



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE FACULTAD DE ECOLOGÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

Enmiendas orgánicas en suelos agrícolas con Cadmio (Cd) para el cultivo de papa, Luya - Amazonas

Para optar el grado académico de Maestro en Ciencias, con mención en
Gestión Ambiental

Autor:

Mixsy Goñas Mendoza

<https://orcid.org/0000-0002-3005-6377>

Asesor:

Lic. Dr. Fabián Centurion Tapia

<https://orcid.org/0000-0003-2213-1856>

Moyobamba, Perú

2023



ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE FACULTAD DE ECOLOGÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

Enmiendas orgánicas en suelos agrícolas con Cadmio (Cd) para el cultivo de papa, Luya - Amazonas

Para optar el grado académico de Maestro en Ciencias, con mención en
Gestión Ambiental

Autor:

Mixsy Goñas Mendoza

Sustentado y aprobado el 25 de octubre del 2023, ante el honorable jurado:



Presidente de Jurado
Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza



Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta



Miembro de Jurado
Lic. M.Sc. Ronal Julca Urquiza



Asesor:
Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia

Moyobamba, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

Escuela de Posgrado



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Tesis, modo presencial, presentado por:

Bach. Mixsy Goñas Mendoza

Con el asesoramiento del Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia.

“Enmiendas orgánicas en suelos agrícolas con Cadmio (Cd) para el cultivo de papa, Luya-Amazonas”

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante, lo declaramos:

APROBADO

Con el calificativo (*)

BUENO

En consecuencia, queda en condición de ser considerado APTO por el Consejo Universitario y recibir el Grado Académico de Maestro, de conformidad con lo estipulado en el Artículo 30° del Reglamento de Tesis de la Escuela de Posgrado de la UNSM.

Tarapoto, 25 de octubre de 2023.

Ing. Dr. Yrwip Francisco Azabache Liza
Presidente

Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta
Secretario

Lic. M.Sc. Ronald Julca Urquiza
Miembro

Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia
Asesor

(*) De acuerdo con el Artículo 40° del Reglamento General de Ciencia, Tecnología e Innovación (RG - CTI) la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, estas deberán ser calificadas con términos de: BUENO, MUY BUENO, EXCELENTE, también considerar la nota



ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Tesis

Enmiendas orgánicas en suelos agrícolas con Cadmio (Cd) para el cultivo de papa, Luya - Amazonas

Para optar el grado académico de Maestro en Ciencias, con Mención
Gestión Ambiental

Los suscritos declaran que el presente trabajo de investigación es original en si contenido y en su forma:

Ejecutor

Mixsy Goñas Mendoza

Asesor:

Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia

Moyobamba, Perú

2023

Declaratoria de autenticidad

Mixsy Goñas Mendoza con DNI N°47545321, egresada de la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ecología, Programa de Maestría en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **“Enmiendas orgánicas en suelos agrícolas con Cadmio (Cd) para el cultivo de papa, Luya - Amazonas”**.

Declaro bajo juramento que:

1. La Tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, someténdome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 25 de octubre de 2023.


.....
Mixsy Goñas Mendoza
DNI N° 47545321



Ficha de identificación

<p>Título del proyecto Enmiendas orgánicas en suelos agrícolas con Cadmio (Cd) para el cultivo de papa, Luya- Amazonas.</p>	<p>Área de investigación: Línea de investigación: Gestión Integral y Sostenible de los Recursos Naturales Sublínea de investigación: Manejo Sostenible de Suelos y Cultivos. Grupo de investigación: Ciencias y Tecnología Ambiental. Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Mixsy Goñas Mendoza</p>	<p>Facultad de Ecología Programa de Maestría en Gestión Ambiental https://orcid.org/0000-0002-3005-6377</p>
<p>Asesor: Lic.Dr. Fabián Centurión Tapia.</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología https://orcid.org/0000-0003-2213-1856</p>

Dedicatoria

Agradezco a nuestro divino Creador por otorgarme el conocimiento y la fuerza requerida para perseverar en la búsqueda de mis aspiraciones.

Deseo honrar a mi amada madre, Teresa Jesús de Mendoza, quien ahora reside en el cielo, así como a mi padre, Marino Goñas, por su amor incondicional y soporte.

A mis amigos, gracias por estar a mi lado durante este desafiante viaje. Sus palabras de aliento, comprensión y paciencia me han dado fuerzas en los momentos difíciles.

Mixsy Goñas

Agradecimientos

Expresar mi gratitud hacia nuestro Creador por otorgarnos la existencia, sabiduría y permitirme concluir exitosamente la presente investigación, logrando de esta manera alcanzar uno de mis ideales trazadas.

A esta casa superior de estudios, en particular a la Escuela de Posgrado, por ser una institución que ha promovido nuestro crecimiento y desarrollo académico, brindándonos una educación de calidad a lo largo de nuestro período de formación.

A mi asesor el Licenciado Doctor Fabián Centurión Tapia por su orientación en la etapa de formulación y ejecución del proyecto de tesis.

Al Ing. Wuilcer Chavez Vergaray por su valioso respaldo en la instalación de la parcela experimental, así como en la preparación y selección de las muestras.

A los distinguidos miembros del jurado, el Ingeniero Doctor Yrwin Francisco Azabache Liza, el Ingeniero Máster Juan José Pinedo Canta y el Licenciado Máster Ronald Julca Urquiza, quienes han brindado valiosas recomendaciones y aportes.

Mixsy Goñas

Índice general

Ficha de identificación	7
Dedicatoria	8
Agradecimientos.....	9
Índice general.....	10
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
 CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	 16
 CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	 19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.2. Fundamentos teóricos	20
2.2.1.El suelo.....	20
2.2.2.Suelos contaminados	21
2.2.3.El cadmio (Cd).....	21
2.2.4.Fuentes de cadmio	21
2.2.5.Toxicidad de cadmio en el suelo.....	22
2.2.6.Enmiendas orgánicas para estabilizar cadmio en suelos	22
2.2.6.1. Compost.....	22
2.2.6.2. Vermicompost	23
2.2.7.Normatividad ambiental	24
 CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	 25
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación	25
3.1.1 Contexto de la investigación	25
3.1.2 Periodo de ejecución	25
3.1.3 Autorizaciones y permisos	25
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad	25
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales	25
3.2. Sistema de variables	26
3.3.1 Variable principal	26
3.3.2 Variable secundaria	26
3.3. Procedimientos de la investigación.....	26
3.3.3 Objetivo específico 1	26
3.3.4 Objetivo específico 2	27

	11
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Resultado específico 1.....	30
4.2 Resultado específico 2.....	31
CONCLUSIONES.....	35
RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXOS	43

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química del compost.....	23
Tabla 2. Condiciones físico químicas para Vermicompost	23
Tabla 3. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.	24
Tabla 4. Operacionalización de Variables	26
Tabla 5. Resultados de muestras iniciales de cadmio (Cd)	30
Tabla 6. Análisis de varianza para cadmio.....	32
Tabla 7. Concentración de cadmio (Cd) 90 días después del tratamiento.....	32
Tabla 8. Análisis de varianza para cadmio.....	33
Tabla 9. Eficiencia en la remoción de cadmio 90 días después del tratamiento	33

Índice de figuras

Figura 1. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental.....	27
Figura 2. Concentraciones iniciales de Cadmio en muestras de suelo.....	30
Figura 3. Eficiencia en la remoción de cadmio a los 90 días.....	33

RESUMEN

Los metales pesados que se encuentran en concentraciones elevadas en el suelo, son un tema que genera gran preocupación, en ese sentido el objetivo general fue evaluar la eficiencia del compost y el vermicompost en la remoción de cadmio (Cd) en suelos agrícolas en la Localidad de Cohechan, distrito de Conila, Luya. Se instaló el experimento bajo un DBCA en un área de 153,6 m² con 5 tratamientos (T0: testigo, T1: 3 Kg de vermicompost/unidad experimental, T2: 6 Kg de vermicompost/unidad experimental, T3: 3 Kg de compost/unidad experimental y T4: 6 Kg de compost/unidad experimental) y 3 repeticiones. Se inició realizando el muestreo inicial de la concentración de cadmio. Posterior a ello, se realizó las respectivas aplicaciones de acuerdo a los tratamientos y 90 días después se recolectaron 15 muestras de suelos de 400 gr utilizados para determinar la concentración de Cd. Debido a que los datos no se distribuyeron de forma normal, se tuvieron que hacer una transformación antes de realizar un análisis de varianza y la prueba de comparaciones múltiples de Dunnett al 5% de significancia con el software InfoStat v. 2018 p. Los resultados del análisis inicial no superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). El tratamiento (T3) fue el que mayor cantidad de remoción logró eliminando el total de cadmio respecto a la concentración inicial presentando diferencias significativas respecto al testigo y consiguió un 100% de eficiencia. Por su parte, el tratamiento testigo incrementó su valor inicial lo que pudo atribuirse a factores climáticos.

Palabras clave: enmienda, compost, vermicompost, cadmio, eficiencia.

ABSTRACT

Heavy metals found in high concentrations in the soil are a matter of great concern. The general objective was to evaluate the efficiency of compost and vermicompost in the removal of cadmium (Cd) in agricultural soils in the village of Cohechan, district of Conila, Luya. The experiment was set up using a RCBD in an area of 153.6 m² with 5 treatments (T0: control, T1: 3 kg of vermicompost/experimental unit, T2: 6 kg of vermicompost/experimental unit, T3: 3 kg of compost/experimental unit and T4: 6 kg of compost/experimental unit) and 3 replicates. Initial sampling of cadmium concentration was performed. Subsequently, the respective applications were made according to the treatments and 90 days later, 15 soil samples of 400 g used to determine the concentration of Cd were collected. Since the data were not normally distributed, a transformation was required before performing an analysis of variance and Dunnett's multiple comparisons test at 5% significance with InfoStat v. 2018 p software. The results of the initial analysis did not exceed the Environmental Quality Standards (EQS). The treatment (T3) was the one that achieved the greatest amount of total cadmium removal with respect to the initial concentration, presenting significant differences with respect to the control, and achieved 100% efficiency. On the other hand, the control treatment increased its initial value, which could be attributed to climatic factors.

