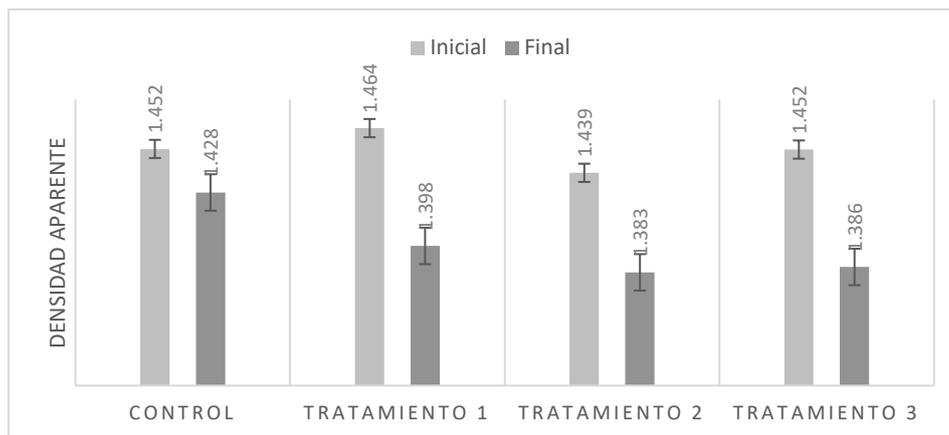


Figura 4. Densidad aparente (g.cm^{-3}) antes y al culminar el tratamiento.

Al analizar los valores de porosidad, a las muestras de suelo antes de iniciar el tratamiento en promedio son menor al 45.70%, y al realizar la prueba de ANOVA, no se apreció diferencia significativa ($p=0.696$),

Por otro lado, al culminar las 12 semanas de tratamiento, se aprecia que todos los tratamientos (T1, T2 y T3), tuvieron una porosidad mayor a 47.24% presentando una diferencia significativa de ($p=0.003$), donde todos tratamientos se diferencian del control.

Por otro lado, todos los tratamientos también tuvieron una diferencia muy significativa al comparar los resultados iniciales y finales ($p\leq 0.001$), mostrando un incremento del %Porosidad, siendo T2 el tratamiento con el mayor promedio con el porcentaje de 47.797 % (Figura 5), si bien se dio este incremento, los suelos se siguen siendo categorizados con “Porosidad Media”.

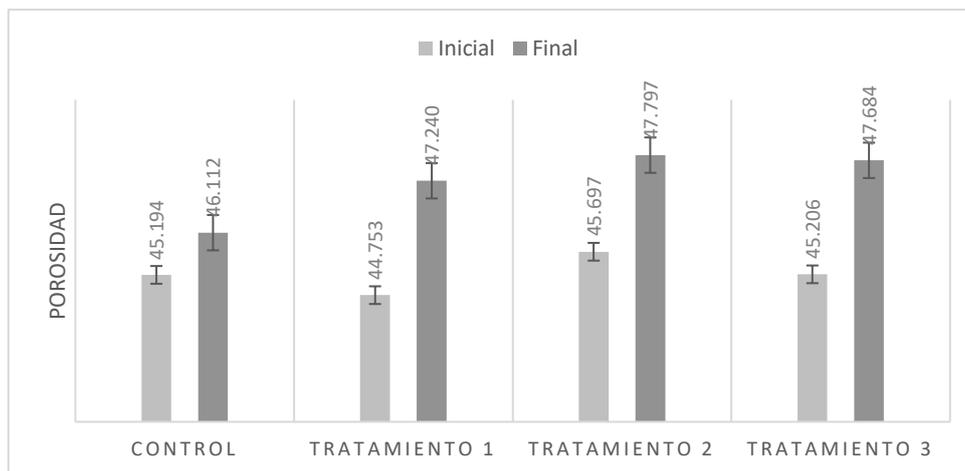


Figura 5. Porosidad (%) antes y al culminar el tratamiento.

Al analizar las muestras de suelo antes de iniciar los tratamientos, en promedio se tenía un %Humedad menor a 8.54%, y al realizar el análisis de ANOVA, no se apreció significancia ($p=0.430$).

Similar al análisis de ANOVA a los valores finales al proyecto donde tampoco hubo diferencia significativa ($p=0.596$), en general se observa un incremento del % Humedad en el control y todos los tratamientos, siendo valores mayores a 10.54%.

Si comparamos los tratamientos en un antes y después, todos los tratamientos tuvieron un incremento con una diferencia significativa de ($p \leq 0.001$), siendo T1 en promedio tuvo el mayor porcentaje con 11.60%.

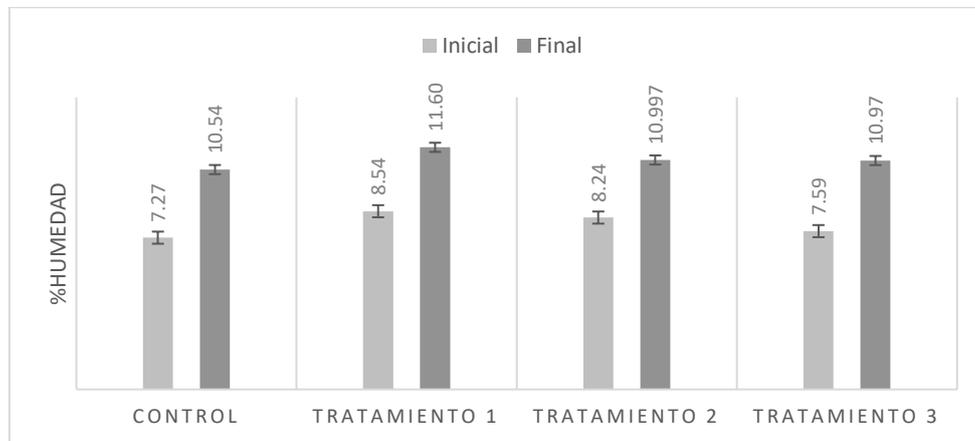


Figura 6. Humedad (%) antes y al culminar el tratamiento.

5.1.2. Parámetro Químicos

El pH de las muestras al iniciar el proyecto en promedio tuvieron valores menores a 3.78 (suelos extremadamente ácidos), y al realizar el ANOVA no se apreció diferencia significativa ($p=0.167$).

Por otro lado, al culminar las 12 semanas si se aprecia se aprecia incrementos de pH en T1 (4.94) y T2 (4.69) además de un incremento significativo en T3 (6.12), teniendo a T1 y T2 como suelos fuertemente ácidos y T3 como un suelo levemente ácido, al comparar los valores se presencié diferencia significativa ($p < 0.001$).

Si se compara los valores de pH de los tratamientos en un antes y después existe diferencia muy significativa ($p < 0.000.1$). Donde, la dosis en T3 tuvo la capacidad de elevar un pH del suelo desde un suelo extremadamente ácido a uno levemente ácido, con estos valores del último tratamiento, se puede

decir que es un suelo que tiene los valores aptos del “pH” para albergar gran variedad de plantas.

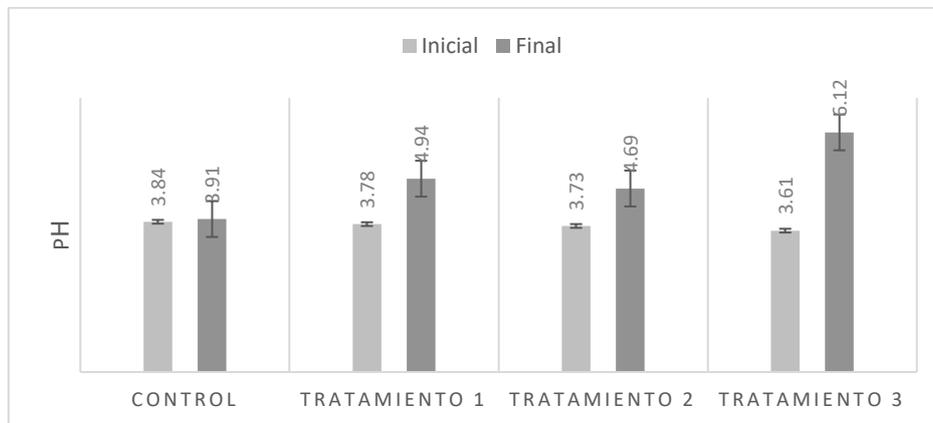


Figura 7. pH del suelo, antes y al culminar el tratamiento

La CE del suelo inicial, en promedio fue menor a 0.12 dS.m^{-1} , donde los valores en general oscilaban entre 0.11 y 0.12 dS.m^{-1} donde no se aprecia diferencia significativa ($p=0.219$) estando en la categoría de suelos no salinos.

Por otro lado, al culminar los tratamientos vemos que todos los promedios de CE si difieren mucho entre tratamiento y control, donde C presentó una conductividad eléctrica promedio 0.14 dS.m^{-1} , y T3 presentó de 0.39 dS.m^{-1} siendo este el más alto.

Si vemos el cambio de la CE en el tiempo, también se observa que todos los tratamientos varían a su valor inicial con una diferencia significativa de ($p<0.001$) (Anexo 3). Si bien se aprecian incrementos sustanciales en los valores que en el caso de T3 llegó a ser más del triple a su valor inicial, nos damos cuenta que aún se sigue manteniendo en suelos no salinos ($<1 \text{ dS.m}^{-1}$) (Figura 8). Por ende, no este parámetro no influirá negativamente en la mejoría del suelo estudiado.

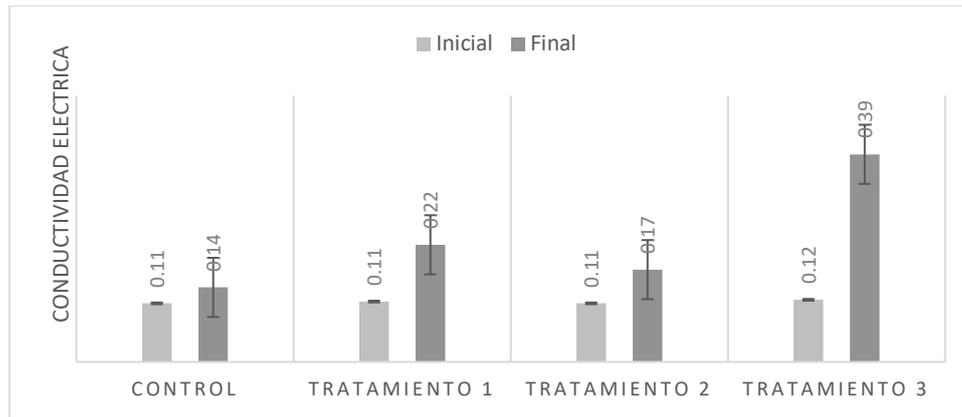


Figura 8. CE del suelo (dS.m-1), antes y al culminar el tratamiento.

