

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS
NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES



**“EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE
EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS
CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES
MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

AUTORES

CONTRERAS TAPIA MELISSA KAREN
CUBA VILCAPOMA SHEYLA STEFANY
ROJAS HUAROTO AURORA ESPERANZA

Callao, 2020
PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

N° 001-2021-JST-FIARN

Siendo las 15:15 pm. del día viernes 15 de enero de 2021, en el aula virtual facilitado por la plataforma Google Meet; se dio inicio a la Exposición de la Tesis titulada: "EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA" para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de las bachilleres: Sheyla Stefany Cuba Vilcapoma, Aurora Esperanza Rojas Huaroto y Melissa Karen Contreras Tapia.

Contando con la asistencia virtual del Jurado de Sustentación de Tesis y Asesora, a fin de dar cumplimiento a la Resolución N° 002-2021-D-FIARN de fecha 06 de enero de 2021, los mismos que están integrados por los siguientes docentes:

- | | |
|--|------------|
| ✓ Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa | Presidente |
| ✓ Bigo. Abelardo Virgilio Martín Isla Medina | Secretario |
| ✓ Lic. Janet Mamani Ramos | Vocal |
| ✓ Ms.C. Carmen Elizabeth Barreto Pío | Asesora |

Terminada la exposición, el Presidente del Jurado de Sustentación invita a las bachilleres se retiren momentáneamente del aula virtual para las deliberaciones del caso.

Luego de las deliberaciones el Jurado de Sustentación de tesis acuerda: **APROBAR POR UNANIMIDAD**, con el Calificativo de **MUY BUENO** y da por terminado el acto de exposición.

En señal de conformidad firman el Jurado Evaluador y Asesora, siendo las 17:00 horas del día viernes 15 de enero de 2021.



Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa
Presidente



Bigo. Abelardo Virgilio Martín Isla Medina
Secretario



Lic. Janet Mamani Ramos
Vocal



MsC. Carmen Barreto Pío
Asesora

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
COMISION DE GRADOS Y TITULOS

**ACTA DE INSTALACIÓN DEL JURADO DE SUSTENTACIÓN DE
TESIS**

N° 001-2021-JST-FIARN

Siendo las 15:00 horas del día viernes 15 de enero de 2021, se dio inicio a la Ceremonia de Instalación de sustentación de tesis por medio sincrónico en la Plataforma virtual Google Meet, con la participación de los miembros del Jurado de Sustentación de Tesis conformado por los docentes: Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa (Presidente), Bigo. Abelardo Virgilio Martín Isla Medina (Secretario), Lic. Janet Mamani Ramos (Vocal), MsC. Carmen Elizabeth Barreto Pío (Asesora), en cumplimiento a la Resolución N° 151-2020-D-FIARN, de fecha 01 de diciembre de 2020, donde resuelve reconstituir al Jurado de Sustentación de Tesis, presentada por las bachilleres: Sheyla Stefany Cuba Vilcapoma, Aurora Esperanza Rojas Huaroto y Melissa Karen Contreras Tapia, titulada:

“EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA”

Acto seguido, se instala el Jurado de Sustentación de Tesis, luego el secretario da lectura a la Resolución N° 002-2021-D-FIARN, de fecha 06 de enero de 2021, que autoriza llevar a cabo la Sustentación de la Tesis, para lo cual se invita a las bachilleres: Sheyla Stefany Cuba Vilcapoma, Aurora Esperanza Rojas Huaroto y Melissa Karen Contreras Tapia, a defender la tesis. Siendo las 15:15 pm. del día viernes 15 de enero de 2021, se da por culminada la Ceremonia de Instalación de sustentación de tesis.



Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa
Presidente



Bigo. Abelardo Virgilio Martín Isla Medina
Secretario



Lic. Janet Mamani Ramos
Vocal



MsC. Carmen Barreto Pío
Asesora

DEDICATORIA

Dedicamos la presente investigación a todas las personas que gustan de la búsqueda del conocimiento a favor de encontrar novedosas soluciones sostenibles en el tiempo para la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, Señor nuestro y dador de vida, por darnos la capacidad y la fortaleza día a día. A nuestros familiares, nuestra asesora la Mg Carmen Barreto, y amigos que nos brindaron su apoyo incondicional en todo el proceso de la elaboración de esta investigación.

INDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Descripción de la realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Objetivos.....	16
1.4. Limitantes de la Investigación	17
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases Teóricas.....	22
2.3. Conceptual	28
2.4. Definición de términos básicos	30
CAPÍTULO III.....	32
HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	32
3.1. Hipótesis	32
3.2. Definición Conceptual de Variables	32
CAPÍTULO IV	34
DISEÑO METODOLÓGICO	34
4.1. Tipo y diseño de investigación	34
4.2. Método de Investigación.....	34
4.3. Población y muestra.....	38
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado	39
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	39
4.6. Análisis y procesamiento de datos	43
CAPÍTULO V	46
RESULTADOS	46
5.1. Resultados descriptivos.....	46
5.2. Resultados inferenciales	62
CAPÍTULO VI	76

DISCUSIÓN DE RESULTADOS	76
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	76
6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares	80
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	81
CAPÍTULO VII	82
CONCLUSIONES.....	82
CAPÍTULO VIII	83
RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS.....	1

TABLAS DE CONTENIDO

Tabla N° 2.1. PARÁMETROS PARA MEDIR EN EL COMPOSTAJE	24
Tabla N° 2.2. TAXONOMÍA DE LA LOMBRIZ EISENIA FOETIDA	25
Tabla N° 2.3. MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE LA <i>EISENIA FOETIDA</i>	26
Tabla N° 3.1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	33
Tabla N° 4.1. TRATAMIENTOS POR COMPOSTAJE	36
Tabla N° 4.2. TRATAMIENTOS POR VERMICOMPOSTAJE	36
Tabla N.° 4.3. TÉCNICAS ANALÍTICAS- LABORATORIO	42
Tabla N° 5.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA INICIAL DEL SUELO.	47
Tabla N° 5.2. CONCENTRACIONES INICIAL DE METALES PESADOS EN EL SUELO.	46
Tabla N° 5.3. CONCENTRACIÓN DE Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE	47
Tabla N° 5.4. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE	47
Tabla N° 5.5. CONCENTRACIÓN DE Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE	48
Tabla N° 5.6. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE	49
Tabla N° 5.7. CONCENTRACIÓN DE Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE	50
Tabla N° 5.8. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE	51
Tabla N° 5.9. CONCENTRACIÓN DE Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE	52
Tabla N° 5.10. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE	53
Tabla N° 5.11. CANTIDAD DE LOMBRICES	54

Tabla N° 5.12. EFICIENCIA DE LA BIORREMEDIACIÓN DEL VERMICOMPOSTAJE EN EL Pb.	55
Tabla N° 5.13. EFICIENCIA DE LA BIORREMEDIACIÓN DEL VERMICOMPOSTAJE EN EL Cd.	56
Tabla N° 5.14. CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE Pb Y % DE REMOCIÓN.	58
Tabla N° 5.15. CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE Cd Y %DE REMOCIÓN.	59
Tabla N° 5.16. CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE Pb Y CONCENTRACIÓN DE Pb EN EL ECA SUELO	64
Tabla N° 5.17. CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE Cd Y CONCENTRACIÓN DE Cd EN EL ECA SUELO	68
Tabla N° 5.18. PROMEDIOS DE CONCENTRACIONES DE CADMIO	71
Tabla N° 5.19. EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA CONCENTRACION DE PLOMO	72
Tabla N.º 5.20. CONSTRATACION DE EFICIENCIA DE TRATAMIENTOS	
Tabla N.º 5.21. PROMEDIOS DE CONCENTRACIONES DE CADMIO	
Tabla N.º 5.22. EFICIENCIA DE PROMEDIOS DE CONCENTRACIONES DE CADMIO	