Keywords: amendment, compost, vermicompost, cadmium, efficiency.



CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

La concentración elevada de metales pesados en la capa arable del suelo es actualmente un problema creciente y poco abordado, asimismo es uno de los aspectos más preocupantes debido a las afectaciones que causa en el ambiente, generando así un conflicto a nivel mundial; estos metales pueden encontrarse de manera natural en el suelo o de forma antropogénica como consecuencia del abuso de agroquímicos (Prieto et al., 2009).

Los metales pesados como el cadmio (Cd) son peligrosos porque tienden a acoplarse en los suelos agrícolas, permanecen en el ambiente y no se pueden descomponer causando problemas ambientales (Peña y Lázaro, 2022). Lo cual conduce a cambios en la fertilidad de los suelos, el ecosistema y las personas (Cargua, 2010). El daño que provoca es tan severo que es tema debatible tanto en lo ambiental y en la salud humana (Mora y Medina, 2017).

A nivel de América del Sur, en Ecuador, la agricultura tradicional utiliza pesticidas, fertilizantes y el uso indiscriminado de plaguicidas, liberando cadmio y plomo en el sistema del suelo (Escobar, 2016). Los fertilizantes fosfatados aportan de 0.1 a 1.70 ppm de Cadmio y los fertilizantes nitrogenados de 0.05 a 8.5ppm de Cadmio (Hernández et al., 2016).

En el Perú, uno de los tubérculos de mayor consumo diario es la papa, no obstante, en los últimos tiempos el uso indiscriminado de agroquímicos, muchos de ellos con cadmio en su concentración, ha impactado negativamente en el producto final y en los suelos de cultivo (Oliva et al., 2019). Según Agraria, (2020), cerca de 711 mil agricultores cultivan papa en 19 departamentos del país, abarcando una superficie de 330, 000 hectáreas entre las distintas variedades, lo que permitió conseguir una producción de 5 300000 t en el 2020 ocupando el primer lugar como productor de papa en América Latina y el décimo primero a nivel mundial. El consumo promedio anual por persona de papa en el Perú es actualmente de 90 kg y se estima que alcance los 92 Kg per cápita para el 2022, convirtiendo a este alimento como uno de los insumos indispensables en la dieta alimenticia de las familias (MIDAGRI, 2021).

El departamento de Amazonas reporta valores de producción de papa de 71,078 toneladas para el año 2019 y se posiciona actualmente como el cuarto cultivo más importante de la

región (INEI, 2019). A nivel de provincias, Luya lidera la producción de “papa” en la región con 22,591.8 toneladas y un rendimiento de 14.09 t/ha (Tafur y Barboza, 2019).

En el distrito de Conila, más de la mitad de los pobladores (67.27%) se dedica a la agricultura, destacando el cultivo de papa, convirtiéndose en su principal fuente de ingresos económicos para abastecer su canasta básica familiar (INEI, 2017). Sin embargo, su manejo es de forma convencional, es decir, haciendo uso de una gran variedad de productos agroquímicos como pesticidas, insecticidas, nematocidas, fungicidas, etc (Asociación Pataz, 2017).

No obstante, pese a los buenos índices productivos reportados para la papa en la provincia de Luya, resulta preocupante los contenidos de cadmio reportados en el suelo en la localidad de Cohechán del distrito de Conila, Luya que exceden los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en suelos encontrándose que en muestras de suelo el 50% no son aptas para uso agrícola, con concentraciones que alcanzan los 3,99 ppm (Oliva et al., 2019).

Si bien este cultivo representa la fuente de ingresos principal para los productores del ámbito de estudio el cultivo de este producto en particular es muy cuestionado en términos de afectación a los diferentes componentes ambientales y al cultivo por el gran uso de insecticidas, fungicidas, nematocidas y herbicidas (Ramírez et al., 2014). En Cohechan, Conila, la totalidad de productores de papa utilizan por lo menos un producto agroquímico desde la siembra hasta la cosecha de papa. Los fertilizantes Molimax, Compomaster papa, Papa sierra y Macollador plus son los más usados en esta localidad en porcentajes de 33,3%, 40%, 23,3% y 3,4% respectivamente. El 53.3% de agricultores manifiesta usar estos fertilizantes al menos 2 veces por campaña. Entre los fungicidas agrícolas, Evitane es el más utilizado con un 33.3%, seguido de Mancoseb con 30%; en época de lluvia se aplica cada 4 días y en época seca cada 8 días (Oliva et al., 2019).

Ante la problemática expuesta y con la finalidad de remediar los suelos agrícolas con Cd destinados al cultivo de papa en la localidad de Cohechan, Conila, Luya surge la necesidad de buscar mecanismos para remediar estos suelos agrícolas para neutralizar la disponibilidad de Cd en suelo e introducir una agricultura verde y sostenible, garantizando la disponibilidad de un suelo productivo por un periodo de tiempo más grande, se realizó la presente investigación cuya problemática formulada es ¿Las enmiendas orgánicas incorporadas a suelos agrícolas con cadmio (Cd) para el cultivo de papa son eficientes en la remediación?, plantándose como hipótesis alternativa H1: Las enmiendas orgánicas incorporadas a suelos agrícolas con cadmio (Cd) para el cultivo de papa son eficientes en la remediación y la hipótesis nula H0: Las enmiendas orgánicas incorporadas a suelos agrícolas con cadmio (Cd) para cultivo de papa no son eficientes en la remediación; a

partir de ello se formuló como objetivo general “Evaluar la eficiencia del compost y vermicompost en la remediación de suelos agrícolas con cadmio (Cd) para el cultivo de papa, Luya– Amazonas” y los objetivos específicos fueron: (i) determinar la concentración de cadmio(Cd) en el suelo agrícola para el cultivo de papa, antes de la incorporación de las enmiendas orgánicas y (ii) determinar la concentración de cadmio (Cd) en el suelo agrícola para el cultivo de papa con la mejor dosis de la incorporación de las enmiendas orgánicas.

El informe de investigación que se presenta se compone de cuatro capítulos. En el Capítulo I, se presenta la introducción a la investigación, en el Capítulo II, se da a conocer el marco teórico incluyendo a los antecedentes de investigación y los fundamentos teóricos, en el Capítulo III se presentan los materiales y métodos utilizados, en el Capítulo IV se dan a conocer los resultados y discusión por cada objetivo específico, por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

Martínez y Marrugo (2021) evaluaron el impacto de la contaminación al suelo del mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd) producto de la actividad minera en el sur de Bolívar empleando biochar (dosis de 0,5%, 2% y 4%), vermicompost (dosis de 5%, 10% y 15%) y cal (dosis de 0,5%, 1% y 2%). Realizaron tres (03) tratamientos mediante un DBCA con dos factores (corrección y dosis) haciendo un total de 30 unidades experimentales, incluidos los controles. Los resultados mostraron que las aplicaciones de vermicompost y cal retuvieron altamente el Pb, Cd y Hg del suelo. En general, aplicación de enmiendas y cal mostraron un comportamiento favorable para la biodisponibilidad de Pb, Cd y Hg.

Welikala et al., (2021) examinaron las diferencias en la movilización de cadmio (Cd) de suelos a los que se han aplicado diferentes tipos de enmiendas/acondicionadores de suelo. Tres suelos fueron enriquecidos con Cd a 2 mg/ kg, se dejó equilibrar y luego se trató con compost y turba. Los resultados mostraron que la mayor parte del Cd se movilizó de los suelos tratados con compost (50%-60%), seguido de los suelos tratados con turba (20-44%). Se concluyó que las propiedades estructurales de la materia orgánica disuelta son un aspecto clave en la movilización del Cd de los suelos contaminados.

Zhou et al., (2017) evaluaron la eficacia de tres sistemas de tratamiento diferentes: el compost (C), el lodo rojo (R) y una mezcla de compost y lodo rojo (R + C), sobre la movilidad, el riesgo ecológico y el Cu, Zn, Cd y Pb biológicamente efectivos a lo largo del tiempo de incubación en suelos agrícolas. La combinación de lodo rojo y mezcla de compost como material de enmienda (R + C) dio lugar a la mayor reducción de la eficiencia de los metales pesados disponibles. Por otra parte, se registró un incremento en los microorganismos del suelo tratado después de la incorporación de las enmiendas, siendo el mayor incremento observado con la combinación R + C. En resumen, estos materiales de enmienda, en especial R + C, tienen el potencial de disminuir el riesgo ecológico asociado a los metales pesados en el suelo.

A nivel nacional

Contreras et al., (2020) realizaron la búsqueda de métodos alternativos para la remoción de cadmio en suelos provenientes de la minera en Huamantanga-Canta. Emplearon 6 tratamientos, 3 para vermicompostaje (T1V=7.5 Kg, T2V=10 Kg y T3V=12.5 Kg) y 3 para compostaje (T1C=7.5 Kg, T2C=10 Kg y T3C =12.5 Kg). Ejecutaron 3 iteraciones y 1 blanco para cada tratamiento. La investigación fue realizada a nivel de laboratorio. Las concentraciones iniciales de cadmio fueron de 8,8 ppm. Los tratamientos que mayor eficiencia reportaron fueron: el primer tratamiento a base vermicompostaje con una eficiencia de remoción de del 75,11 % y el tercer tratamiento a base de compostaje con una eficiencia de 47.16%. En resumen, los tratamientos de vermicompost fueron los más eficientes.