El CIC del suelo inicial, en promedio fue menor a $11.01 \text{ cmol.kg}^{-1}$, donde los valores en general oscilaban entre 10.18 y $11.01 \text{ cmol.kg}^{-1}$, no se presenta diferencia significativa ($p=0.052$), donde todas las muestras se encuentran en la categoría de suelos pobres.

Por otro lado, al culminar los tratamientos vemos que todos los promedios de CIC tuvieron un ligero incremento mas no sustancial puesto que siguen manteniéndose en suelos pobres (Anexo 2). Por ende, si bien hubo incremento en el CIC no se aprecia mejora.

Si comparamos los resultados a través del tiempo, si bien hay presencia de mejoras, no son de carácter significativo puesto que en un antes y después se sigue encontrando en la categoría de suelos pobres.

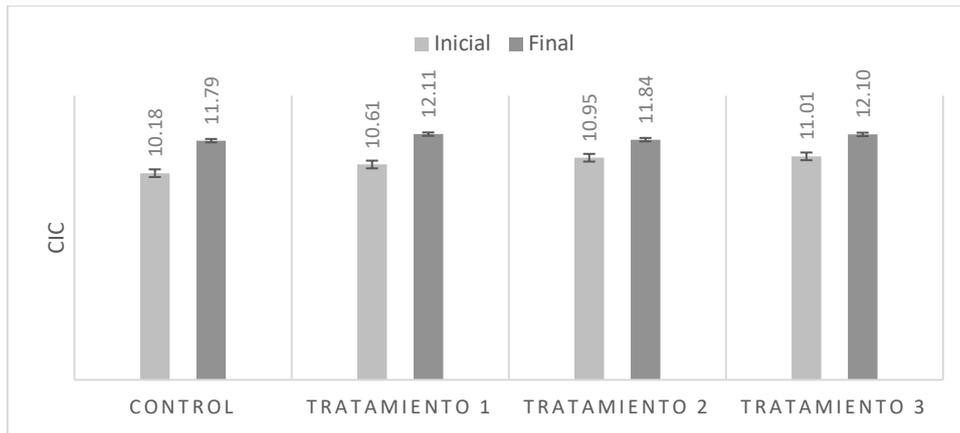


Figura 9. Mediciones de CIC (cmol.kg⁻¹) en un antes y después de aplicar el tratamiento.

Para el catión calcio también se observa incrementos en la al culminar el tratamiento, puesto que inicialmente en promedio fue menor a 1.33 cmol.kg⁻¹, donde los valores en general oscilaban entre 1.33 y 1.10 cmol.kg⁻¹, no se presenta diferencia signitcativa (p=0.212), que al culminar el proyecto como máximo llegaron a 1.64 cmol.kg⁻¹.

Por otro lado, el análisis comparando valores iniciales y finales, se observa que hay diferencia y se encuentra en C, T1 y T2 (Anexo 3). Donde las muestras finales tuvieron una mayor concentración de Ca⁺², teniendo un promedio final de 1.61 cmol.kg⁻¹ y antes de iniciar el tratamiento de 1.19 cmol.kg⁻¹.

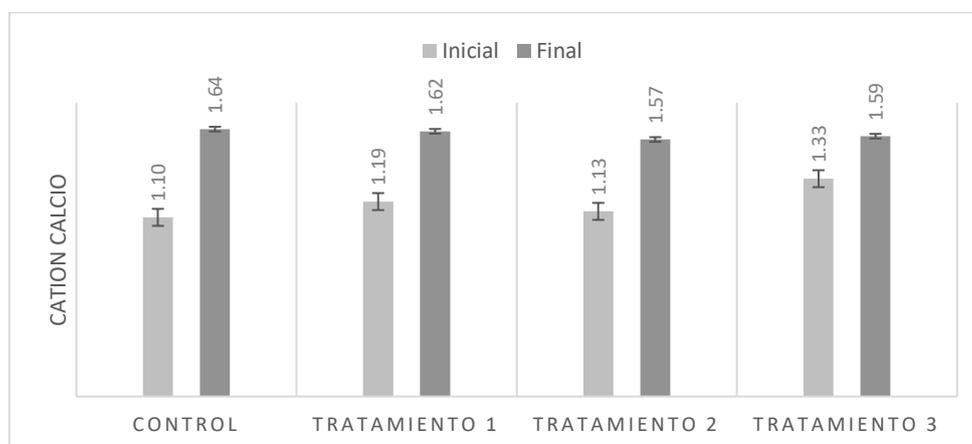


Figura 10. Mediciones de Catión Ca²⁺ (cmol.kg⁻¹) en un antes y después de aplicar el tratamiento.

Para el catión potasio también se observa incrementos en la al culminar el tratamiento, puesto que inicialmente en promedio fue menor a $0.16 \text{ cmol.kg}^{-1}$, donde los valores en general oscilaban entre 0.16 y $0.11 \text{ cmol.kg}^{-1}$,

Al realizar el análisis a los valores finales, teniendo la diferencia significativa de ($p < 0.001$), donde el control y los tratamientos tuvieron diferencia entre sí.

Al comparar los valores antes y después de aplicar el lixiviado, se observó que todos los tratamientos tuvieron diferencia (Anexo 3). Donde, T3 final obtuvo el mayor valor de cationes de potasio con $0.48 \text{ cmol.kg}^{-1}$.

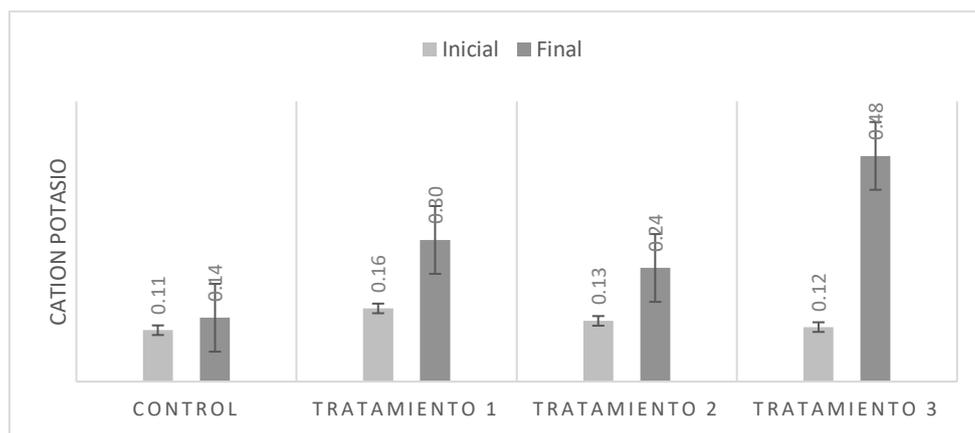


Figura 11. Mediciones de Catión K⁺ (cmol.kg⁻¹) en un antes y después de aplicar el tratamiento.

Para el catión magnesio también se observa incrementos en la al culminar el tratamiento, puesto que inicialmente en promedio fue menor a $0.39 \text{ cmol.kg}^{-1}$, donde los valores en general oscilaban entre 0.39 y $0.33 \text{ cmol.kg}^{-1}$.

Al realizar el análisis a los valores finales, se tuvo una diferencia significativa de ($p = 0.022$), donde la diferencia se encontró entre C y T3, presentando en promedio un valor de $0.57 \text{ cmol.kg}^{-1}$.

Al comparar los valores antes y después de aplicar el lixiviado, se observó que todos los tratamientos tuvieron diferencia (Anexo 3). Donde, T3 final obtuvo el mayor valor de cationes de potasio con $0.57 \text{ cmol.kg}^{-1}$.

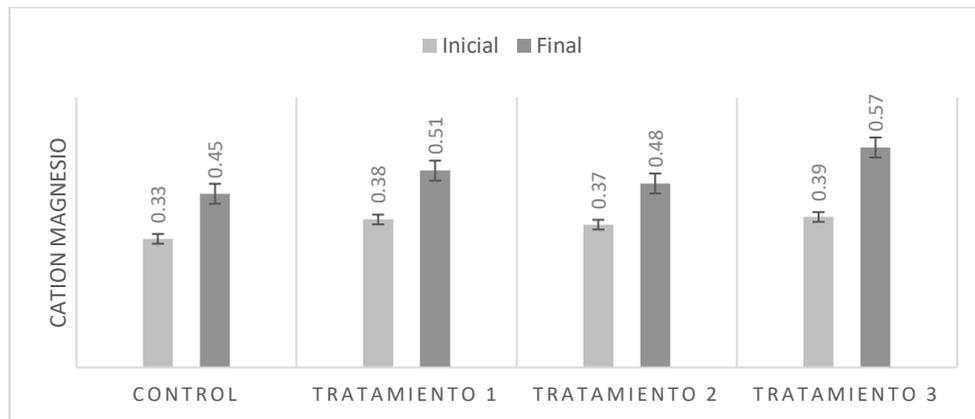


Figura 12. Mediciones de Cation Mg²⁺ (cmol.kg⁻¹) en un antes y después de aplicar el tratamiento.

La materia orgánica presente en el suelo al iniciar el tratamiento, en promedio de los tratamientos oscilaban entre 1.25% y 1.54% ($p=0.465$), teniendo a T2 con el promedio más bajo y a T3 con el promedio más alto, donde para un suelo franco-arenoso, los valores son normales.

Al analizar los valores al culminar las 12 semanas, los nuevos valores se encontraban entre 2.03% y 2.12% (alta materia orgánica), y al analizar tampoco hay diferencia significativa entre los tratamientos obteniendo ($p=0.659$).

Por otro lado, al analizar los valores en un antes y después del tratamiento se observa que los valores de la MO pasaron de “normal” a “alta”, es decir, tenemos todos los tratamientos con un incremento de MO. Siendo esto algo muy importante y beneficioso para la mejoría de los parámetros del suelo (Figura 13).