TABLA DE FIGURAS

Figura N° 1.1. CARTERA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN MINERA POR REGIONES, 2010 (EN PORCENTAJES Y MILLONES DE DÓLARES)	14
Figura N° 2.1. FASES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE Y POBLACIONES MICROBIANAS ASOCIADAS	24
Figura N.º 2.2. MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS METALES EN LAS LOMBRICES	29
Figura N° 4.1 TOMA DE MUESTRA P-04	35
Figura N° 4. 2. TOMA DE MUESTRA P-12	35
Figura N° 4.3. ESTIÉRCOL DE CUY	37
Figura N° 4.4 LOMBRICES EN EL TRATAMIENTO	37
Figura N° 4.5. UBICACIÓN DE LOS PASIVOS MINEROS EN LIMA –CANTA	39
Figura N° 4.6. TRATAMIENTO DE COMPOSTAJE	40
Figura N° 4.7. TRATAMIENTO DE VERMICOMPOSTAJE	40
Figura N° 4.8 TERMÓMETRO	41
Figura N° 4.9 PHMETRO	41
Figura N° 4.10 BALANZA	41
Figura N° 4.11. LOMBRICES CONTAMINADAS	45
Figura N° 4.12. SECADO DE MUESTRA DE LOMBRICES EN ESTUFA	45
Figura N° 4.13 MOLIENDA DE LOMBRICES	45
Figura N° 4.14. PESADO DE LA MUESTRA DE LOMBRICES	45
Figura N° 5.1. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Pb EN EL COMPOSTAJE	48
Figura N° 5.2. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL Pb EN EL COMPOSTAJE	49
Figura N° 5.3. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Cd EN EL COMPOSTAJE	50
Figura N° 5.4. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL Cd EN EL COMPOSTAJE	51

Figura N° 5.5. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Pb EN EL VERMICOMPOSTAJE	52
Figura N° 5.6. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL Pb EN EL VERMICOMPOSTAJE	53
Figura N° 5.7. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Cd EN EL VERMICOMPOSTAJE	54
Figura N° 5.8. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL Cd EN EL VERMICOMPOSTAJE	55
Figura N° 5.9. EFICIENCIA DEL Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE	57
Figura N° 5. 10. EFICIENCIA DEL Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE	58
Figura N° 5.11. EFICIENCIA DEL Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE	59
Figura N° 5.12. EFICIENCIA DEL Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE	60
Figura N° 5.13. EFICIENCIAS DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL PLOMO (Pb)	61
Figura N° 5.14. EFICIENCIAS DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CADMIO (Cd)	61
Figura N° 5.15. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CONCENTRACION DE PLOMO DEL TRATAMIENTO DE COMPOSTAJE	63
Figura N° 5.16. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CONCENTRACION DE PLOMO DEL TRATAMIENTO DE VERICOMPOSTAJE	64
Figura N° 5.17. PRUEBA DE ANOVA DE EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO	66
Figura N° 5.18. PRUEBA DE TUKEY DE EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO	68
Figura N° 5.19. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CONCENTRACION DE PLOMO DEL TRATAMIENTO DE COMPOSTAJE	70
Figura N° 5.20. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CONCENTRACION DE PLOMO DEL TRATAMIENTO DE COMPOSTAJE	71
Figura N° 5.21.PRUEBA DE ANOVA DE EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA CONCENTRACION DE CADMIO	74

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de buscar tecnologías alternativas para la biorremediación de suelos contaminados con cadmio (Cd) y plomo (Pb) por pasivos ambientales mineros de Huamantanga – Canta. Para esta problemática, se determinó tres tratamientos que consistían en la elaboración de compostaje y vermicompostaje a diferentes cantidades de sustrato, estiércol de cuy, suelo contaminado y lombriz (*Eisenia foetida*), para lo cual se realizó tres repeticiones a cada tratamiento y se trabajó con una muestra en blanco. Las concentraciones iniciales fueron de 8.8 mg/kg en Cd y 11134.13 mg/kg en Pb. Los resultados permitieron determinar que técnica presentó mayor eficiencia en la biorremediación de suelos contaminados, donde el tratamiento T1V presentó 76.99%, una mayor eficiencia en la biorremediación de plomo seguido de los demás tratamientos de vermicompostaje T2V (74,11 %) y T3V (56.21%), para el caso de cadmio se muestra una mayor eficiencia en el tratamiento T1V donde se presentó un 75.14 % de eficiencia de remoción del contaminante seguido del tratamiento T2V (73,5%) y T3V (56.58%); en los tratamientos de compostaje se evidenció una mayor eficiencia en el tratamiento T3C donde se muestra un valor de 52.75 % para el plomo, este fue seguido de los tratamientos T2C con 25,99% y T1C con 15.58 %. Asimismo, el tratamiento T3C fue el más eficiente 47.10% en la biorremediación de cadmio seguido del tratamiento T2C con un valor de 11.91% y T3C con 0.45%, el tratamiento por medio del vermicompostaje fue el más eficiente en el presente estudio.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the purpose of looking for alternative technologies for bioremediation of soils contaminated with cadmium (Cd) and lead (Pb) due to mining environmental liabilities of Huamantanga - Canta. For this problem, three treatments were determined that consisted of composting and vermicomposting to different amounts of substrate, guinea pig manure, contaminated soil and earthworm (*Eisenia foetida*), for which three repetitions were made to each treatment and worked with A blank sign. The initial concentrations were 8.8 mg / kg in Cd and 11134.13 mg / kg in Pb.