Sapaico (2020) determinó la influencia de aplicar cal, materia orgánica y microorganismos efectivos sobre la concentración de Cd de suelos contaminados en la localidad de Huancaní, Jauja. Utilizó CaCO₃ (cal) en dos concentraciones de 0 y 1 g/kg, lombricomposta en concentraciones de 0 y 20% y se inoculó microorganismos efectivos al suelo en concentración de 0% y 20%. Cada unidad experimental consistió en 200 g de suelo fino seco. Las concentraciones de 1 g de CaCO₃/kg de suelo y 20 % de lombricomposta, redujeron de manera significativa el contenido de Cd del suelo, lo que fue equivalente al 8,37 % y 10,96 % del contenido de Cd del suelo testigo.

A nivel regional y local

Oliva et al., (2019) evaluaron el contenido de cadmio (Cd) de parcelas cultivados con papa Huayro en la localidad Cohechán, distrito de Conila, Luya. Colectaron muestras de tubérculos, hojas y suelo (6 de cada tipo) de parcelas cultivados, y 6 muestras de suelo de parcelas sin cultivar. El análisis de suelo para Cd reveló que la mitad de las muestras no presentaban aptitud agrícola, con concentraciones que alcanzan los 3,99 mg/kg. Concluyeron que los suelos del área evaluada habían sido altamente contaminados por cadmio, lo que puede deberse al uso de productos químicos agrícolas porque no hay otra fuente que cause la contaminación por cadmio en esta área.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. El suelo

El suelo involucra el estrato superior de la superficie terrestre, producto de un proceso largo de descomposición de rocas y desgaste por factores climáticos, además, sirve como el

hábitat natural donde las plantas terrestres pueden desarrollarse (Jimenez 2017). Asimismo, Stantuf et al., (2021) menciona que es un cuerpo natural, formados por los procesos fisicoquímicos y biológicos que operan en el material geológico original a lo largo del tiempo.

La importancia del suelo radica en su capacidad para proporcionar directa o indirectamente bienes y servicios para satisfacer las necesidades humanas, lo cual tiene un impacto en la sostenibilidad y productividad de la tierra. Entre sus principales funciones destacan: la productividad primaria, purificación y regulación del agua, regulación del clima y secuestro de carbono, el ciclo y suministro de nutrientes, entre otros (Chengshu et al., 2023).

2.2.2. Suelos contaminados

La contaminación del suelo implica la modificación de la capa superficial de la tierra por la presencia de agroquímicos perjudiciales para los ecosistemas y la salud (Juste,2021). Un suelo contaminado es aquel que ha experimentado cambios debido a la presencia de sustancias químicas consideradas peligrosas por su toxicidad y su persistencia a lo largo del tiempo (Arias, 2019).

2.2.3. El cadmio (Cd)

Elemento químico del grupo de metales pesados cuyo número atómico 48, se caracteriza por ser dúctil y de color blanco argentino de ligero matiz azulado. Su peso atómico es de 112,40 y presenta una densidad relativa de 8,65 a 20°C (Lenntech,2022).

2.2.4. Fuentes de cadmio

El Cd es altamente tóxico y contaminante presente tanto de manera natural en el medio ambiente, así como por diversas fuentes antropogénicas, algunos suelos pueden tener un alto contenido de Cadmio porque la composición de las rocas a partir de las cuales se formaron contenía el elemento en su composición (Gao et al., 2020). Entre las fuentes antropogénicas se encuentran el uso excesivo de agroquímicos, la liberación de desechos industriales, los incendios en instalaciones industriales y las actividades mineras (FAO,2019).

En el ámbito agrícola, la utilización de fertilizantes que contienen fósforo contribuye al aumento de cadmio en el suelo, las rocas fosfóricas, que se emplea como insumo en la producción de fertilizantes fosfáticos, contienen diferentes cantidades de metales pesados (Guanyan et al., 2023). Además, el empleo de agroquímicos, cuando se aplican de manera

incorrecta, representa una de las formas más significativas de contaminación que afectan al suelo (Aghlidi et al., 2020).

Para limitar el depósito de Cd a nivel de suelos se han adoptado diversas técnicas de remediación, como la sustitución del suelo, la lixiviación del suelo, la fitorremediación, las enmiendas orgánicas y cultivos intercalados y rotacional (Adnan et al., 2019).

2.2.5. Toxicidad de cadmio en el suelo

Los metales pesados son sustancias contaminantes que tienen interacciones en el entorno del suelo (Ouyang et al., 2023). El Cd por ejemplo es un elemento tóxico no esencial que posee una gran capacidad de movimiento dentro del suelo-planta, pudiendo ser absorbido fácilmente por las raíces.

2.2.6. Enmiendas orgánicas para estabilizar cadmio en suelos

Se ha comprobado que las enmiendas orgánicas, como la paja, el lodo, el biocarbón y el compost, han tenido éxito en la recuperación de suelos contaminados con cadmio (Marković et al., 2019). Estas enmiendas tienen la capacidad de reducir la cantidad de cadmio disponible en el suelo, mejorar sus propiedades fisicoquímicas y mitigar la toxicidad del cadmio para los microorganismos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los efectos de estas enmiendas en el proceso de remediación del suelo pueden variar según la heterogeneidad del suelo y la variabilidad del entorno (Yan et al., 2021).

2.2.6.1. Compost

Es un material resultante de la descomposición de materiales provenientes de organismos vivos (animales y plantas), que se utiliza como un excelente fertilizante orgánico. Puede ser creado a partir de residuos de cultivos, podas, desechos agroindustriales y residuos urbanos, este se enriquece con excrementos de animales (Munive, 2018).

Es bien sabido que el compost es una enmienda común y eficaz para suelos contaminados, y se ha aplicado ampliamente durante décadas (Jones et al., 2016). El compost puede inmovilizar metales pesados mediante absorción, (co)precipitación y complejación (Ye et al., 2017). Asimismo, aumenta el carbono del suelo y la biomasa microbiana y cambia la actividad enzimática (Kraut et al., 2023).

El compost está constituido por los siguientes elementos:

Tabla 1
Composición química del compost

ELEMENTO	CONCENTRACIÓN
Materia orgánica	65 -75%
Humedad	40-45%
C-N	10-11
Ácidos húmicos	2.5-3
pH	6.8-7.2
Carbono orgánico	14-30%
Calcio (CaO)	2-8%
Magnesio (Mg)	1-2.5%
Sodio (Na)	0.02%
Cobre (Cu)	0.05 ppm
Hierro (Fe)	0.02%
Manganeso (Mn)	0.06 pm

Fuente: Huaynates (2014)

2.2.6.2. Vermicompost

El vermicompost resulta del proceso de descomposición de los desechos producidos por las lombrices (Azzolin, 2021). El proceso de vermicompostaje utiliza las lombrices para descomponer los residuos y producir un tipo de fertilizante llamado "humus de lombriz", ampliamente utilizado en la agricultura. Cuando se incorporan lombrices rojas californianas, la conversión de residuos orgánicas es más eficiente ya que se estimula la mineralización y humificación lo que permite obtener un producto final de calidad (Contreras et al.,2020). El uso de vermicompostaje para el tratamiento de residuos y la biorremediación, garantiza la sostenibilidad agrícola y ambiental (Pandey et al.,2022). Además, esta puede ser utilizada para prácticas de restauración ecológica y mejora de la fertilidad del suelo (Villegas y Laines, 2017).

Tabla 2
Condiciones físico químicas para Vermicompost

INDICADOR	VALOR
Materia orgánica (%)	30
Humedad (%)	40
Relación Carbono/ Nitrógeno	<20

Fuente: (BOA, 2013 citado por Vásquez, 2018).

2.2.7. Normatividad ambiental

En la tabla 3, se muestra el nivel de cadmio permitido en un suelo agrícola.

Tabla 3

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo

Parámetro en mg/kg	Usos del Suelo		
	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/Par ques	Suelo Comercial/Industrial/ Extractivos
Cadmio	1.4	10	20

Fuente: D.S. N°011-2017-MINAM.

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1 Contexto de la investigación

La investigación se desarrolló en los suelos agrícolas para cultivo de papa, ubicado en la localidad Cohechán, distrito Conila, provincia de Luya (Ver anexo 1). Cohechán se encuentra a 50 Km de la capital regional de Chachapoyas. Este fundo cuenta con una extensión 0,5 ha tiene cultivo de “papa”. Cohechan es uno (01) de los veintiún (21) localidades del distrito de Conila que cuenta con una población aproximada de 522 personas (INEI, 2017).

La zona de investigación se ubica en la región natural quechua, la cual es reconocida como una de las más biodiversas y se distingue por su topografía diversa y variada.

3.1.2 Periodo de ejecución

Los trabajos de campo en la parcela experimental iniciaron en diciembre de 2022 y culminaron en el mes de marzo de 2023.

3.1.3 Autorizaciones y permisos

Con el fin de acceder al terreno agrícola, se gestionó y obtuvo el permiso y la autorización de ingreso por parte del Sr. Hamilton Torres Vilca, propietario de la parcela. Además, se aplicó una pequeña entrevista para conocer el manejo de la parcela agrícola donde se desarrolló la investigación. En señal de conformidad de esto firmó una carta de respaldo al tesista (Anexo 11).

3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad

La ejecución del proyecto no causó efectos adversos en el entorno ambiental.

3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales

El proyecto de investigación se distingue por su originalidad tanto en su contenido como en su estructura, por lo que no existe una investigación con la misma similitud.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variable principal

Enmiendas orgánicas: compost y vermicompost.

3.2.2. Variable secundaria

Cadmio en suelo agrícola.