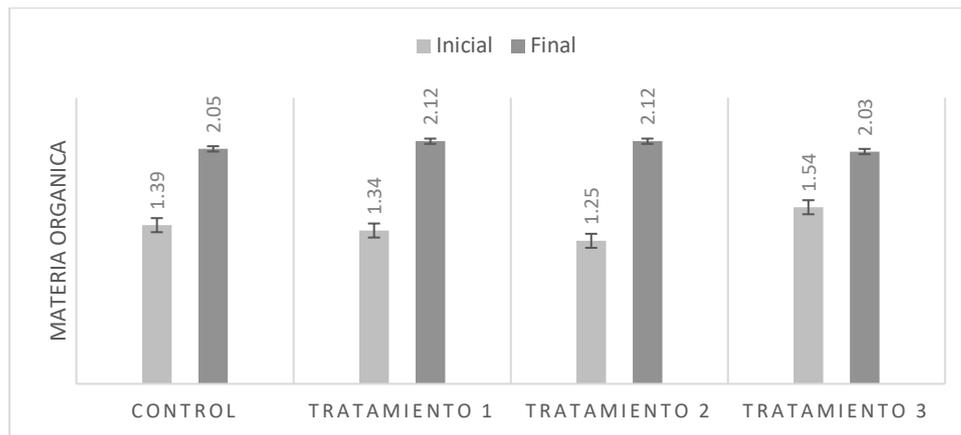


Figura 13. Mediciones de Materia Orgánica (%) en un antes y después de aplicar el tratamiento

Al analizar

realizar el análisis de ANOVA entre tratamientos de nitrógeno, para valores iniciales, se obtuvo una significancia de ($p=0.258$), encontrando suelos con promedio menores a 0.07%, considerado s suelos medianamente pobres.

Por otro lado, al analizar los valores finales, tampoco se apreció diferencia significativa ($p=0.627$) (Anexo 3), pero los nuevos valores en promedio son mayores a 0.10%, siendo suelos medios.

Por otro lado, al comparar los valores iniciales y finales, se observó que el control y los tratamientos que presentaron mejorías. Donde se observa que en promedio los valores finales son mayores a 0.10% (suelos medios), a diferencia de los valores iniciales ($\geq 0.07\%$) que son suelos medianamente pobres, presentando mejora significativa.

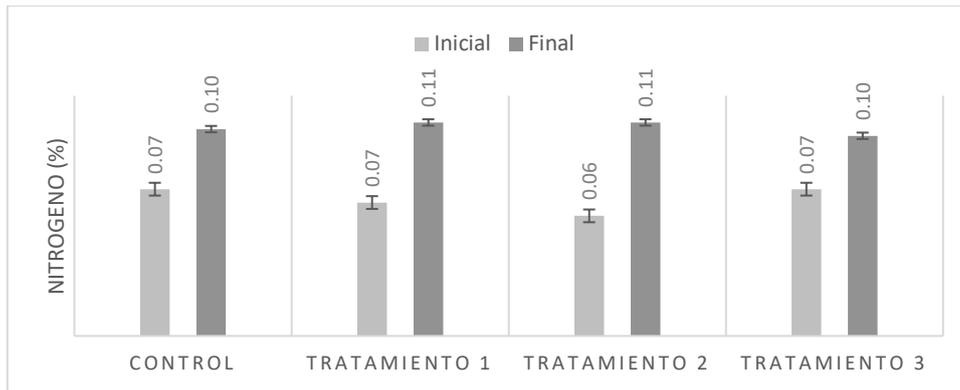


Figura 14. Nitrógeno (%) en un antes y después de aplicar el tratamiento

La presencia de fósforo en el suelo al iniciar el tratamiento en promedio se encontraban entre 13.09 (C) y 14.84 ppm (T3), donde todas las muestras para su clase textural se encuentran en “Normal” (Anexo 2).

Al culminar las 12 semanas de tratamiento, las medias de los tratamientos se encuentran entre 18.06 (C) y 28.21 (T3) ppm, teniendo al control como “Normal” y los demás como “Altos” en ppm de fósforo (Anexo 2).

Por otro lado, al comparar los valores iniciales y finales, se observa que en todos los tratamientos los valores son altos. Este paso de “Normal” hacia “Alto” al culminar las 12 semanas nos muestra que es considerable el aumento de fósforo en los tratamientos, siendo T3 es el tratamiento con mayor promedio considerándose un suelo rico en fósforo, con una diferencia significativa de ($p < 0.001$) (Anexo 3).

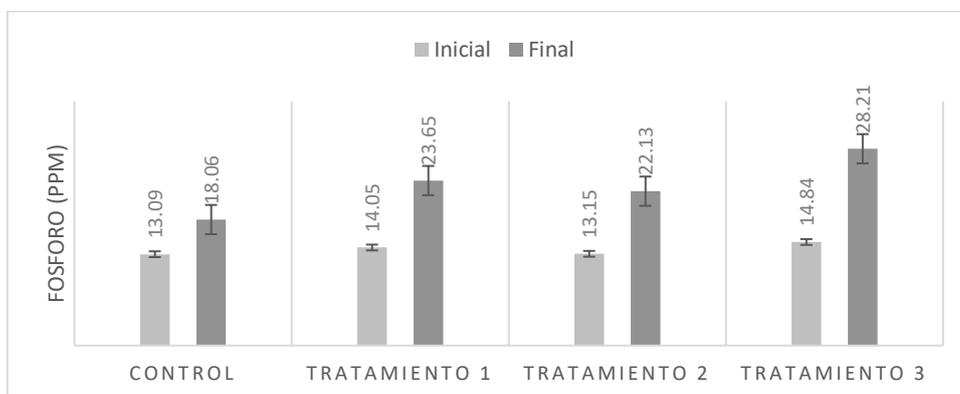


Figura 15. Fósforo (ppm) en un antes y después de aplicar el tratamiento.

El potasio presente en el suelo al iniciar el tratamiento, en promedio de los tratamientos de las muestras oscilaban entre 64.33 ppm y 70.00 ppm ($p=0.697$), donde se aprecia que para la textura del suelo (franco-arenoso) los valores de potasio nos muestran que esta pobre en este nutriente.

Por otro lado, al culminar los tratamientos con el lixiviado se observa que, el control se sigue manteniendo en “bajo”, mientras T1 y T2 llegaron a ser suelos “normales” y T3 llegó a ser un suelo “alto”, si bien en todas las muestras finales tenemos un incremento, T3 fue el más sobresaliente.

Y al comparar los valores entre iniciales y finales, se observa mejoras significativas en los tratamientos, principalmente en T3 donde en promedio se pasó de 70.00 a 218.33 ppm, siendo este resultado muy importante y beneficioso para la mejoría de los parámetros del suelo (Figura 16).

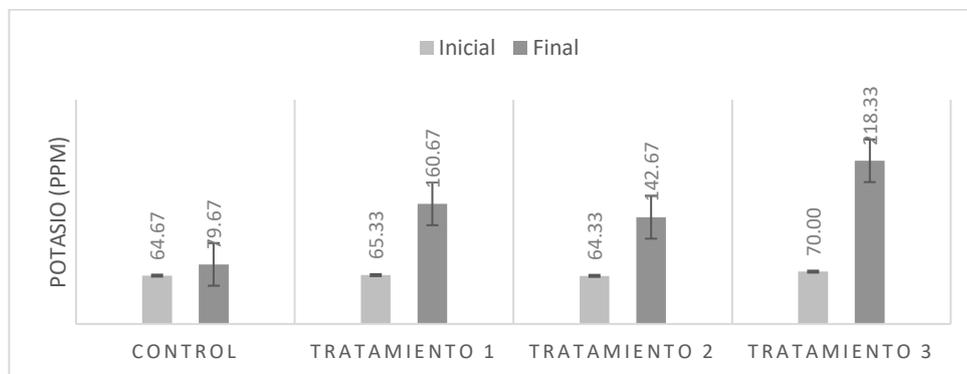


Figura 16. Potasio (ppm) en un antes y después de aplicar el tratamiento

5.1.3. Parámetros biológicos

Al obtener las muestras iniciales de bacterias, las colonias se encuentran en promedio menor a 7.17×10^3 UFC/mL, donde no se aprecia diferencia significativa entre todas las muestras de colonias de bacterias al inicio del proyecto.

Sin embargo, al culminar las 12 semanas del tratamiento, se observan que todas las muestras tienen un incremento sustancial de colonias de bacterias, principalmente en el tratamiento 3 al cual se le adicionó mayor cantidad de lixiviado por repetición, llegando a tener un promedio de $1.74 \times 10^4 \pm 9.29 \times 10^2$ UFC/mL.

Al culminar las 12 semanas de tratamiento si se aprecia diferencia significativa entre los tratamientos, en un antes y después de aplicar el lixiviado, como también una diferencia significativa frente al control final. Finalmente, se tiene a T3 como el más representativo con un promedio de 1.74×10^4 UFC/mL. Donde, las bacterias encontradas fueron, bacilos gram negativos y cocos gram positivos. Si bien estuvieron presentes en todas las muestras, después de tratamiento hubo mayor UFC/mL.

Tabla 2. Conteo de microorganismos presentes en las muestras (UFC/mL)

Muestras	Inicial	Final
Bacterias		
Control	$7.17 \times 10^3 \pm 8.33 \times 10^2$	$1.14 \times 10^4 \pm 1.41 \times 10^3$
T1	$6.63 \times 10^3 \pm 1.62 \times 10^3$	$1.41 \times 10^4 \pm 2.08 \times 10^3$
T2	$6.13 \times 10^3 \pm 1.10 \times 10^3$	$1.47 \times 10^4 \pm 1.76 \times 10^3$
T3	$6.73 \times 10^3 \pm 1.96 \times 10^3$	$1.74 \times 10^4 \pm 9.29 \times 10^2$
Hongos		
Control	$7.70 \times 10^3 \pm 1.06 \times 10^3$	$1.14 \times 10^4 \pm 1.46 \times 10^3$
T1	$7.17 \times 10^3 \pm 8.33 \times 10^2$	$1.61 \times 10^4 \pm 2.05 \times 10^3$
T2	$7.17 \times 10^3 \pm 1.62 \times 10^3$	$1.75 \times 10^4 \pm 1.65 \times 10^3$
T3	$8.77 \times 10^3 \pm 8.33 \times 10^2$	$1.95 \times 10^4 \pm 1.40 \times 10^3$

Por consiguiente, al realizar el análisis inicial, las colonias de hongos se encuentran en promedio con una UFC/mL de 8.77×10^3 , donde no se aprecia diferencia significativa entre todas las muestras al iniciar el proyecto.

Por otro lado, al culminar las 12 semanas, todas las muestras presentan incrementos, pero los tratamientos son quienes tienen mayor concentración de

colonias, principalmente en el tratamiento 3 al cual se le adicionó mayor cantidad de lixiviado por repetición.