The results allowed us to determine which technique presented greater efficiency in the bioremediation of contaminated soils, where the T1V treatment presented 76.99%, a greater efficiency in the bioremediation of lead followed by the other vermicomposting treatments T2V (74.11%) and T3V (56.21 %), in the case of cadmium, a greater efficiency in the T1V treatment is shown where 75.14% of the pollutant removal efficiency was presented followed by the T2V (73.5%) and T3V (56.58%) treatment; in composting treatments, a greater efficiency in the T3C treatment was shown, showing a value of 52.75% for lead, this was followed by T2C treatments with 25.99% and T1C with 15.58%. Also, the T3C treatment was the most efficient 47.10% in cadmium bioremediation followed by the T2C treatment with a value of 11.91% and T3C with 0.45%, the treatment through vermicomposting was the most efficient in the present study.

INTRODUCCIÓN

El Perú tiene como principal eje económico a la actividad minera, esta a su vez genera pasivos ambientales el cual representa la problemática de mayor envergadura a nivel nacional obteniendo un total de 8854 números de pasivos ambientales mineros de los cuales solo el 1.08% son entregados para remediación asumidos por el estado. (MINEM, 2016). El inadecuado manejo de estos pasivos ambientales de tipo relave mineros contienen un alto porcentaje de sustancias tóxicas como los metales pesados (cadmio, plomo, arsénico, sulfuros entre otros) que se generan por parte de las operaciones de la actividad minera, y sin seguir especificaciones técnicas de seguridad y en donde los residuos depositados pueden provocar efectos limitando el uso de los suelos afectando su calidad, degradando la flora y fauna y restringiendo los derechos de las poblaciones locales aledañas de usar tales recursos sin correr el riesgo de afectar su salud.

Tal es el caso de la provincia de Huamantanga – Canta donde la presencia de los relaves mineros, afectan los cultivos y limita el desarrollo agrícola, esta investigación presentará la mejor alternativa de solución para repotenciar la calidad de los suelos en base a la contracción de los metales pesados como lo son el cadmio y plomo, haciendo uso de las técnicas de biorremediación como el compostaje y el vermicompostaje, evaluando su eficiencia a través del tiempo.

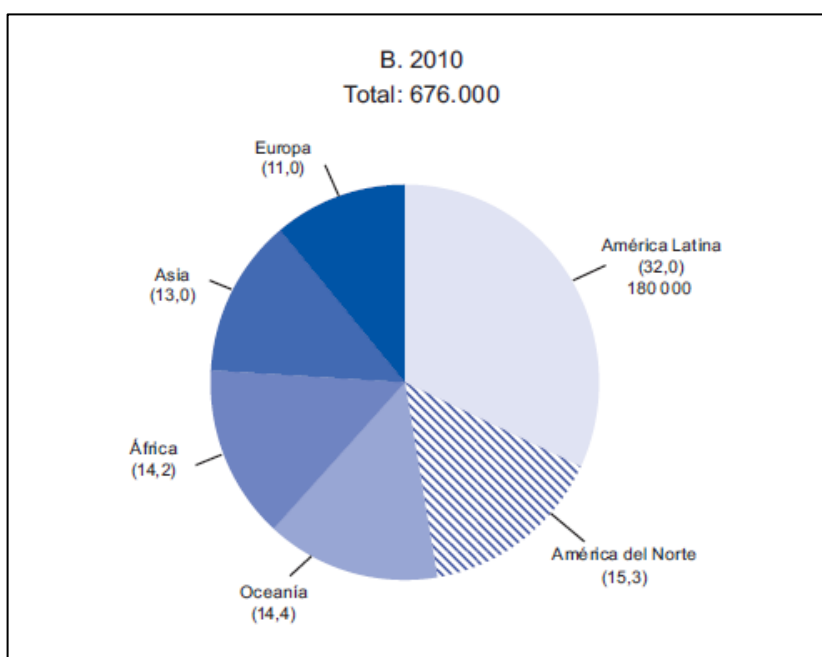
CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

América Latina y el Caribe como región ha sido el principal destino de la inversión en exploración minera mundial desde 1994; entre ellos trece países de América Latina ocupan una posición dentro de los 15 mayores productores del mundo siendo nuestro país uno de los primeros productores mundiales de plata, cobre, oro y plomo (Hugo Altomonte, Jean Acquatella, Andrés Arroyo, Andrei Jouravlev, Jeannette Lardé, René Salgado, 2013).