Tabla 4
Operacionalización de Variables

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Cadmio en suelo agrícola	Concentración inicial de cadmio en suelo agrícola	Espectrofotometría de absorción atómica	mg/kg (ppm)
	Concentración final de cadmio en suelo agrícola	Espectrofotometría de absorción atómica	mg/kg (ppm)
Enmiendas orgánicas	Compost	Dosis	Kg/unidad experimental
	Vermicompost	Dosis	Kg/unidad experimental

3.3. Procedimientos de la investigación

3.3.1. Objetivo específico 1

Determinar la concentración de cadmio en el suelo agrícola para el cultivo de “papa” antes de la incorporación de enmiendas

Se realizó la selección y la delimitación de la parcela de trabajo (153.6 m²), luego se procedió a extraer 5 muestras de suelos de 400 gr, siguiendo la metodología del MINAM (2014) para identificación de contaminantes en áreas de forma regular menores a 1000 m²; para lo cual se tomó una muestra de cada vértice de la parcela de trabajo y una muestra de la zona central, todas ellas a una profundidad de 20 cm. Posteriormente se realizó el etiquetado y traslado de muestras al Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas (LABISAG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A) para el análisis de cadmio correspondiente.

3.3.2. Objetivo específico 2

Determinar la concentración de cadmio en el suelo agrícola para el cultivo de papa con la mejor dosis de la incorporación de enmiendas

Para el desarrollo de este objetivo se procedió con la ejecución de las actividades siguientes:

a) Preparación de la parcela experimental

La parcela experimental se delimitó teniendo en cuenta un Diseño en Bloques Completamente al Azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 15 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo diseñado de 2.4 m por 2.4 m con un distanciamiento entre unidad experimental y bloque de 0.8 m, el área total de la parcela experimental fue de 153.6 m².

Se inicio demarcando toda el área que abarcó la investigación. La disposición de tratamientos en el campo experimental se distribuyó al azar.

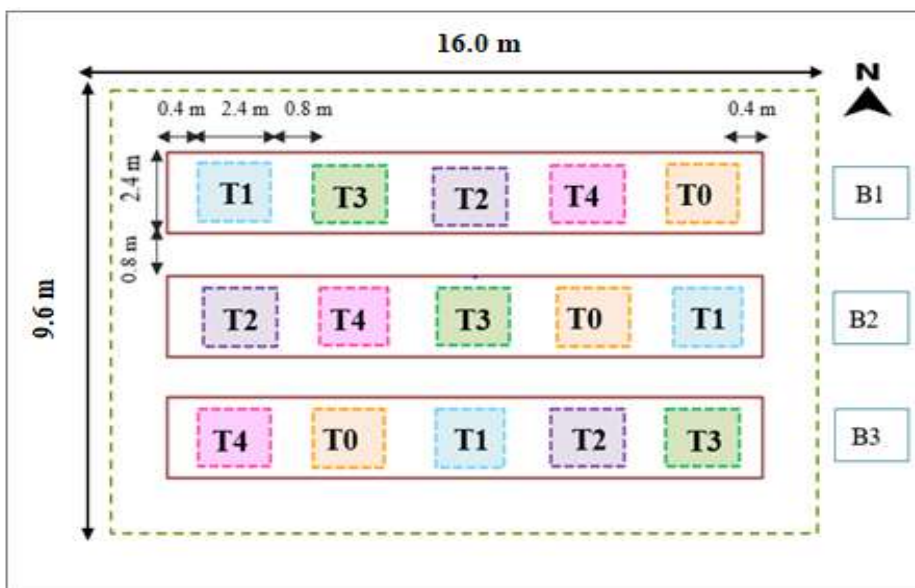


Figura 1

Distribución de los tratamientos en la parcela experimental.

Dónde:

T0= Testigo (Suelo sin enmienda orgánica)

T1= 3 Kg de vermicompost/unidad experimental

T2= 6 Kg de vermicompost/unidad experimental

T3= 3 Kg de compost/unidad experimental

T4= 6 Kg de compost/unidad experimental

b) Aplicación de tratamientos

Tratamiento testigo (T0)

Para el tratamiento testigo no se adicionó al suelo agrícola ninguna de las dos enmiendas (compost y vermicompost).

Aplicación de vermicompost

Se aplicó una cantidad total de vermicompost al inicio de la investigación de forma directa al suelo con el método del voleo, ya que este método permite la aplicación uniforme en toda el área que normalmente ocuparía el cultivo (Bordoli y Barbazán, 2010).

La cantidad total de vermicompost que se aplicó por los dos tratamientos y considerando sus tres repeticiones empleadas fue de 27 kilogramos.

Aplicación del compost

Al igual que para el vermicompost se aplicó en una sola vez y por el método del voleo de manera directa al suelo. La cantidad total de compost aplicado por los dos tratamientos y considerando sus tres repeticiones fue de 27 kilogramos.

Con el propósito de llevar un registro de la aplicación de enmiendas según las dosis fijadas para cada tratamiento, se realizó el uso de una ficha de monitoreo (Ver anexo 7).

c) Labores de manejo cultural

Se realizaron labores de deshierbas continuas, a fin de que las malezas no incrementen el error experimental con la absorción del cadmio al sistema- planta. Lo que se busco fue mantener el suelo libre de malezas durante todo el tiempo que se desarrolló de la investigación.

d) Recolección y preparación de muestras

Transcurrido los 90 días desde la adición de las enmiendas a los suelos agrícolas de cultivo de papa, se procedió a realizar el muestreo de suelos.

Para ello, en cada unidad experimental se aplicó el método del zigzag, que radicó en la extracción de 4 submuestras de 20 cm de profundidad (considerando que son suelos agrícolas) siguiendo esta forma de líneas cruzadas, luego se mezclaron todas las submuestras y por el método del cuarteo se fue reduciendo hasta obtener una sola muestra compuesta de 400 gr. La totalidad de muestras recolectadas del área de investigación fueron 15 muestras. Las muestras de suelo se recogieron con la ayuda de una pala haciendo un corte en forma de V y fueron colocadas en una bolsa de plástico (Mendoza y

Espinoza, 2017). Luego, se etiquetó, roturó y fueron trasladados al Laboratorio LABISAG de la UNTRM-A para el análisis y determinación de la concentración de cadmio.

e) Fase de laboratorio

En esta etapa las muestras fueron trasladados al Laboratorio LABISAG de la UNTRM-A para el análisis y determinación de la concentración de cadmio. La metodología que este laboratorio empleó para el análisis fue la espectrofotometría de absorción atómica.

f) Fase de gabinete

Se realizó el procesamiento de datos a partir de los resultados obtenidos en laboratorio. Los datos fueron tabulados usando el software Excel para su posterior análisis estadístico. Se inicio con un análisis exploratorio mediante la prueba de Shapiro Wilk para comprobar la normalidad de datos. Como los datos no cumplieron estos supuestos de normalidad, se hizo la transformación de datos con la función raíz cuadrada. Luego, se hizo un análisis de varianza y la prueba de comparaciones múltiples de Dunnet al 5% de significación. El software estadístico empleado fue el InfoStat v.2018 p.

En esta etapa, además, se realizó el cálculo de la eficiencia de la adición de las enmiendas compost y vermicompost en la remediación de suelos agrícolas con cadmio para el cultivo de papa mediante la siguiente fórmula CP (Contreras et al., 2020):

$$\text{Eficiencia de enmienda orgánica} = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100\%$$

Donde:

C_0 = concentración inicial de cadmio (mg/Kg)

C_f = concentración final de cadmio (mg/Kg)

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultado específico 1

Concentración de cadmio en el suelo agrícola para el cultivo de “papa” antes de la incorporación de enmiendas orgánicas

En la tabla 5 y figura 2 se presentan las concentraciones iniciales de cadmio, obtenidos de la parcela experimental, antes de la adición de las enmiendas. Los valores encontrados en los 5 puntos de muestreo no sobrepasan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelo agrícola. La concentración promedio en toda el área muestreada fue de 0,082 mg/kg.

Tabla 5
Resultados de muestras iniciales de cadmio (Cd)

Ítem	Muestras	Concentración de cadmio (Cd) (mg/kg)
01	M1	0.080
02	M2	0.070
03	M3	0.210
04	M4	0.010
05	M5	0.040
Media		0.082

Fuente: Resultados de análisis de suelo realizado por el LABISAG

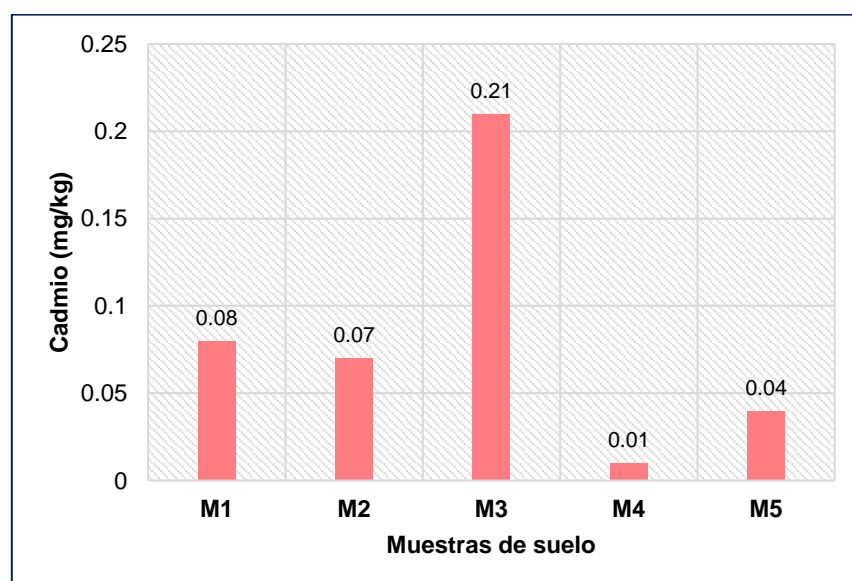


Figura 2
Concentraciones iniciales de Cadmio en muestras de suelo

Los valores obtenidos en la etapa inicial son menores a los reportados en la investigación de Oliva et al., (2019), pues según la investigación esta parcela tenía concentraciones de cadmio que superaban el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelo agrícola, llegando a los 6,48 ppm. Esta drástica reducción pudo deberse a que en esta parcela se practica la agricultura rotacional. Según Adnan et al., (2019) una de las técnicas para limitar el depósito de cadmio a nivel de suelos es la aplicación de cultivos intercalados y rotacional.