Al comparar los resultados iniciales y después de las 12 semanas, existe diferencia significativa entre los tratamientos, en un antes y después de aplicar el lixiviado. Donde, el tratamiento T3 final tuvo en promedio un 1.95×10^4 UFC/mL del agar cultivado siendo más del doble de UFC que al inicio.

5.2. Tratamiento con fibras

La CC de las muestras de suelo al iniciar el proyecto en promedio tuvo valores menores a 14.77 (media baja de capacidad de campo) (Figura 19), y al realizar el análisis de ANOVA no se apreció diferencia significativa ($p=0.378$) entre todas las muestras.

Por otro lado, al culminar las 12 semanas si se aprecia se aprecia incrementos muy significativos de capacidad de campo ($p \leq 0.001$) teniendo a T1 (17.08%), T2 (23.63%) y T3 (37.17%), teniendo a T1 manteniéndose con una capacidad de campo “media baja”, a T2 aumentando a una capacidad de campo “media” y T3 al que se añadió más cantidad de fibras de plátano, se volvió un suelo con capacidad de campo “elevada”.

Comparando los resultados de los tratamientos entre un antes y después de las 12 semanas, se puede decir que el suelo del tratamiento 3 que tiene los valores aptos del % de capacidad de campo así evitar la marchitez de las plantas en estaciones donde la precipitación sea baja (Anexo 2).

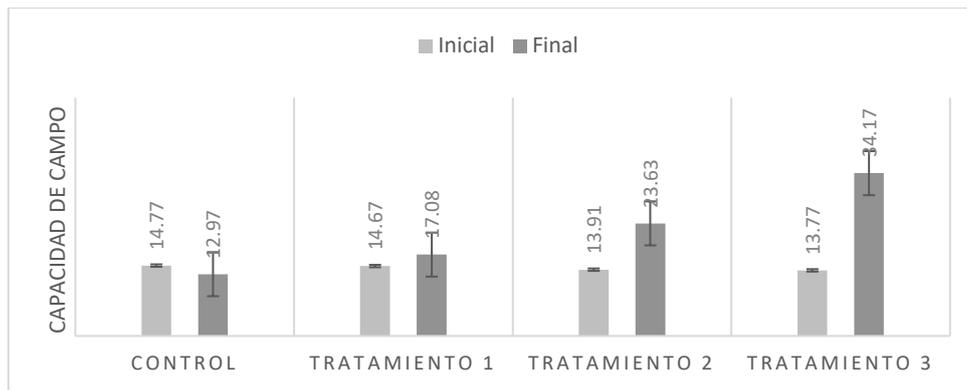


Figura 19. Capacidad de Campo (%) en un antes y después de aplicar el tratamiento.

VI. DISCUSIONES

6.1. Tratamiento con lixiviado

6.1.1. Parámetros físicos

Respecto a la densidad aparente, hubo una disminución en los valores de la DA del suelo después de 12 semanas de tratamiento en todos los tratamientos (Figura 4), Ramírez et al. (2015) menciona que este parámetro está relacionado a la MO, además de ser un indicador de la estructura del suelo donde su incremento influyó en la disminución de la DA, generando mejora en la estructura del suelo, como lo señalan Salamanca y Sadeghian (2005) mencionando que la disminución de característica (DA) contribuye en el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo, además los resultados de Hossne y Américo (2008) también explican que la disminución de la DA en el suelo influye positivamente en la estabilidad del suelo, distribución de raíces y la infiltración de agua, que se debe al incremento de materia orgánica (figura 13) y porosidad (figura 7).

Por otro lado, se muestra un incremento del porcentaje de porosidad en todos los tratamientos al culminar el proyecto; para esto, García et al. (2019) menciona que la porosidad también es influenciada positivamente por la MO, además que un mayor porcentaje de porosidad, mejora la capacidad de retención hídrica y estabilidad del suelo.

También se tuvo un incremento de humedad en todas las muestras al culminar el tratamiento, Baldoceca et al. (2021) explican que existe una relación directa entre la humedad, la porosidad y la MO y una relación inversa con la DA, puesto que un suelo con mayor porcentaje de porosidad tiene mayor capacidad

de retención de humedad, lo mismo ocurre con una mayor concentración de MO. Por otro lado, Melendres et al. (2017) explican que este bajo porcentaje de humedad podría ser influenciado por la evapotranspiración, y al extraer muestras en una zona tropical (ambiente cálido) está perdida se intensifica.

Al tener suelos franco-arenosos (mayor DA, baja porosidad y baja humedad) en la selva peruana es un ambiente cálido con temperatura promedio mayores a 26 °C (pérdida de humedad), la disminución de la DA el ligero incremento de la humedad y porosidad, muestran que hay mejoría en los parámetros físicos de las muestras analizadas en todos los tratamientos.

6.1.2. Parámetros químicos

En los resultados de los valores de pH, un estudio realizado en suelos degradados por cultivos de coca por Sánchez (2021) explica que los valores de pH menores a 4.41 se deben a su constante uso de fertilizantes sintéticos y agroquímicos que tienen efectos acidificantes. Lo cual se corrobora con los resultados, puesto que en las muestras iniciales se encontró valores de pH menores a 4.0 (Figura 7).

Además del uso de agroquímicos, la investigación de Hernández (2020) menciona que la acidez es potenciada por la erosión donde suelos con presencia del horizonte B acidifica el suelo por su alto contenido en aluminio cambiante y pH menor de 4,5. Y en el campo, se observó que el suelo presenta una baja de cobertura vegetal por la misma actividad de monocultivo de coca (Anexo 4).

Por otro lado, al culminar la evaluación de 12 semanas se observó el aumento en valores de los tratamientos, donde T3 subió de un pH de 3.61 a 6.12, para esto, la investigación de Álvarez et al. (2013) explica que el incremento de

pH se debe a la aplicación del lixiviado de plátano, puesto que este líquido tiene valores de pH mayores a 8.50, que se debe a la presencia de micronutrientes disueltos. Similar al resultado de la investigación, donde el suelo donde no se aplicó el lixiviado se mantuvo con pH bajo, a diferencia de T3 que llegó a tener un pH de 6.12, por ende, el parámetro pH principalmente en T3 fue el que presentó la mejoría óptima.

En la conductividad eléctrica (Figura 8), los resultados muestran un incremento en los tratamientos al culminar las 12 semanas; para esto Castillo et al. (2021) explican que los suelos con textura más fina presentan altos valores de CE, esto se debe a que las partículas tienen más afinidad al retener cationes.

Por otro lado, en la investigación de Álvarez et al. (2013) al realizar el análisis al lixiviado menciona que las soluciones pueden llegar a tener 30 mg.L^{-1} de Sodio incrementando el valor de la CE. Esto explicaría el incremento de la CE en T3 final, puesto que es el tratamiento con mayor dosis de lixiviado. Si bien hubo dicho incremento, no llega a ser considerado un suelo ligeramente salino (entre 1 y 2 dS.m^{-1}).

Para el CIC, existen incrementos de este parámetro en el suelo con una tendencia determinada. Este resultado se asemeja al de Zhu et al. (2014), donde después de un experimento por 7 semanas, no se registraron cambios notorios en la capacidad de intercambio catiónico, pero sí, en el pH del suelo. Por otro lado, Gomez et al. (2013), existe una relación directa entre el CIC y la adición de nutrientes en el suelo, que es capaz de generar beneficios a la planta. Afirmando que el CIC se encuentra relacionado con la cantidad de MO, pH y textura del

suelo, teniendo que el aumento de dichos parámetros podría elevar los valores del CIC

El tener un suelo con textura franco-arenosa podría ser una limitante, para esto Moro (2015), que menciona que los suelos con mayores valores de CIC son los que presentan altos contenidos de arcilla y/o MO, teniendo a los suelos arenosos y franco arenosos con los menores valores de CIC. Si bien hubo un incremento significativo del CIC con un máximo de $12.11 \text{ cmol.kg}^{-1}$, Moro (2015) explica que estos valores son bajos puesto que son menores a 20 cmol.kg^{-1} y un valor óptimo sería mayor a 35 cmol.kg^{-1} considerándose un suelo rico.

En los valores analizados de materia orgánica (Figura 13) al culminar la evaluación de 12 semanas se observó un ligero incremento de MO en los tratamientos teniendo en cuenta que el lixiviado de los residuos de plátano tiene concentraciones bajas de fibra, para esto, Rodríguez et al. (2008) mencionan que la MO puede ser transportada mediante el viento y lluvias, moviendo la MO de las zonas aledañas, como también removiéndola del área de experimentación. Además, Bienes et al. (2010), menciona que otra forma de transportar MO es por erosión hídrica. Lo cual fortalece el resultado de la investigación, puesto que solo se añadió el lixiviado a los tratamientos y por efectos del ambiente se apreció un ligero incremento también en el control, además el área de aplicación del tratamiento se encuentra en la parte baja de un cerro (Anexo 5), que de manera indirecta estaría siendo beneficiada.

Para el nitrógeno se muestra un incremento en los tratamientos al culminar las 12 semanas, donde la investigación de Sánchez et al. (2005)

mencionan que la presencia y descomposición de la MO genera un incremento de nitrógeno disponible en el suelo. Además, Furcal y Barquero (2014) mencionan que el lixiviado de plátano puede llegar a tener 10 000 mg por planta. Estas dos investigaciones apoyarían a nuestro resultado, puesto que, hubo un incremento de MO en el suelo (figura 13) y también fue añadido el nitrógeno al verter el lixiviado. Por otro lado, Adema et al. (2001) mencionan que el nitrógeno puede ser removido por erosión hídrica en zonas con baja cobertura vegetal. Esto explicaría porque no hubo un incremento sustancial en los tratamientos, ya que las lluvias intensas facilitaron la remoción del macronutriente, este incremento muestra la ligera mejora del suelo pasando de ser pobre a medianamente pobre.

Para el macronutriente fósforo los resultados muestran un incremento en los tratamientos al culminar las 12 semanas, donde la investigación de Furcal y Barquero (2014) explican que por naturaleza el plátano es una planta que contiene gran cantidad de fósforo, que sería reflejado en el lixiviado, donde explica que se puede tener hasta una concentración mayor a 4 000 mg en todo el pseudotallo. Además, en la investigación de Tapia y García (2013) menciona que los microorganismos al alimentarse empiezan a liberar el fósforo presente en la MO. Por ende, con la adición del lixiviado, la actividad microbiana y la MO se aprecia el incremento de fósforo, volviendo un suelo más apto para la planta principalmente en T3.