Figura N.º 1.1. CARTERA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN MINERA POR REGIONES, 2010 (EN PORCENTAJES Y MILLONES DE DÓLARES)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de la encuesta del Engineering & Mining Journal.

El Perú es un país el cual tiene como principal eje económico a la actividad minera este representa el 2,4 % del PBI nacional (INEI, 2017), así mismo representa la problemática de mayor envergadura a nivel nacional obteniendo

un total de 8854 números de pasivos ambientales mineros (MINEM, 2016) aprobado por RM 535-2016-MEM/DM.

Lima cuenta con 84 ex unidades mineras las cuales generaron en la actualidad 693 pasivos ambientales mineros, viniéndose incrementándose en un 91 % a lo largo de los últimos 10 años, así también los residuos mineros constituyen un 30.72% y los relaves 341 en todo el país y solo el 1.08% son pasivos que fueron entregados para remediación asumidos por el estado (MINEM, 2016).

En el distrito de Huamantanga ubicado en la provincia de Canta departamento de Lima se encuentra el pasivo ambiental minero llamado "Concentradora Canta", este es de tipo residuo minero y de subtipo "relave" (MINEM, 2016) aprobado por RM 535-2016-MEM/DM).

Los relaves mineros contienen metales pesados estos tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo de las raíces de los cultivos (Colin, 1999) siendo estas especies de consumo para los animales y participando de esta manera en la cadena alimenticia, provocando daños a la salud en las personas del área de influencia directa de estos pasivos ambientales mineros.

La Organización Mundial de la Salud indica que el plomo es una sustancia tóxica que se va acumulando en el organismo afectando a diversos sistemas del organismo, hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos además se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo, No existe un nivel de exposición al plomo que pueda considerarse seguro. (OMS, 2017).

El cadmio tiene efectos tóxicos en los riñones y en los sistemas óseo y respiratorio; además, está clasificado como carcinógeno para los seres humanos (OMS, 2017).

La problemática de los pasivos ambientales mineros es el abandono de los titulares no identificados, puesto que este caso el estado asumirá la tarea de remediación de estos (Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera Ley N.º 28271, 2004), así también el pasivo ambiental minero "Concentradora Canta" no cuenta con el responsable de la remediación es decir esta no identificado, (MINEM, 2016).

En la actualidad se disponen de diversas tecnologías para la recuperación de suelos contaminados con metales pesados (Lázaro, 2008), entre estas las técnicas o métodos de biorremediación para recuperación del suelo están relacionados con procesos denominados naturales, biológicos o de biorremediación. (Pino López, 2011), y así se evitará el riesgo potencial para la salud de la población aledaña y el ecosistema circundante.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

De la problemática expresa se formula la siguiente interrogante:

¿Cuál es la alternativa más eficiente entre el compostaje y el vermicompostaje en la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta?

1.2.2. Problemas específicos

1.- ¿Cuáles son las características físicas químicas de los suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga – Canta?

2.- ¿Cuál será la eficiencia del compostaje en los procesos de biorremediación en suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga – Canta?

3.- ¿Cuál será la eficiencia del vermicompostaje en los procesos de biorremediación en suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga – Canta?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el tratamiento más eficiente entre el compostaje y vermicompostaje para la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.

1.3.2. Objetivos específicos

- 1.- Identificar las características físicas químicas de suelo contaminado con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.
- 2.- Determinar la eficiencia de la biorremediación por compostaje de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.
- 3.- Determinar la eficiencia de la biorremediación por vermicompostaje de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.

1.4. Limitantes de la Investigación

1.4.1 Limitante teórica

Con respecto a estas limitaciones podemos mencionar que no se tenía referencias bibliográficas sobre la bioacumulación de Cd en *Eisenia Foetida* o la reacción de esta con este metal, Sin embargo, algunos resultados de estudios científicos relacionados con otros metales impulsaron analizar este metal teniendo en cuenta que es muy contaminante en el suelo y sus efectos sobre la salud son nocivos.