En ese contexto según la versión del propietario de la parcela (Anexo 12), los años 2019,2020 y 2021 sembró cultivos como el maíz (*Zea mays*) y pastos forrajeros como Rye Grass (*Lolium perenne*) y trebol rojo (*Trifolium pratense*); estos cultivos han probado su capacidad fitorremediadora, según Munive (2018) el maíz es capaz de acumular 91% de cadmio en raíces, 6% en hojas y 3% en tallos.

La concentración de cadmio también pudo haber sido afectado por cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo, ya que la alta capacidad de intercambio catiónico y altos contenidos de arcilla repercuten en la solubilidad y liberación del cadmio a la solución del suelo e incluso influyen en la capacidad de absorción por parte de los cultivos (Huaraca-Fernandez et al., 2020). Otro aspecto influyente en la concentración de cadmio es el tipo de labranza utilizado al momento de realizar la siembra de los cultivos, en suelos de labranza convencional las concentraciones suelen ser más elevadas que en sistemas de siembra directa (Mendoza-Escalona et al., 2021).

4.2 Resultado específico 2

Concentración de cadmio en el suelo agrícola para el cultivo de papa con la mejor dosis de la incorporación de enmiendas

Los resultados representan los valores finales, obtenidos posterior a la adición de las enmiendas (compost y vermicompost) por un periodo de 90 días, los cuales se muestran en la tabla 7. Como se puede apreciar a excepción del testigo con todos los tratamientos se observó una disminución en la concentración de cadmio. El tratamiento 3 fue el que difirió significativamente del testigo y los demás tratamientos (tabla 7).

Tabla 6
Análisis de varianza para cadmio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,699	4	0,175	3,011	0,072
Intra-grupos	0,580	10	0,058		
Total	1,279	14			

Donde: gl: grados de libertad, F: estadístico de la prueba y sig: significación

Tabla 7
Concentración de cadmio (Cd) 90 días después del tratamiento

Tratamiento	Cadmio (mg/kg)
T0 (testigo)	0,50 ± 0,58 b*
T1 (3 Kg de vermicompost/u. e.)	0,08 ± 0,07 b*
T2 (6 Kg de vermicompost/u. e.)	0,01 ± 0,02 b*
T3 (3 Kg de compost/u. e.)	0 a*
T4 (6 Kg de compost/u. e.)	0,01 ± 0,02 b*

Donde: (*) Letras diferentes indican diferencias significativas. Dunnett al 5% de sig.

Se observó que el tratamiento testigo tuvo un incremento de aproximadamente 6 veces el valor inicial, pasando de 0,082 a 0,50 mg/kg. Este incremento puede estar relacionado con factores climáticos (Salmanzadeh et al., 2017; González, 2021), por lo que se aduce que las precipitaciones pluviales causaron alteración entre los resultados de las muestras iniciales y las muestras testigo ya que en el departamento de Amazonas las precipitaciones pluviales son mayores entre los meses de enero al mes de abril.

Los valores obtenidos en esta investigación nos indican que el tratamiento 3 a base de compost (3 Kg compost) es el más ideal puesto que removió completamente el cadmio del suelo a los 90 días, estos resultados difieren de los alcanzados por Contreras et al., (2020) quienes con la adición de compost a los a los 90 días observaron un incremento de las concentraciones de cadmio en el suelo de 8.8 a 9.45 mg/kg, empezando a notar aun una ligera reducción a los 270 días de 2.19 mg/kg posterior a aplicado la enmienda.

El tratamiento 2 a base de vermicompost (6 Kg vermicompost) también mostró buena remoción casi en su totalidad, esto se explica por el hecho de que el vermicompost tiene la capacidad de adsorber el cadmio, ya que modifica la composición química en formas menos disponibles y reduciendo su movilidad en el suelo (Bhat et al., 2018).

- **Eficiencia de la aplicación de las enmiendas orgánicas compost y vermicompost en la remediación de suelos agrícolas con cadmio para el cultivo de papa.**

Respecto a la eficiencia el tratamiento 3 (3 Kg compost) obtuvo el mayor porcentaje de eficiencia removiendo el 100% de cadmio del suelo agrícola (figura 3, tabla 9). No se observaron diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Dunnett (tabla 9), pero si se aprecia una notable diferencia numérica.

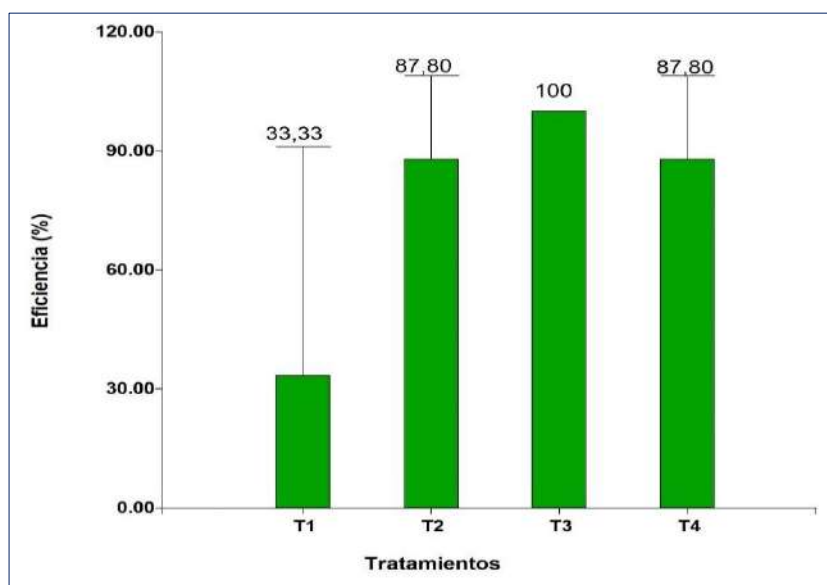


Figura 3

Eficiencia en la remoción de cadmio a los 90 días

Tabla 8

Análisis de varianza para cadmio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	145,240	4	36,310	2,795	0,085
Intra-grupos	129,926	10	12,993		
Total	275,166	14			

Donde: gl: grados de libertad, F: estadístico de la prueba y sig: significación

Tabla 9

Eficiencia en la remoción de cadmio 90 días después del tratamiento

Tratamiento	Eficiencia (%)
T1 (3 Kg de vermicompost/u. e.)	33,33 ± 57.74 a*
T2 (6 Kg de vermicompost/u. e.)	87,80 ± 21.13 a*
T3 (3 Kg de compost/u. e.)	100 a*
T4 (6 Kg de compost/u. e.)	87,80 ± 21.13 a*
T0 (Testigo.)	0 a*

Donde: (*) Letras diferentes indican diferencias significativas. Dunnett al 5% de sig.

El tratamiento 2 (6 Kg vermicompost) a base vermicompost tuvo una eficiencia de 87,80% en la remoción de cadmio de suelo, este valor es superior a lo obtenido por Contreras et al., (2020) quienes reportaron una eficiencia de remoción del 75,11% de cadmio en condiciones de un suelo de Huamantanga. Asimismo, Sapaico (2020) también reportó una eficiencia menor en la remoción de cadmio de solo 13,39% en un periodo de dos meses en suelos agrícolas contaminados del centro poblado Huancaní, Jauja. Las diferencias encontradas pueden estar relacionadas a las dosis empleadas y los tiempos de evaluación (Huaraca-Fernandez et al., 2020), así como el tipo de suelo, tal como señalan Yan et al., (2021), que los efectos de las enmiendas orgánicas en el proceso de remediación del suelo varían según la heterogeneidad del suelo y la variabilidad del entorno.

Otras enmiendas orgánicas como la cascarilla de arroz carbonizada mostraron eficiencias similares al vermicompost y compost en cuanto a la remediación de cadmio en el suelo con un promedio del 56.7% en condiciones de un suelo del distrito de San Alejandro, Ucayali (Sabino, 2019).

Los buenos resultados obtenidos indican que las enmiendas orgánicas utilizadas redujeron la concentración de cadmio, todo lo contrario, a lo ocurrido en la investigación de Poma y Quiñonez (2022) en la cual tanto el compost y el vermicompost presentaron valores de 8,23 y 9,52 ppm de cadmio y en vez de ayudar a la reparación de los suelos contaminados incrementaron la concentración de cadmio.

En esta investigación se observó que en el caso del compost se necesitó una menor cantidad para remover de forma eficiente el cadmio del suelo, mientras que en el caso del vermicompost es necesaria una mayor cantidad para lograr una remoción eficiente del cadmio del suelo, estas diferencias estarían relacionadas a la composición de cada una de estas enmiendas orgánicas, puesto que las diferencias en la composición y las propiedades físicas y químicas del compost y el vermicompost pueden influir en la cantidad necesaria para remover eficientemente el cadmio del suelo y cada una de estas enmiendas puede tener ventajas y desventajas según las condiciones específicas del suelo y la meta de remoción de metales pesados (Contreras et al., 2020; Soobhany, 2018).

CONCLUSIONES

Las concentraciones de cadmio en el suelo agrícola antes de la incorporación de las enmiendas, fueron mucho más bajas de lo reportado en estudios anteriores. Los cinco puntos de muestreo estuvieron por debajo del ECA para suelo agrícola, con un valor mín. de 0.010 mg/kg y un valor máx. de 0.210 mg/kg, lo que puede deberse a la rotación de cultivos practicada en el área de estudio.

La concentración de cadmio en suelo agrícola luego de incorporación de las enmiendas reportó buenos resultados con una remoción total para el tratamiento a base de 3kg de compost por unidad experimental. Por otra parte, se observó un incremento de seis veces la concentración inicial de cadmio para el tratamiento testigo.