Finalmente, en el macronutriente potasio los resultados nos muestran muestra el incremento en los tratamientos al culminar el proyecto; Furcal y Barquero (2014) mencionan que el pseudotallo de plátano es el órgano que acumula mayor cantidad de K acumulando más de 50 000 mg, siendo el

macronutriente con mayor presencia en el lixiviado. Esto fortalece el resultado de la investigación puesto que, T3 llegó a presentar un promedio de 218.33 ppm de potasio, este aumento es beneficioso puesto que, Villareal et al. (2017) mencionan que este macronutriente se encuentra implicado en mejorar la salud de las plantas.

6.1.3. Parámetros biológicos

Se muestra una baja concentración de bacterias al iniciar el proyecto, esto se ve reflejado en los resultados puesto que la cantidad de colonias iniciales era menor. Por otro lado, al culminar el proyecto se aprecia el incremento sustancial de las colonias de bacterias, siendo este incremento debido al aporte de microorganismos por el lixiviado, como lo explica Ramírez et al. (2021) quienes mencionan que los lixiviados de raquis de plátano tienen un concentrado de microorganismos benéficos para las plantas y el ecosistema del suelo.

Por consiguiente, en las investigaciones de Doria (2019) y Osorio (2009) se explica que los hongos son los microorganismos con mayor presencia en el suelo, cuales pueden ser incorporados por diferentes actividades. Por consiguiente, la investigación de Ramírez et al. (2021) menciona que, otro gran beneficio del lixiviado de raquis de plátano es que posee gran carga microbiana benéfica para el suelo. Reflejándose en los resultados, puesto que al culminar el las 12 semanas de tratamiento, se observó el incremento de colonias de hongos en los agares finales.

6.2. Tratamiento con fibras

Respecto a los resultados de la capacidad de campo, se aprecia el incremento en la capacidad de retención de agua en los tratamientos; sobre esto,

las investigaciones de Wei et al. (2023), y Grez y Gerding (1995) donde se aplicaron fibras orgánicas y biochar para aumentar la retención de agua, se resalta la importancia que tuvo la adición de fibras en la mejora de la capacidad de campo en un suelo arenoso y franco arenosos teniendo presentando la mayor mejoría en estas muestras, a diferencia de suelos francos o arcillosos se tuvo menores mejoras. Resultado similar al obtenido en la investigación, puesto que los tratamientos T2 y T3 que tuvieron una mayor adición de fibras de plátano presentaron una mejor retención de agua, teniendo los porcentajes de capacidad de campo más altos de categorizados como “media” y “elevada” respectivamente (Anexo 2).

VII. CONCLUSIONES

El empleo de los residuos de plátano tiene efectos positivos en la mejora de suelos degradados por monocultivos de coca. Donde el uso del lixiviado y las fibras de los residuos de la post cosecha de plátano, incrementa los valores de los parámetros analizados en los tratamientos.

En todas las dosis de lixiviado se aprecian mejorías, teniendo a T3 como el tratamiento con la mayor cantidad de parámetros físicos y químicos (pH, cationes, fosforo y potasio disponible) beneficiados en las 12 semanas de tratamiento, sobresaliendo en los parámetros químicos como, debido su mayor dosificación de lixiviado y los nutrientes que contiene.

Por otro lado, el lixiviado generó aumento de microorganismos en el suelo teniendo a los agares finales de colonias de bacterias y hongos presentan mayor concentración de colonias, puesto que al análisis inicial se encontraron menores colonias en los agares.

Finalmente, los tratamientos con fibras de plátano presentan mejorías, teniendo a T3 con la mayor mejora en la capacidad de campo, apreció que su capacidad de retención fue mayor al 20% a su capacidad inicial, puesto que un suelo franco arenoso de forma natural tiene una baja capacidad de campo.

VIII. RECOMENDACIONES

Después de concluir con la investigación se recomienda que:

- Se debería realizar mediciones de pH mensuales, para analizar de mejor manera el cambio de pH.
- Si se realizan futuras investigaciones, se usen en simultáneo al lixiviado y las fibras, así se podría haber mayores mejorías en los parámetros en general.
- Realizar un análisis de la composición química del lixiviado, así poder determinar con mayor precisión los parámetros que mejoran.
- Se recomienda realizar un análisis de respiración basal, puesto que es un indicador de calidad del suelo.
- Se recomienda realizar tratamientos en maceteros, para así poder minimizar errores por factores como erosiones hídricas y eólicas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adema, E. O., Babinec, F. J., y Peinemann, N. (2001). Pérdida de nutrientes por erosión hídrica en dos suelos del Caldenal Pampeano. *Ciencia de Suelo*, 19(1), 144-154.
- Ahumada, G. (2019). *América Latina y el Caribe en el Problema mundial de las drogas*. Buenos Aires, Argentina: CLACSO.
- Akhila, A., y Entoori, K. (2022). Role of earthworms in soil fertility and its impact on agriculture: A review. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 9(3), 55-63.
- Ali, A., Shahbaz, M., Ahmad, I., Ahmad, S., y Ayyub, C. M. (2020). Potassium modulates water relations and antioxidant defense mechanisms to alleviate drought stress in wheat. *Plants*, 9(1), 33.
- Alkharabsheh, H. M., Seleiman, M. F., Battaglia, M. L., Shami, A., Jalal, R. S., Alhammad, B. A., ... y Al-Saif, A. M. (2021). Biochar and its broad impacts in soil quality and fertility, nutrient leaching and crop productivity. *A review. Agronomy*, 11(5), 993.
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañán, L. y Ceballos, G. (2013). Producción de lixiviado de raquis de plátano en el Eje Cafetero de Colombia [Producing Lixivates from the Plantain Rachis in the Colombian Coffee Belt]. *Research program on Roots, Tubers and Bananas*, 1(1), 1-6. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-as091s.pdf>
- Andrades, M. y Martinez, E. (2001). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. *Universidad de La Rioja*, 3(2), 16-24.
- Angulo, V. J. Z. (2022). La erradicación de cultivos de hoja de coca en el Perú. *Revista Cuadernos de Trabajo*, 1(17), 25-28.
- Ariza, A. y Sierra, M. (2019). *Deforestación por cultivos de coca: Efecto en los Parques Nacionales Naturales de Colombia* (Tesis de pregrado). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

- Bai, Z. G., Dent, D. L., Olsson, L., y Schaepman, M. E. (2008). Global assessment of land degradation and improvement: 1. identification by remote sensing. *World Soil Information*, 5(1), 1-3. Recuperado de: https://www.isric.org/sites/default/files/isric_report_2008_01.pdf
- Baldoquin, A. (2019). *Mejoramiento de los suelos Fersialíticos pardo rojizos lixiviados para el crecimiento del maíz (Zea mays, L.), en la zona La Veguita, municipio de Las Tunas* (Tesis de maestría). Universidad de las Tunas, Las Tunas, Cuba.
- Baldoceda, Á., Maldonado, M., y Alcántara, F. (2021). Análisis del porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos tipos de bofedales. *Ciencia & Desarrollo*, 20(2), 17-28.
- Bao, H., Chen, Z., Wen, Q., Wu, Y., y Fu, Q. (2022). Effect of calcium peroxide dosage on organic matter degradation, humification during sewage sludge composting and application as amendment for Cu (II)-polluted soils. *Journal of Hazardous Materials*, 439(1), 1
- Barattini, P., y Hepp, C. (2019). Mineralización de materia orgánica en los suelos de la Patagonia. *Instituto de investigaciones agropecuarias*, 41(1). 1-4.
- Besteiro, S. I., y Descalzo, A. I. B. (2021). Contenidos de nitrógeno y fósforo del suelo ante un cambio de cobertura y condición topográfica. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 47(2), 285-292.
- Bienes, R., Ruiz, M., y Marques, M. J. (2010). Pérdida de suelo, fósforo y materia orgánica por erosión hídrica en parcelas revegetadas con matorral autóctono bajo clima semiárido. *Revista de Ciencias Agrarias*, 33(1), 58-69.
- Billah, M., Khan, M., Bano, A., Hassan, T. U., Munir, A., y Gurmani, A. R. (2019). Phosphorus and phosphate solubilizing bacteria: Keys for sustainable agriculture. *Geomicrobiology Journal*, 36(10), 904-916.
- Bhunja, S., Bhowmik, A., Mallick, R., y Mukherjee, J. (2021). Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: A review. *Agronomy*, 11(5), 823.

- Cabrera, F. (2009). Materia orgánica del suelo: papel de las enmiendas orgánica. *Real Academia Sevillana de Ciencias*, 10(1), 275-291.
- Castillo, C. (2005). *Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma-La Dalia Matagalpa* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>.
- Castillo, X., Etchevers, J. D., Hidalgo-Moreno, Claudia Ma. I., & Aguirre-Gómez, Arturo. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana*, 39, 698. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
- Castro, L. Y. (2019). Evaluación del comportamiento del uso de fibras de guadua para el reforzamiento de un suelo areno arcilloso (Tesis de pregrado). Universidad piloto de Colombia, Bogota, Colombia. Recuperado de: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6483>
- Coppiarolo, L. E., Pohl Schnake, V., Zamponi, A., Zilio, M. C., D'Amico, G. M., y Báez, S. (2022). Conflictos ecológicos distributivos: suelos y ciclos biogeoquímicos. *Editorial de la Universidad Nacional de La Plata*, 1(1), 235-257.
- Corwin, D. L., y Yemoto, K. (2020). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. *Soil science society of America journal*, 84(5), 1442-1461.
- Daza, M., Hernández, F., y Alba, F. (2014). Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 67(1), 7189–7200. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v67n1/v67n1a06.pdf>
- Doria, T. (2019). Determinación De Residuos De Plaguicidas Organofosforados Y Organoclorados En Las Hojas De Coca (*Erythroxylum Coca*) En Cultivos De Los Distritos Santo Domingo De Anda, Tingo María, Luyando, Hermilio Valdizán, Daniel Alomía Robles Y Mariano Dámaso Beraun De

La Provincia De Leoncio Prado–Huánuco-2019 (Tesis de pregrado).
Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú.

DEVIDA. (2021). Vraem: Devida destinará 2.4 millones de soles para mejorar el cultivo de cacao y café en comunidades nativas del Río Tambo. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/devida/noticias/491940-vraem-devida-destinara-2-4-millones-de-soles-para-mejorar-el-cultivo-de-cacao-y-cafe-en-comunidades-nativas-del-rio-tambo>

DEVIDA. (2020). Devida reporta 61,777 hectáreas de cultivos de coca en producción al 2020. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/devida/noticias/548304-devida-reporta-61-777-hectareas-de-cultivos-de-coca-en-produccion-al-2020/>

Disminuye el ritmo deforestación en el siglo XXI, pero los bosques tropicales siguen bajo amenaza. (3 de mayo del 2022) ONU, p. 1.