1.4. 2 La limitante temporal

Con respecto a la limitación temporal y metodológica se debe a que en la ejecución de la parte experimental se tuvo que realizar una actividad adicional a las que se tenían establecidas, esta fue el cambio de lombrices, y el análisis de estas, siendo modificado el tiempo de ejecución de la parte experimental.

1.4.3 La limitante espacial

Las muestras fueron recogidas de los suelos contaminados por pasivos ambientales fueron en Huamantanga – Canta, y la parte experimental de este estudio se realizó en un área acondicionada en la Universidad Nacional del Callao, para tal efecto las condiciones de ambos lugares difieren en aspectos geográficos, meteorológicos, entre otros.

1.4.2 Limitaciones económicas

Se tenía previsto realizar el análisis de todos los metales existente en la muestra contaminada, sin embargo, la falta de equipos para realizar estos análisis en la universidad, se optó por analizar solo el cadmio y plomo en un laboratorio particular.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

(Córdova, 2016), investigó la eficiencia del vermicompostaje (*Eisenia foetida*) para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados (Hg), en esta investigación se realizaron los siguientes tratamientos: tratamiento N.º1 (material contaminado con mercurio (Hg) (100%) + (*Eisenia foetida*)), tratamiento N.º2(material contaminados con mercurio (Hg) (50%) + compost no contaminado (50%) + (*Eisenia foetida*)), tratamiento N.º3 (compost contaminado con mercurio(Hg) (100%) + (*Eisenia foetida*)), y tratamiento N.º4 (compost no contaminado + (*Eisenia foetida*), esta investigación se llevó a cabo durante un periodo de 133 días para observar la evolución de la remoción de mercurio, a través de análisis de laboratorio, demostrando la capacidad de potencial biorremediador de la esp. *Eisenia foetida* para biorremediar suelos contaminados con metales pesados (Hg).

(Zhou, Liu, Luo, Zhou, & Wei, 2017) , realizaron un estudio sobre la determinación de la eficacia del tratamiento con Compost , lodo rojo y una mezcla de proporción 1 :1 de ambas metodologías con una muestra de suelo agrícola de tierras de cultivo de la ciudad de Fangzhuang (China), debido a que el suelo estaba contaminado con metales pesados (Zn, Pb, Cd, Cu); se realizó un análisis estadístico a través del programa SPSS para realizar el análisis de dos aspectos, por un lado, el análisis de varianza de un método (ANOVA) y la prueba de Tukey se aplicó para determinar las diferencias entre cada tratamiento del suelo; Por otro lado, la correlación se utilizó para determinar la relación entre biomasa microbiana y otros parámetros probados. En este estudio se realizaron 4 tratamientos los cuales se detallan: Tratamiento N.º1 (500g de suelo contaminado), Tratamiento N.º2 (500 g de suelo contaminado +25 g de compost); Tratamiento N.º3 (500g de tierra + 25g de barro rojo) ;

Tratamiento N.º4 (500g de suelo contaminado + 25 g de compost + 25g de barro rojo) de los cuales se obtuvo como resultado que todas las enmiendas mostraron una disminución significativa en el contenido de Pb, Cd , Zn, Cu, de las cuales la mezcla de Compost y lodo rojo tuvieron el mayor porcentaje de remoción de metales pesados ; sobre todo esta investigación podría proporcionar información útil sobre dos materiales efectivos y de bajo costo para la modificación in situ de metales pesados en suelos contaminados.

(Hodson, Negro, & Nahmani, 2007), En esta investigación se descubrió otra utilidad de la esp. *Eisenia foetida*: la biorremediación de los suelos en este estudio mostró que los metales cambiaban sutilmente cuando las lombrices ingerían y excretaban tierra; estos cambios hacen más fácil para las plantas absorber metales tóxicos de suelos contaminados, a la *Eisenia foetida* se la denomina “detective del suelo”; la presencia y reproducción de la lombriz es un indicador del estado en que se encuentra el suelo, estos anélidos cuentan con un mecanismo interno que les permite sobrevivir en suelos contaminados con metales altamente tóxicos, incluido el arsénico, el plomo, el cobre y el zinc. “La *Eisenia foetida* produce metalotineína -una proteína diseñada especialmente para recubrir los metales y mantenerlos seguros”, pudiéndose concluir que, si una lombriz puede resistir a una clase de metal, puede resistir a varios tipos de metales”.