Los resultados obtenidos evidencian que tanto el compost como el vermicompost son eficientes en la remediación de suelos agrícolas con cadmio, siendo el tratamiento 3 (3kg de compost por unidad experimental) el que presentó el mayor porcentaje de remoción (100%). En ese sentido, las enmiendas orgánicas empleadas en la investigación representan una alternativa rentable y ecológica para la remediación de suelos agrícolas con cadmio destinados al cultivo de papa.

RECOMENDACIONES

Se recomienda, realizar para próximas investigaciones un análisis de caracterización físico-químico del suelo (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, potasio, fósforo, Capacidad de Intercambio Catiónico, sales, clase textural y densidad aparente) antes, durante y después de la aplicación de enmiendas, para conocer la relación que existe entre las propiedades del suelo y la acción descontaminante de las enmiendas orgánicas.

Se recomienda a los productores de la localidad de Conila, hacer uso de compost y vermicompost como alternativa de inmovilización de cadmio en los suelos del cultivo de “papa” y como agente de mejora de sus suelos.

Se recomienda realizar ensayos con el tratamiento T3 (compost=3kg) en terrenos con mayores concentraciones de cadmio, ya sean estos de origen agrícola, minero o industrial a fin de medir la eficiencia del compost a una escala mayor.

Se recomienda probar la eficiencia de otras enmiendas orgánicas solas o en asociación con plantas fitorremediadoras para la remediación y/o inmovilización del cadmio u otro metal presente en los suelos contaminados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adnan, M., Mukhtar, R., Khan, N., Zotarelli, L., Liu, G. D., Sarkhosh, A., Fernández-Zapata, J. G., Martínez, J. J. y García-Sánchez, F. (2019). Selenium impedes cadmium and arsenic toxicity in potato by modulating carbohydrate and nitrogen metabolism. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180: 588-599. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.037>
- Aghlidi, S., Cheraghi, M., Lorestani, B., Sobhanardakani, S., & Merrikhpour, H. (2020). Spatial distribution of Cadmium in agricultural soils of Eghlid County, South of Iran. *Journal Homepage*, 9(4), 311-324. https://web.archive.org/web/20210711024340id/http://jhygiene.muq.ac.ir/files/site1/user_files_6ceac6/cheraghi-A-10-177-2-49e8e8c.pdf
- Agraria (2020). *Minagri busca que consumo per cápita de papa en nuestro país alcance los 92 kilos al 2021*. <https://agraria.pe/noticias/minagri-busca-que-consumo-per-capita-de-papa-en-nuestro-pais-21626>
- Alarcón, W. K. y Mashuán, A. D. C. (2018). *Evaluación de Juncus Arcticus e incorporación de enmienda orgánica para la remediación de suelos contaminados con metales pesados de Huamachuco*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Archivo digital. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36913/alarcon_sw.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias, R (2019). Efectividad de las enmiendas calcáreas en suelos cacaoteros contaminados con cadmio en la Amazonía peruana (Trabajo de investigación) Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Científica del Sur. Lima-Perú. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1408/TBArias%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Asociación Pataz (2017). Manual del cultivo de papa para pequeños productores en la Sierra Norte del Perú. Primera edición. Disponible en: <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/manual-del-cultivo-de-papa.pdf>
- Azzolin. A (2019) Vermicompost VS Compost ¿cuáles son las diferencias? *Agricultura, Medio ambiente*. <https://francosrl.com/es/noticias/vermicompost-vs-compost-cuales-son-las-diferencias/>
- Bhat, S. A., Singh, S., Singh, J., Kumar, S., Pal, B. (2018). Bioremediation and detoxification of industrial wastes by earthworms: Vermicompost as powerful crop nutrient in sustainable agricultura. *Bioresource Technology*, 252, 172-179. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.003>

- Cargua, J. (2010). *Determinación de las formas de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn y su biodisponibilidad en suelos agrícolas del Litoral ecuatoriano*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Santo Domingo – Ecuador. Archivo digital. http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/19971/5048_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Contreras, M. K., Cuba, S. S. y Rojas, A. E. (2020). *Eficiencia del compostaje y vermicompostaje en la biorremediación de suelos contaminados con Cadmio y Plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga-Canta*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao]. Archivo digital. <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5802/TESIS-%20CONTRERAS%2c%20CUBA%2c%20ROJAS-%20FIARN-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chengshu W., Guanghui, Zhang., Pingzong Z., Shiqi Ch., Yuanqiang W. (2023). Spatial variation of soil functions affected by land use type and slope position in agricultural small watershed. *Catena*, 225. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107029>
- Escobar, S. S., Mastrocola, N. (2016). *Determinación de la presencia de plomo y cadmio en frutilla (Fragaria ananassa) y tomate (Solanum lycopersicum) en el Quinche*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10068/1/T-UCE-0004-81.pdf>
- FAO. (2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia. *La contaminación del suelo: Una realidad oculta?* (en línea, sitio web). Consultado 05 junio. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
- Gao.W., Liu.H., Nie.Z., Rengelb. Z., Qin.S., Zhao.P(2020) Toxicity of cadmium and its competition with mineral nutrients for uptake by plants: A review. *Pedosphere*. 30. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60002-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60002-9)
- González, X. (14 de septiembre de 2021). *Hojarasca y pH del suelo, factores determinantes para la presencia de cadmio en cacao*. Recuperado el 24 de mayo de 2023 de <https://www.redagricola.com/co/hojarasca-y-ph-del-suelo-factores-determinantes-para-la-presencia-de-cadmio-en-cacao/>
- Guanyan Li., Lijun Yan., Xiangmeng Chen., Su Shiung Lam., Jörg Rinklebe., Qing Yu., Yafeng Yang., Wanxi Peng., Christian Sonne (2023). Phytoremediation of cadmium from soil, air and wáter. *Chemosphere*.320 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138058>

- Hernández, E., Juárez, Y., Robledo, E., Díaz, P., y Acevedo, D. (2016). Acumulación de metales pesados en *Helianthus annuus* desarrollado en residuos de mina. *Iberoamericana de Ciencias*, 3(6): 1-36.
- Huaraca-Fernandez, J. N., Pérez-Sosa, L., Bustinza-Cabala, L. S. y Pampa-Quispe, N. B. (2020). Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión. *Información tecnológica*, 31(4), 139-152. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000400139>
- Huaynates, J. L. (2014). *Efecto de la materia orgánica en la absorción de Cadmio por el suelo, en la localidad de Supte*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Archivo digital. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/451>
- INEI [Instituto Nacional de Estadística e Informática]. (2017). Censos Nacionales 2017: XII de población y VII de vivienda. Sistema de Consulta de Datos. Disponible en: <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- Jiménez. R (2017) *Introducción a la contaminación de suelos*. 3ra Edición Mundi-Prensa. Madrid (España).
- Jones, S., Bardos, R. P., Kidd, P. S., Mench, M., Leij, F., Hutchings, T., Cundy, A., Joyce, C., Soja, G., Friesl-Hanl, W., Herzig, R., Menger, P. (2016). Biochar and compost amendments enhance copper immobilisation and support plant growth in contaminated soils. *Journal of Environmental Management*, 171, 101-112. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.024>
- Juste.I. (2021). *Contaminación del suelo: causas, consecuencias y soluciones*. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-del-suelo-causas-consecuencias-y-soluciones-285.html>
- Kraut. C.J., Shawahna. R., Ibrahim, S. , Raviv. M., Stefan U., (2023). Short- and long-term effects of continuous compost amendment on soil microbiome community. *Computational and Structural Biotechnology Journal*.22.<https://doi.org/10.1016/j.csbj.2023.05.030>
- Lenntech (2022). *Cadmio- Cd, propiedades químicas del Cadmio, efectos del Cadmio sobre la salud, efectos ambientales del Cadmio*. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm>
- Marković, J., Jović, M., Smičiklas, I., Šljivić-Ivanović, M., Onjia, A., Trivunac, K., Popović, A. (2019). Cadmium retention and distribution in contaminated soil: effects and interactions of soil properties, contamination level, aging time and in situ immobilization agents. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 174, 305-314. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.03.001>

- Martinez, M. D. y Marrugo, N. J. (2021). Efecto de la adición de enmiendas en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2).
- Mendoza, R. B. y Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para Muestreo de Suelos. <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Mendoza-Escalona, B., Torres-Rdoríguez, D., Merú, L., Gómez, C., Estanga-Barrios, M. y García-Orellana, Y. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *Tecnológicas*, 24(51), 1-12. <https://doi.org/10.22430/22565337.1738>
- MIDAGRI [Ministerio de Agricultura y Riego]. (2021). *Producción de papa este año cerraría alrededor de los 5.4 millones de toneladas sumando más de S/ 3,240 millones*. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/494292-produccion-de-papa-este-ano-cerraria-alrededor-de-los-5-4-millones-de-toneladas-sumando-mas-de-s-3-240-millones>
- MINAM [Ministerio del Ambiente]. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- MINAM [Ministerio del Ambiente]. (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>
- Mora, K., y Medina, G. (2017). *Acumulación de metales pesados en suelos agrícolas con cultivo de banano en el sector el Moral, recinto Santa Cruz, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi*. [Tesis De Pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Archivo digital. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2018/1/T-UTEQ-0035.pdf>
- Munive, R. V. (2018). *Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el Valle del Mantaro mediante compost de Stevia y fitorremediación*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Archivo digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3770>
- Oliva, M., Camas, D., Valqui, X., Meléndez, J. y Leiva, S. (2019). Quantitative Determination of Cadmium (Cd) in Soil-Plant System in Potato Cropping (*Solanum tuberosum* var. Huayro). *Hindawi Advances in Agriculture 2019*: 1-4. <https://doi.org/10.1155/2019/9862543>
- Ouyang,S., Sol.J., Xiangang- hu., Zhou. Q., Zhicheng- bi. (2023). Effect of natural soil nanocolloids on the fate and toxicity of cadmium to rice (*Oryza sativa* L.) roots.