Enríquez, A. S., y Cremona, M. V. (2019). La importancia de analizar el suelo. El análisis de granulometría y el efecto de la ceniza volcánica. Ediciones INTA.

Feng, J., Li, F., Zhou, X., Xu, C., Ji, L., Chen, Z., y Fang, F. (2018). Impact of agronomy practices on the effects of reduced tillage systems on CH₄ and N₂O emissions from agricultural fields: A global meta-analysis. *Plos One*, 13(5), 1-17. doi.org/10.1371/journal.pone.0196703

Fierro, E. J., y Maldonado, C. I. (2023). *Evaluación de la degradación física del suelo en ecosistemas agrícolas de la parroquia Pimampiro* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

Fraç, M., Hannula, S. E., Belka, M., y Jędryczka, M. (2018). Fungal biodiversity and their role in soil health. *Frontiers in microbiology*, 9(1), 1-9. doi.org/10.3389/fmicb.2018.00707

Frasier, I., Alvarez, C., Fernandez, R., Quiroga, A. R., y Noellemeyer, E. (2020). Importancia de las raíces sobre los procesos edáficos. *Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola*, 1(1), 1-27.

- Furcal, P., y Barquero, A. (2014). Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 267-278.
- García, A. J. H., Jaime, Y. N. M., Bastardo, L. D. S., Llovera, F. A. S., y Contreras, A. M. Z. (2009). Humedad compactante y sus implicaciones agrícolas en dos suelos franco arenoso de sabana del estado Monagas, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(4), 937-950.
- García, E. (2013). *Estrategias para la recuperación de suelos degradados en ambientes semiáridos: adición de dosis elevadas de residuos orgánicos de origen urbano y su implicación en la fijación de carbono* (Tesis doctoral). Universidad de Murcia, Murcia, España.
- Gardner W.R. (1960). Dynamics aspects of water availability to plants. *Soil Science*, 89(1), 63-73.
- Gardner W.R. y Gardner H.R. (1983). Principles of water management under drought conditions. *Agricultural Water Management*, 7(1), 143-155
- Garland, E. B., De Romaña, C. E. A. L., & De Romaña, A. M. L. (2023). El cultivo de la coca en el Huallaga y en el VRAE: un enfoque comparativo sobre sistemas productivos y su impacto en los bosques (1978-2003). *Anthropologica*, 41(50), 139-166.
- Garrido, S. (1993). Interpretación de análisis de suelos.. *Secretaría general de estructuras agrarias*, 5(93), 1-40.
- Gelvez, I., Moreno, J., y Santos, A. (2020). *Guía de Muestreo de Suelo para análisis microbiológico*. Mosquera, Colombia: Agrosivia.
- Getial, D. A. A. (2020). Abono orgánico una alternativa para la agricultura en el municipio de Tuquerres, departamento de Nariño. *Visión Empresarial*, 1(10), 96-105.
- Gomez-Eyles, J. L., Beesley, L., Moreno-Jimenez, E., Ghosh, U., & Sizmur, T. (2013). The potential of biochar amendments to remediate contaminated soils. *Biochar and soil biota*, 4(1), 100-133.

- González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria*, 1(1), 1-5.
- González, J. L., González, G., Sánchez, I., López, A., y Valenzuela, L. M. (2011). Caracterización de la porosidad edáfica como indicador de la calidad física del suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 369-377.
- Grez, R., y Gerding, V. (1995). Aplicación de aserrín de la industria forestal para el mejoramiento del suelo. Centro de información de recursos naturales, 16(1), 115-119. doi.org/10.4206/bosque.1995.v16n1-14.
- Gyaneshwar, P., Kumar, G. N., Parekh, L. J., y Poole, P. S. (2019). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*, 245(1), 83–93. doi.org/10.1023/A:1020663916259
- Hafez, E. M., Omara, A. E. D., Alhumaydhi, F. A., y El-Esawi, M. A. (2021). Minimizing hazard impacts of soil salinity and water stress on wheat plants by soil application of vermicompost and biochar. *Physiologia Plantarum*, 172(2), 587-602.
- Henderson, A. (1996). Soil moisture: A critical focus for global change studies. *Global and Planetary Change*, 13(4), 3-9. doi.org/10.1016/0921-8181(95)00034-8
- Hernández, A., Llanes, V., Terry, E., y Carnero, G. (2020). Cambios de ph en suelos pardos de cuba cuando se erosionan. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 1-13
- Hossne, G., y Américo, J. (2008). La densidad aparente y sus implicaciones agrícolas en el proceso expansión/contracción del suelo. *Terra Latinoamericana*, 26(3), 195-202.
- Hu, L., Chen, S., Zheng, Y., Ma, J., Chen, H., y Wang, J. (2019). Rhizosphere microbial community composition affects potassium release from minerals and uptake by plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 135(1), 266-274.
- Huanca, D. E. V., Quispe, L. A., Huanca, W. V., Caso, J. G., y Huanca, R. V. (2020). Crisis en las Áreas Naturales Protegidas en el Perú: Pérdida de la

- biodiversidad y degradación ambiental: Medio Ambiente. *Revista Científica Internacional Entornos Naturales*, 1(1), 84-100.
- Jansson, J. K., y Hofmockel, K. S. (2020). Soil microbiomes and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, 18(1), 35-46.
- Jochum, M., Ferlian, O., Thakur, M. P., Ciobanu, M., Klarner, B., Salamon, J. A., ... & Eisenhauer, N. (2021). Earthworm invasion causes declines across soil fauna size classes and biodiversity facets in northern North American forests. *Oikos*, 130(5), 766-780.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., y Bello, S. (2006). La materia orgánica del suelo, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia*, 24(1), 49-61. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Lanfredi, M., Coppola, R., Simoniello, T., Coluzzi, R., D'Emilio, M., Imbrenda, V., y Macchiato, M. (2015). Early identification of land degradation hotspots in complex bio-geographic regions. *Remote Sensing*, 7(6), 8154-8179.
- Lenin, T. Q. D. (2022). *Diagnóstico De Planes De Manejo Ambiental De Los Monocultivos De Palma Africana En El Cantón Quinindé* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Li, Z., Tian, D., Wang, B., Wang, J., Wang, S., Chen, H. Y., ... y Niu, S. (2019). Microbes drive global soil nitrogen mineralization and availability. *Global Change Biology*, 25(3), 1078-1088.
- Li, Q., Wang, L., Fu, Y., Lin, D., Hou, M., Li, X., ... y Wang, Z. (2023). Transformation of soil organic matter subjected to environmental disturbance and preservation of organic matter bound to soil minerals: a review. *Journal of Soils and Sediments*, 23(3), 1485-1500.
- Llallico, F. J., Marcelo, C. F., Rojas, Y. K., y Lozano, B. (2022). Efecto de lixiviados de plantas de tratamiento de residuos sólidos en la producción de plantones de *Cedrela* sp. *Revista Investigación Agraria*, 4(3), 45-54.
- LLamoja, V. O. (2014). Recuperación de suelo degradado mediante el establecimiento de cuatro especies de papilionaceae en el sector supte

San Jorge, Tingo María (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva,

López Sánchez, I. (2020). *Riego por goteo con diferentes niveles de humedad para la producción de biomasa en maíz* (Tesis de maestría) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Mexico.

Liu, D., Chen, Q., Zhang, P., Chen, D., y Howell, K. S. (2020). The fungal microbiome is an important component of vineyard ecosystems and correlates with regional distinctiveness of wine. *Msphere*, 5(4), 1-15. doi.org/10.1128/msphere.00534-20.

Mantuano, M. A., & Zambrano, F. E. (2023). Efecto de la aplicación de vermicompost en el comportamiento agronómico de diversos cultivos. *Biotempo*, 20(2), 285-296.

Mata, M., Rodríguez, L., y Plata, M. (2021). Degradación de suelos y la inseguridad alimentaria, ante el COVID-19. *Persona y Sociedad*, 35(1), 77-90.

Melendres, A. I., Zermeño, A., Ramírez, H., Cárdenas, J. O., y Cadena, M. (2017). Eficiencia del uso del agua de un viñedo y su relación con porosidad del suelo. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(5), 57-69.

MINAM. (2009). Región Junín (Satipo). Recuperado de: https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/organizaciones/dgpa/documentos/estudio_cacao/4_4_2junin_atipo_informe_final.pdf

MINAM. (2019). Programa de incentivos a la mejora de la Gestión Municipal 2019. Recuperado de: https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/wp-content/uploads/sites/136/2019/03/Actividad-2_Valorizacion-Organicos_OEFA.pdf

Mironov, V., Vanteeva, A., y Merkel, A. (2021). Microbiological activity during co-composting of food and agricultural waste for soil amendment. *Agronomy*, 11(5), 928.

- Mora, J., Silva, A., y Escobar, N. (2019). *Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos*. Ibagué, Colombia: Sello Editorial Universidad del Tolima, 2019.
- Moreno, D. R. (1978). *Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrimentos asimilables*. México DF, México: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Moreno, S. (2022). Actividades antropogénicas que afectan al ecosistema de Páramo Andino. *Revista Do ciencia*, 1(6), 42-46.
- Moya, M. F. (2020). Recuperación de la calidad del suelo en una pastura degradada mediante sistemas agroforestales en Yurimaguas (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Munsif, F., Shah, T., Arif, M., Jehangir, M., Afridi, M. Z., Ahmad, I., ... y Alansi, S. (2022). Combined effect of salicylic acid and potassium mitigates drought stress through the modulation of physio-biochemical attributes and key antioxidants in wheat. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(6), 103294.
- Nachtergaele, F., Petri, M., y Biancalani, R. (2011). Land degradation. USA. FAO
- Naseer, A., & Pandey, P. (2018). Assessment and monitoring of land degradation using geospatial technology in Bathinda district, Punjab, India. *Solid Earth*, 9(1), 75.
- Naz, M., Dai, Z., Hussain, S., Tariq, M., Danish, S., Khan, I. U., ... y Du, D. (2022). The soil pH and heavy metals revealed their impact on soil microbial community. *Journal of Environmental Management*, 321(1), 1-6. doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115770
- ONU. (17 de junio del 2019). *Unos 24.000 millones de toneladas de suelo fértil se pierden cada año por la desertificación*. Noticias ONU. <https://tinyurl.com/y4bcpdf8>
- Orihuela, A. (2015). Sistema agroforestal multiestrato. Recuperación de suelos degradados en la Amazonía. *LEISA*, 31(1), 28-30.
- Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo integral del suelo y Nutrición vegetal*, 1(4), 1-4.