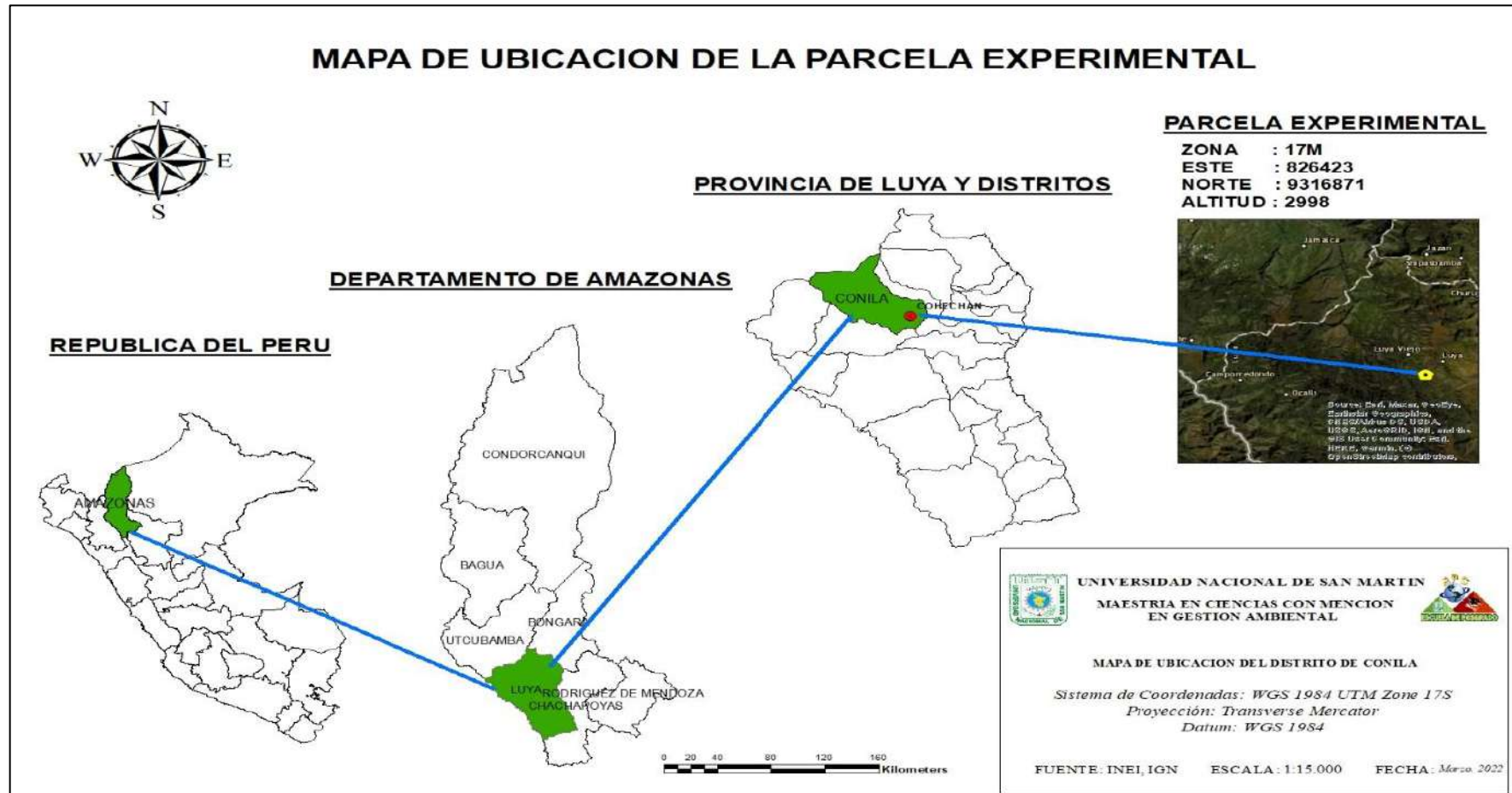
Science of The Total Environment. 879.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162887>

- Pandey, A., Awasthi, M., Zengqiang, Z. (2022). Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. *Advances in Composting and Vermicomposting Technology*.
<https://doi.org/10.1016/C2021-0-00297-2>
- Peña-River, M. y Beltrán-Lázaro, E. (2022). Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la Estación Experimental el Mantaro. *Prospectiva Universitaria*, 9(1): 31-45.
<https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2012.9.34>
- Poma, A. A. y Quiñonez, C. E. (2022). *Efecto de enmiendas orgánicas en la fitorremediación con Zea mays l. en un suelo contaminado con cadmio. Leonor Ordoñez, Jauja – 2021*. [Tesis de grado, Universidad Continental]. Archivo digital.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11108/1/IV_FIN_107_TE_Poma_Qui%c3%b1onez_2022.pdf
- Prieto, J., González, C. A., Román, A. D., Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 29-44.
- Ramírez, F., Fournier, M. L., Ruedert, C. e Hidalgo, C. (2014). Uso de agroquímicos en el cultivo de papa en Pacayas, Cártago, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 25, 337-345.
- Ríos, R. A. (2017) “*Comparación de las Eficiencias Fitorremediadoras de las Especies Lolium Perenne, Pelargonium Hortorum y Fuertesimalva Echinata en la Reducción de la Concentración de Plomo en Suelos Agrícolas del distrito de Huamantanga, 2017*”. [Tesis de pre grado, Universidad Cesar Vallejo]. Archivo digital.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3591>
- Salmanzadeh, M., Hartland, A., Stirling, C. H., Balks, M. R., Schipper, L. A., Joshi, C. and George, E. (2017). Isotope Tracing of Long-Term Cadmium Fluxes in an Agricultural Soil. *Environ Sci Technol*, 51(13), 7369-7377.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00858>
- Sapaico, Y. (2020). *Efecto de la cal, materia orgánica y EM en el contenido de cadmio de un suelo contaminado en el centro poblado de Huancaní, distrito de Leonor Ordoñez, provincia de Jauja-2019*. [Tesis de grado, Universidad Continental]. Archivo digital.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8166/3/IV_FIN_107_TE_Sapaico_Chancasanampa_2020.pdf
- Soobhany, N. (2018). Remediation potential of metalliferous soil by using extracts of composts and vermicomposts from Municipal Solid Waste. *Process Safety and*

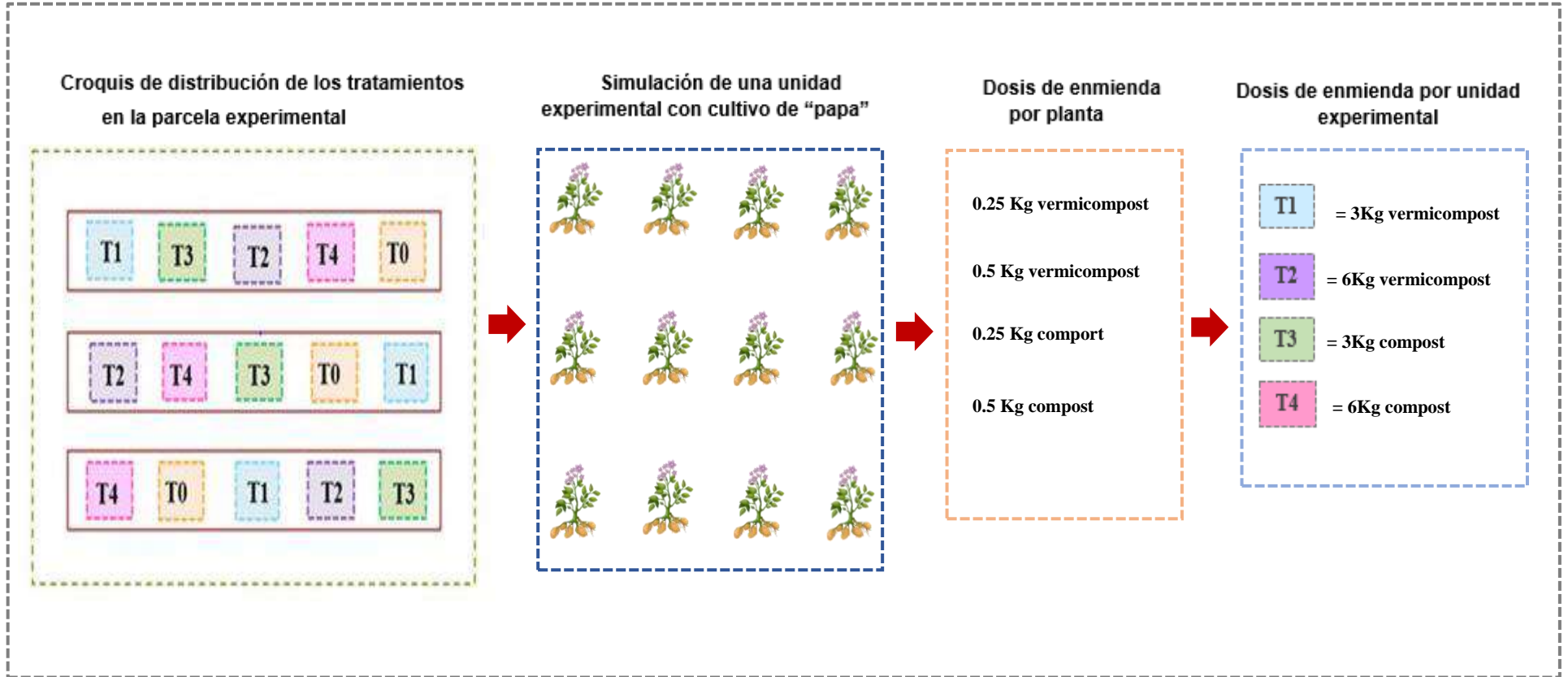
- Environmental Protection*, 118, 285-295.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.07.005>
- Stanturf, A. S., Callaham, A.M., Pale, M. (2021). Chapter 1 - Soils are fundamental to landscape restoration. *Soils and Landscape Restoration*, 1-37.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813193-0.00001-1>
- Tafur, D. y Barboza, J. F. (2019). *Propuesta de la cadena comercial de papa para mejorar la competitividad del distrito de Levanto- provincia de Chachapoyas-región Amazonas-2017*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Archivo digital.
<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1708/Barboza%20Inga%20Jhoan%20Fernando%20-%20Tafur%20Tuesta%20David.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tenecela, X. (2012). Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. Ecuador, Universidad de Cuenca. 113 p. Archivo digital. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3252>
- Vázquez, J. E. (2018). *Recuperación de suelos degradados por el manejo de *Gypsophia paniculata* bajo condiciones de molina. Lima*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional la molina]. Archivo digital. <http://docplayer.es/73113564-Universidad-nacional-agraria-la-molina.html>
- Villegas, M., & Laínez, J. R. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 393-406. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n2/2007-0934-remexca-8-02-393-en.pdf>
- Welikala, D., Robinson, B. H., Moltchanova, E., Hartland, A. y Lehto, N. J. (2021). Soil cadmium mobilisation by dissolved organic matter from soil amendments. *Chemosphere*, 271: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129536>
- Yan, J., Fischel, M., Chen, H., Siebecker, M. G., Wang, P., Zhao, F. J., Sparks, D. L. (2021). Cadmium speciation and release kinetics in a paddy soil as affected by soil amendments and flooding-draining cycle. *Environmental Pollution*, 268 (2), 115944. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115944>
- Zhou, R., Liu, X., Luo, L., Zhou, Y., Wei, J., Chen, A., Tang, L., Wu, H., Deng, Y., Zhang, F. y Wang, Y. (2017). Remediation of Cu, Pb, Zn and Cd-contaminated agricultural soil using a combined red mud and compost amendment. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 118: 73-81.
<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.01.023>

ANEXOS

Anexo 1: Ubicación geográfica de la investigación



Anexo 2: Dosis de enmiendas aplicas en los tratamientos.



Anexo 3: Delimitación e instalación de la parcela experimental.



Anexo 4: Recolección de muestras (antes de la incorporación de las enmiendas).



Anexo 5: Aplicación de enmiendas.

Anexo 6: Recolección de muestras finales (posterior a la incorporación de las enmiendas orgánicas).



Anexo 7: Ficha de monitoreo de aplicación de enmiendas orgánicas.

Tratamiento	Repetición	Aplicación de enmiendas			
		Vermicompost		Compost	
		Dosis 1 (3 Kg)	Dosis 2 (6 Kg)	Dosis 1 (3 Kg)	Dosis 2 (6 Kg)
T1	1				
T1	2				
T1	3				
T2	1				
T2	2				
T2	3				
T3	1				
T3	2				
T3	3				
T4	1				
T4	2				
T4	3				

Anexo 8: Análisis inicial de cadmio en el suelo

		UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
		INFORME DE ENSAYO N° 1716 - 1720		Página: 1/1

1. DATOS :

Solicitante : MIXY GOÑAS MENDOZA

Departamento : AMAZONAS

Provincia : LUYA

Distrito : CONILA

Caserío : COHECHAN

N. Parcela : SIN

Cod. Muestra : 1716 - 1720

Fecha : 08/12/22

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO Cd. SUELOS

Lab	Número de Muestra		Cd ppm
	Muestra		
1716	M-1		0,060
1717	M-2		0,070
1718	M-3		0,210
1719	M-4		0,010
1720	M-5		0,040

*Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal de LABISAG.
Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.
Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABISAG

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABORATORIO DE INVESTIGACION DE SUELOS Y AGUAS LABISAG

M. Sc. JESUS RASCÓN BARRIOS
RESPONSABLE

Tec. Elden Chichipe Vela
RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG


RESPONSABLE DE LABISAG

RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

Recibi conforme Nombre: DNI: Fecha y Hora: Firma de Conformidad

Calle Higin Uico N° 342 350 356 - Calle Universitaria N° 304 - Chachapoya - Amazonas - Perú
labisag@untra.edu.pe / labisag@indes-cvz.edu.pe

Anexo 9: Análisis de cadmio posterior a la incorporación de enmiendas

		UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
INFORME DE ENSAYO N° 118 - 125			Página .../...	

1. DATOS :
Solicitante : MISXY GOÑAS MENDOZA
Departamento : AMAZONAS
Provincia : LUYA
Distrito : CONILA
Casero : S/N
N. Parcela : S/N
Cod. Muestra : 118-125
Fecha : 23/03/23

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO Cd. SUELOS



Lab	Número de Muestra		Cd ppm
		Muestra	
118		T0 B1	0,011
119		B1T1	<0,005
120		B1T2	<0,005
121		B1T3	<0,005
122		B1T4	<0,005
123		T0 B2	1,140
124		B2T1	0,120
125		B2T2	<0,005

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal de LABISAG. Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS LABISAG  M. Sc. JESÚS FRANCISCO BARRIOS RESPONSABLE RESPONSABLE DE LABISAG	UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS LABISAG  Tec. Eider Chihipe Vela RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG	Recibí conforme Nombre: DNI: Fecha y Hora Firma de Conformidad
--	---	--

Calle Higos Urco N° 342-350-356 - Calle Universitaria N° 304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
 labisag@untra.edu.pe / labisag@indec-ces.edu.pe

Anexo 9: Análisis de cadmio posterior a la incorporación de enmiendas


	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01
INFORME DE ENSAYO Nº 126 - 132		Página .../...	


1. DATOS :
Solicitante : MISXY GOÑAS MENDOZA
Departamento : AMAZONAS
Provincia : LUYA
Distrito : CONILA
Caserío : S/N
N. Parcela : S/N
Cod. Muestra : 126-132
Fecha : 23/03/23

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO Cd. SUELOS

Número de Muestra		Cd
Lab	Muestra	ppm
126	B2T3	<0,005
127	B2T4	0,030
128	T0 B3	0,360
129	B3T1	0,110
130	B3T2	0,030
131	B3T3	<0,005
132	B3T4	<0,005

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal de LABISAG. Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


M. Sc. JERÓNIMO RASCON BARRIOS
RESPONSABLE
RESPONSABLE DE LABISAG


UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES DE SUELOS Y AGUAS LABISAG
Ted. Eider Chichipe Vela
RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS
RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG

Recibi conforme

Nombre: _____

DNI: _____

Fecha y Hora _____

Firma de Conformidad

Calle Higos Uroo N° 342-359-356 - Calle Universitaria N° 364 - Chachapoyas - Amazonas - Peru
 labisag@untra.edu.pe / labisag@indes.ces.edu.pe

Anexo 10: Datos de concentraciones de cadmio y eficiencia a los 90 días de aplicado el tratamiento

Tratamientos	Día 90	Concentración final Cadmio (mg/kg)	Concentración inicial de Cadmio (mg/kg)	Eficiencia (%)
Testigo	B1T0	0.011		0.00
Testigo	B2T0	1.140		0.00
Testigo	B3T0	0.360		0.00
T1	B1T1	0.000	0.082	100.00
T1	B2T1	0.120	0.082	0.00
T1	B3T1	0.110	0.082	0.00
T2	B1T2	0.000	0.082	100.00
T2	B2T2	0.000	0.082	100.00
T2	B3T2	0.030	0.082	63.41
T3	B1T3	0.000	0.082	100.00
T3	B2T3	0.000	0.082	100.00
T3	B3T3	0.000	0.082	100.00
T4	B1T4	0.000	0.082	100.00
T4	B2T4	0.030	0.082	63.41
T4	B3T4	0.000	0.082	100.00

La concentración de cadmio inicial fue el promedio de las cinco muestras iniciales que se extrajo del suelo (Anexo 8).

Anexo 11: Análisis estadístico.**Estadística descriptiva: media y desviación estándar****Informe**

Tratamientos		Cadmio (mg/kg)	Eficiencia (%)
T0	Media	0,50	0,00
	N	3,00	0,00
	Desv. típ.	0,58	0,00
T1	Media	0,08	33,33
	N	3,00	3,00
	Desv. típ.	0,07	57,74
T2	Media	0,01	87,80
	N	3,00	3,00
	Desv. típ.	0,02	21,13
T3	Media	0,00	100,00
	N	3,00	3,00
	Desv. típ.	0,00	0,00
T4	Media	0,01	87,80
	N	3,00	3,00
	Desv. típ.	0,02	21,13
Total	Media	0,12	67,56
	N	15,00	15,00
	Desv. típ.	0,30	43,97

Anexo 12: Carta de respaldo a tesista otorgada por el propietario**ACTA DE RESPALDO A TESISTA**

Mediante la presente doy fe de la información consignada por la Tesista Mixsy Gofas Mendoza en su informe de Tesis Titulado: **Enmiendas orgánicas en suelos agrícolas con Cadmio (Cd) para el cultivo de papa, Luya- Amazonas**. Esta información esta referida a que, en los años 2019, 2020 y 2021 la parcela experimental fue utilizada con cultivos rotatorios como maíz (*Zea mays*), pastos forrajeros: Ray Grass (*Lolium perenne*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*). En señal de conformidad firma el propietario de la parcela experimental.



SR: HAMILTON GRANDEZ CULLAMPE
DNI N: 40550838

Enmiendas orgánicas en suelos agrícolas con Cadmio (Cd) para cultivo de papa, Luya-Amazonas

por Mixsy Goñas Mendoza

Fecha de entrega: 21-mar-2024 12:59p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2325999869

Nombre del archivo: TESIS_DE_MAESTRIA__Mixsy_Go_as_Mendoza_VF_21-03.docx (5.15M)

Total de palabras: 9240

Total de caracteres: 53200

Enmiendas orgánicas en suelos agrícolas con Cadmio (Cd) para cultivo de papa, Luya- Amazonas

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	1%
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	revistas.ug.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%