- Osorio, N. W. (2009). Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola*. 1(1), 43–71. doi.org/10.38141/10791/0003_3
- Peña, L., y Gómez, P. (2022). La hoja de coca peruana, la medicina milenaria de los incas. *Medicina naturista*, 16(2), 28-31.
- Pierre, E. G. J. (2021). *Efecto De Dos Coberturas Vegetales Sobre Un Suelo Dedicado Al Cultivo De Plátano* (Tesis de maestría). Universidad Agraria Del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
- Pinos, D. S. (2022). *Calidad del suelo a partir de indicadores físicos y químicos aplicado a tres usos de suelo para la generación de propuestas de gestión por impactos en el suelo por acciones antrópicas en el bosque y vegetación protectores de Sunsun-Yanasacha* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Pulido Fernández, M. (2014). Indicadores de calidad del suelo en áreas de pastoreo. Quijano, L. E. O., Vega, W. N. O., Atencia, J. M., & Torres, K. R. C. (2021). La densidad aparente y el tamaño de agregados del suelo controlan el crecimiento radical de *Megathyrsus maximus*. *Acta Agronómica*, 70(4), 353-362.
- Ramírez, M. G., Vázquez, S., Méndez, G. I., y Mejía, J. (2021). Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México. *CienciaUAT*, 16(1), 150-161.
- Ramírez, J. F., Fernandez, Y., González, P. J., Salazar, X., Iglesias, J. M., & Olivera, Y. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrsus maximus*. *Pastos y forrajes*, 38(4), 393-402.
- Rasche, J. W., Gomez, E. J., Fatecha, D. A., y Leguizamón Rojas, C. A. (2020). Compactación del suelo y su efecto en el crecimiento vegetativo de soja, maíz y guandú. *Investigación Agraria*, 22(1), 13-21.
- Reichle, R. H., Liu, Q., Koster, R. D., Crow, W. T., De Lannoy, G. J., Kimball, J. S., ... y Walker, J. P. (2019). Version 4 of the SMAP level-4 soil moisture

algorithm and data product. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 11(10), 3106-3130.

Rendón, S., Artunduaga, F., Ramírez, R., Quiroz, J. A., y Leiva, E. I. (2011). Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64(1), 5793-5802.

Ricse Molina, M., y Pinche Shareva, E. (2020). *Evaluación de la influencia de fertilizantes químicos en la calidad de suelos agrícolas* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

Rodríguez-Barrios, J., Ospina-Torres, R., y Gutiérrez, J. D. (2008). Entradas y transporte de materia orgánica en una quebrada tropical de montaña. Bogotá, Colombia. *Caldasía*, 30(2), 421-440.

Sadeghian , S., y Arias, E. (2018). Lixiviación del potasio en suelos de la zona cafetera y su relación con la textura. *Repositorio digital del Centro Nacional de Investigación del Cafe*, 16(1), 34-42. doi.org/10.18684//bsaa.v16n1.1140

Sahu, P. K., Singh, D. P., Prabha, R., Meena, K. K., y Abhilash, P. C. (2019). Connecting microbial capabilities with the soil and plant health: Options for agricultural sustainability. *Ecological Indicators*, 105, 601-612.

Saiman, M. F., Othman, N. M. I., y Sari, N. A. (2022). Influence of copper-zinc mixture in different rates on pH and electrical conductivity as a potential for foliar spray fertilization. *Journal of Tropical Resources and Sustainable Science*,10(1), 47-50.

Sanchez, L. M. (2021). *Determinación de los parámetros fisicoquímicos del suelo, degradados por cultivo de coca (Erythroxylum coca) en el caserío Bajo Chimbote, distrito José Crespo y Castillo, Huánuco-2020* (Tesis de pregrado). Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú.

Senamhi (2022). Información de Tiempo y Clima. Lima:Senamhi.

- Sepúlveda, F., Corradini, F., y Fuentes, F. (2023). Manual técnico: prácticas sustentables para un suelo agrícola saludable en la Región Metropolitana de Santiago. Instituto de Innovación Agropecuaria, 482(1), 38-47.
- Shaxson, F., y Barber, R. (2008). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal-El significado de la porosidad del suelo*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Singh, J. S., Pandey, V. C., y Singh, D. P. (2011). Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, ecosystems & environment*, 140(3-4), 339-353.
- Stubhaug, H. P. (2022). *Cation exchange capacity, and amendment effect of gypsum and organic matter on chemical properties of and aggregate stability of bauxite residue* (Tesis de maestría). Norwegian University of Life Sciences, As, Noruega.
- Tapia, Y., y García, F. (2013). La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos: una revisión crítica. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 231-242.
- Ulyshen, M. D. (2015). Insect-mediated nitrogen dynamics in decomposing wood. *Ecological Entomology*, 40(51), 97-112. doi.org/10.1111/een.12176
- USDA. (2020). Irrigation Water Requirement (623). Recuperado de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs144p2_067451.pdf
- Venegas, C. P. P., y Vanegas, G. C. (2010). *Dinámica de suelos amazónicos procesos de degradación y alternativas para su recuperación*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas.
- Villagaray, S. M. (2014). Recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (erythroxyton coca) En VRAEM, Perú, con aplicación de Tecnología Agroforestal. *Acta Nova*, 6(3), 210-224.
- Villareal, J., Jaramillo, S., Name, V., & Villalaz, J. (2017). Forma de Fòsforo en suelos de Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 26, 97-111. Recuperado de

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/cienciaagropecuaria/article/view/72>

Vos, M., Wolf, A. B., Jennings, S. J., y Kowalchuk, G. A. (2013). Micro-scale determinants of bacterial diversity in soil. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(6), 936-954.

Wei, B., Peng, Y., Lin, L., Zhang, D., Ma, L., Jiang, L., ... & Wang, Z. (2023). Drivers of biochar-mediated improvement of soil water retention capacity based on soil texture: a meta-analysis. *Geoderma*, 437, 116591.

Zevallos, N., y Casas, F. (2019). Una lectura de las capacidades estatales desde las resistencias a la erradicación de hoja de coca en un valle cocalero del Perú. *Gestión y política pública*, 28(2), 473-500.

Zhao, Y., Zhang, M., Yang, W., Di, H. J., Ma, L., Liu, W., & Li, B. (2019). Effects of microbial inoculants on phosphorus and potassium availability, bacterial community composition, and chili pepper growth in a calcareous soil: a greenhouse study. *Journal of Soils and Sediments*, 19, 3597-3607.

Zhu, Q., Peng, X., Huang, T., Xie, Z. y Holden, N. (2014). Effect of biochar addition on maize growth and nitrogen use efficiency in acidic red soils. *Pedosphere*. 24(6): 699-708.

Zotarelli, L., Dukes, M. D., y Morgan, K. T. (2013). Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. University of Florida, 2013(2), 1-4.

CONSTANCIA N° 082-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2022

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

Código de registro: **860-2021-PRE11**

Título: **RECUPERACION DE SUELOS DEGRADADOS POR CULTIVOS DE HOJA DE COCA CON EL USO DE RESIDUOS DE POST COSECHA DE PLATANO, DISTRITO RIO TAMBO, PROVINCIA SATIPO, JUNIN**

Investigador(a): **Luis Eduardo Pizarro Guillen**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente. Adicionalmente, en el contexto de la pandemia de enfermedad por COVID-19, le recomendamos cumplir con las normas publicadas por el estado peruano.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 09 de febrero de 2024**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 10 de agosto de 2022



Méd. Vet. Milena Paola Montenegro Vela
Presidenta (e)

Comité Institucional de Ética en Investigación
con Animales y Biodiversidad

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 033 -2023-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 16 de febrero del 2023

VISTO:

El informe de revisión académica independiente y la aprobación de un Comité de Ética (N° de **Constancia: 082-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2022**) del proyecto de tesis titulado: **RECUPERACION DE SUELOS DEGRADADOS POR CULTIVOS DE HOJA DE COCA CON EL USO DE RESIDUOS DE POST COSECHA DE PLATANO, DISTRITO RIO TAMBO, PROVINCIA SATIPO, JUNIN**, presentado por:

- **LUIS EDUARDO PIZARRO GUILLEN**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, según la modalidad elegida, es necesario la realización y sustentación de una tesis.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: **RECUPERACION DE SUELOS DEGRADADOS POR CULTIVOS DE HOJA DE COCA CON EL USO DE RESIDUOS DE POST COSECHA DE PLATANO, DISTRITO RIO TAMBO, PROVINCIA SATIPO, JUNIN** con N° de registro: **860-2021-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Alfredo Nestor Salinas Castro** como **asesor** para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,


Dr. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

Anexo B. Valores referenciales de los parámetros del suelo.

a. Tipos de clases texturales

Nombres coloquiales de los suelos	Arenoso (%)	Limoso (%)	Arcilloso (%)	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100 70-86	0-14 0-30	0-10 0-15	Arenoso Franco arenoso
Suelos francos (textura gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52 20-50	28-50 74-88	7-27 0-27	Franco Franco limoso Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45 45-80 0-20	15-52 0-28 40-73	27-40 20-35 27-40	Franco arcilloso Franco arenoso arcilloso Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65 0-20 0-45	0-20 40-60 0-40	35-55 40-60 40-100	Arcilloso arenoso Arcilloso limoso Arcilloso

Nota. Adaptado de USDA (2020)

b. Porcentaje de humedad

Textura	Humedad Disponible	Capacidad de campo	Punto de marchitamiento
Arenoso	7%	9%	2%
Arenoso-Franco	10%	14%	4%
Franco arenoso-limoso	14%	23%	9%
Franco arenoso + materia orgánica	19%	29%	10%
Franco	22%	34%	12%
Franco Arcilloso	14%	30%	16%
Arcilloso	14%	38%	24%
Arcilloso con buena estructura	20%	50%	30%

Nota: Adaptado de Zotarelli et al. (2013)

c. Porcentajes de porosidad

Unidad (%)	Descripción
<40	Muy Bajo
40-45	Bajo
45-55	Medio
55-65	Alto
>65	Muy Alto

Nota: Adaptado de Castillo (2005)

d. Clasificación según el pH del suelo

Valor	Descripción
<4.5	Extremamente ácido
4.6-5.0	Muy fuertemente ácido
5,1-5,5	Fuertemente ácido
5.6-6	Moderadamente ácido
6.1-6.5	Levemente ácido
6.6-6.9	Muy levemente ácido
7	Neutro
7.1-7.3	Muy levemente alcalino
7.4-7.8	Levemente alcalino
7.9-8.4	Moderadamente alcalino
8.5-9	Fuertemente alcalino
>9.0	Muy fuertemente alcalino

Nota: Adaptado de Enriquez y Cremona (2019)

e. Clasificación según la CE

CE (dS.m ⁻¹)	Clasificación
0-1	No salino
1-2	Ligeramente salino
2-4	Salino
4-8	Muy salino

Nota: Adaptado de Enriquez y Cremona (2019)

f. Clasificación según el CIC

CIC (cmol.kg ⁻¹)	Nivel	Clasificación
0-10	Muy bajo	Suelo muy pobre
10-20	Bajo	Suelo pobre
20-35	Medio	Suelo medio
35-45	Medio alto	Suelo rico
45 a más	Alto	Suelo muy rico

Nota: Adaptado de Moro (2015)

g. Clasificación según su MO

Arenoso	Franco	Arcilloso	Clasificación
<0.7	<1	<1.2	Muy bajo
0.7-1.2	1-1.5	1.2-1.7	Bajo
1.2-1.7	1.5-2	1.7-2.2	Normal
1.7-2.2	2-2.5	2.2-3	Alto
>2.2	>2.5	>3	Muy alto

Nota: Adaptado de Andrades y Martinez (2001)

h. Clasificación según los niveles de N (%)

Nitrógeno total (%)	Categoría
< 0.032	Extremadamente pobre
0.032-0.063	Pobre
0.064-0.095	Medianamente pobre
0.096-0.126	Medio
0.127-0.158	Medianamente rico
0.159-0.221	Rico
>0.221	Extremadamente rico

Nota: Adaptado Moreno (1978)

i. Clasificación según los niveles de P (ppm)

Textura	Clasificación		
	Bajo	Normal	Alto
Secano arenoso	<8	9-12	>13
Secano franco	<12	13-18	>19
Secano arcilloso	<15	16-24	>25
Regadío arenoso	<12	13-18	>19
Regadío franco	<15	16-25	>26
Regadío arcilloso	<20	21-30	>31

Nota: Adaptado de Andrades y Martinez (2001)

j. Clasificación según los niveles de K (ppm)

Textura	Clasificación		
	Bajo	Normal	Alto
Secano arenoso	<95	96-135	>136
Secano franco	<125	126-195	>196
Secano arcilloso	<155	156-255	>256
Regadío arenoso	<135	136-215	>216
Regadío franco	<155	156-295	>296
Regadío arcilloso	<175	176-330	>331

Nota: Adaptado de Andrades y Martinez (2001)

k. Clasificación de la capacidad de campo

% de Capacidad de campo	Clasificación
<7	Muy baja
7-12	Baja
12-20	Media baja
20-30	Media
>30	Elevada

Nota: Adaptado de Garrido (1993)

Anexo C. Cuadros de análisis estadístico.

	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Between G	0,004	0,001	11,492	0,003
Within G	0,001	0,000		
Total	0,005			
Between G	5,329	1,776	11,340	0,003
Within G	1,253	0,157		
Total	6,583			
Between G	7,564	2,521	287,332	0,000
Within G	0,070	0,009		
Total	7,634			
Between G	0,111	0,037	634,429	0,000
Within G	0,000	0,000		
Total	0,111			
Between G	158,080	52,693	29,251	0,000
Within G	14,411	1,801		
Total	172,492			
Between G	29350,000	9783,333	61,692	0,000
Within G	1268,667	158,583		
Total	30618,667			
Between G	775,437	258,479	229,621	0,000
Within G	9,005	1,126		
Total	784,442			
Between G	36,333	12,111	10,381	0,004
Within G	9,333	1,167		
Total	45,667			
Hongo Final				
Between G	20,333	6,778	7,394	0,011
Within G	7,333	,917		
Total	27,667			

Comparación Múltiple

Dependent Variable- Tukey HSD

pH final

(I) Muestra	(J) Muestra	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
C	T 1	-1,03000*	0,07649	0,000	-1,2749	-0,7851
	T 2	-0,78000*	0,07649	0,000	-1,0249	-0,5351
	T3	-2,21333*	0,07649	0,000	-2,4583	-1,9684
T 1	C	1,03000*	0,07649	0,000	0,7851	1,2749
	T 2	0,25000*	0,07649	0,046	0,0051	0,4949
	T3	-1,18333*	0,07649	0,000	-1,4283	-0,9384
T 2	C	0,78000*	0,07649	0,000	0,5351	1,0249
	T 1	-0,25000*	0,07649	0,046	-0,4949	-0,0051
	T3	-1,43333*	0,07649	0,000	-1,6783	-1,1884
T3	C	2,21333*	0,07649	0,000	1,9684	2,4583
	T 1	1,18333*	0,07649	0,000	0,9384	1,4283
	T 2	1,43333*	0,07649	0,000	1,1884	1,6783

CE Final

Blanco	T 1	-0,08000*	0,00624	0,000	-0,1000	-0,0600
	T 2	-0,03333*	0,00624	0,003	-0,0533	-0,0134
	T3	-0,25000*	0,00624	0,000	-0,2700	-0,2300
T 1	Blanco	0,08000*	0,00624	0,000	0,0600	0,1000
	T 2	0,04667*	0,00624	0,000	0,0267	0,0666
	T3	-0,17000*	0,00624	0,000	-0,1900	-0,1500
T 2	Blanco	0,03333*	0,00624	0,003	0,0134	0,0533
	T 1	-0,04667*	0,00624	0,000	-0,0666	-0,0267
	T3	-0,21667*	0,00624	0,000	-0,2366	-0,1967
T3	Blanco	0,25000*	0,00624	0,000	0,2300	0,2700
	T 1	0,17000*	0,00624	0,000	0,1500	0,1900
	T 2	0,21667*	0,00624	0,000	0,1967	0,2366

P Final

C	T 1	-5,58667*	1,09587	0,004	-9,0960	-2,0773
	T 2	-4,06667*	1,09587	0,025	-7,5760	-0,5573
	T3	-10,14667*	1,09587	0,000	-13,6560	-6,6373
T 1	C	5,58667*	1,09587	0,004	2,0773	9,0960
	T 2	1,52000	1,09587	0,540	-1,9894	5,0294
	T3	-4,56000*	1,09587	0,013	-8,0694	-1,0506
T 2	C	4,06667*	1,09587	0,025	0,5573	7,5760
	T 1	-1,52000	1,09587	0,540	-5,0294	1,9894
	T3	-6,08000*	1,09587	0,002	-9,5894	-2,5706
T3	C	10,14667*	1,09587	0,000	6,6373	13,6560
	T 1	4,56000*	1,09587	0,013	1,0506	8,0694
	T 2	6,08000*	1,09587	0,002	2,5706	9,5894

Bacterias Final

Blanco	T 1	-3,000*	0,882	0,038	-5,82	-0,18
	T 2	-3,667*	0,882	0,013	-6,49	-0,84
	T3	-4,667*	0,882	0,003	-7,49	-1,84
T 1	Blanco	3,000*	0,882	0,038	0,18	5,82
	T 2	-0,667	0,882	0,872	-3,49	2,16
	T3	-1,667	0,882	0,304	-4,49	1,16
T 2	Blanco	3,667*	0,882	0,013	0,84	6,49
	T 1	0,667	0,882	0,872	-2,16	3,49
	T3	-1,000	0,882	0,681	-3,82	1,82
T3	Blanco	4,667*	0,882	0,003	1,84	7,49

	T 1	1,667	0,882	0,304	-1,16	4,49
	T 2	1,000	0,882	0,681	-1,82	3,82
Hongos Final						
Blanco	T 1	-1,667	0,782	0,222	-4,17	0,84
	T 2	-2,000	0,782	0,124	-4,50	0,50
	T3	-3,667*	0,782	0,007	-6,17	-1,16
T 1	Blanco	1,667	0,782	0,222	-0,84	4,17
	T 2	-0,333	0,782	0,972	-2,84	2,17
	T3	-2,000	0,782	0,124	-4,50	0,50
T 2	Blanco	2,000	0,782	0,124	-0,50	4,50
	T 1	0,333	0,782	0,972	-2,17	2,84
	T3	-1,667	0,782	0,222	-4,17	0,84
T3	Blanco	3,667*	0,782	0,007	1,16	6,17
	T 1	2,000	0,782	0,124	-0,50	4,50
	T 2	1,667	0,782	0,222	-0,84	4,17

Anexo D. Registro fotográfico



Figura A5.1. Desperdicio de cultivos de plátano.



Figura A5.2. Extracción del lixiviado de plátano.



Figura A5.3. Extracción de las fibras de plátano.



Figura A5.4. Reconocimiento de la zona con cultivos de coca.



Figura A5.5. Residuos sólidos en cultivos de coca, principalmente de agroquímicos.



Figura A5.6. Muestras de suelo antes de ser enviadas al laboratorio.



Figura A5.7. Análisis en los laboratorios de la Universidad Científica del Sur.



Figura 5.8. Análisis en los laboratorios de investigación de la Universidad Científica del Sur.

Anexo E. Metodologías usadas en los análisis

Análisis de Laboratorio		
Determinación	Unidad	Metodología
Reacción de suelos	pH	Potenciómetro, en suspensión suelo agua 1:1
Conductividad eléctrica	dS.m ⁻¹	Conductímetro, en extracto acuoso suelo: agua 1:1
Materia orgánica	%	Walkley y Black
Fosforo	ppm	Olsen modificado, NaHCO ₃ 0.5M, pH 8.5
Potasio	ppm	Extracción Acetato de amonio 1N, pH 7.0 – Absorción atómica
Nitrógeno	%	Digestión Kjeldahl
Capacidad de intercambio catiónico	Cmol(+).Kg ⁻¹	Acetato de amonio, pH 7.0
Calcio cambiante	Cmol(+).Kg ⁻¹	Extracto Amonio – Lectura – Absorción atómica
Magnesio cambiante	Cmol(+).Kg ⁻¹	Extracto Amonio – Lectura – Absorción atómica
Potasio cambiante	Cmol(+).Kg ⁻¹	Extracto Amonio – Lectura – Absorción atómica
Sodio cambiante	Cmol(+).Kg ⁻¹	Extracto Amonio – Lectura – Absorción atómica
Acidez cambiante (H+Al)	Cmol(+).Kg ⁻¹	Método de Yuan, Extracción con cloruro de potasio 1N
Análisis granulométrico		Hidrómetro de Bouyoucos
%Humedad	%	Método gravimétrico
Densidad Aparente	g.cm ⁻³	Método del terrón parafinado