(Marcó Parra, Vásquez, & Macchi, 2010) En este trabajo de investigación se desarrolló dos tratamientos para biorremediar suelos contaminados con metales tóxicos; en el primer tratamiento las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*), fueron introducidas en materia orgánica para producir compost y luego este compost fue mezclado con el suelo contaminado, absorbiendo metales tóxicos como plomo, níquel, cromo y vanadio. En el segundo proceso, las lombrices (*Eisenia foetida*), fueron introducidas directamente en el suelo contaminado logrando biorremediarlo de metales pesados. Cuando los científicos usaron directamente las lombrices para remediar el suelo, evidenciaron que después de dos semanas, se redujo la concentración de

arsénico entre el 42% y 72 %, mientras que el mercurio (Hg) fue removido entre 7,5 y 30,2 %. Demostrando de esta manera el alto potencial de resistencia de la especie *Eisenia foetida* y su poder bioacumulador de metales pesados.

(Velásquez, 2010) Este trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar los nutrimentos y determinar la capacidad de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* para extraer plomo (Pb) y cadmio (Cd) de la precomposta equina y caprina, esta investigación estuvo dividida en 3 partes, obtención de las muestras de la precomposta equina y caprina, obtención de las muestras de vermicomposta equina y caprina y obtención de muestras de lombriz rojas californianas. Obteniéndose como resultado un 22.66% de retención de plomo (Pb) y un 24% de retención de cadmio (Cd) por parte de las lombrices luego de ser analizadas en el laboratorio.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

(Flores, 2018) En este estudio se evaluó la eficacia de las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), para inmovilizar y degradar el mercurio presente en los suelos mineros de la Corporación Minera Ananea S.A – Mina la Rinconada, comparando las concentraciones y tiempo de aplicación de la vermicomposta (mg/Kg) para la disminución de los niveles de contaminación de mercurio. Obteniéndose como resultado que no existen evidencias significativas para afirmar que a mayor concentración de vermicomposta (kg), existe una mayor disminución de los niveles de contaminación del mercurio (mg/kg) en los suelos contaminados, A mayor tiempo de aplicación (días) de la vermicomposta, se demostró que existe una mayor disminución de los niveles de concentración de mercurio (mg/kg) en los suelos contaminados en la zona de la Corporación Minera Ananea S.A. – Mina Rinconada, distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno. Lográndose una disminución significativa de 167.5 mg/Kg a 16.28 mg/Kg de mercurio en 45 días de aplicación de la tecnología de la vermicomposta.

(Cruz, 2017) En este estudio se determinó el nivel de reducción de Cromo en suelos contaminados por agroquímicos utilizando lombrices de tierra (*Eisenia foetida*), con la finalidad de mejorar la calidad del suelo del Centro Poblado de Huarabi en vista que dicho suelo es utilizado para fines agrícolas. La reducción de la concentración de Cromo fueron medidas en el tiempo (10 días, 20 días y 30 días) y se usaron diferentes concentraciones de lombrices (5Kg, 10Kg y 15Kg) contando con 5 repeticiones para cada tratamiento. Se realizó el diseño de dos factores, con medidas repetidas en un factor podemos asociar una prueba post hoc que permite comparar los tres tipos de tratamientos empleados para el estudio. La mayor reducción de cromo se dio al aplicar 15 Kg de lombriz con un valor de 17.264 mg/Kg. Finalmente se concluye que existe reducción de la concentración de Cromo utilizando la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) en suelos contaminados por agroquímicos.

2.2. Bases Teóricas

Pasivos ambientales mineros (PAMS) y su impacto.

La minería abandonada tiene un amplio rango de impactos ambientales y socioeconómicos, ya que la minería se desarrolla en un tiempo finito y cuando extrae los recursos no renovables del suelo, genera cambios irreversibles a nuestro medio ambiente. (Arango Aramburo, 2012) Estos impactos están relacionados consecuentemente, una prueba de esto es la pérdida de suelo con potencial productivo, ya sea por enterrar los desechos de la mina o porque hay erosión, malos drenajes o contaminación directa al suelo. En la mayoría de los casos los impactos socioeconómicos ocurren porque se altera un bien necesario para la supervivencia humana, como el agua o el suelo productivo o porque se eliminan empleos (Worrall & Brereton, 2009).

Efecto de los metales pesados en el suelo

En el momento que la concentración de metales pesados en el suelo iguala los límites máximos tolerables, producen efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones

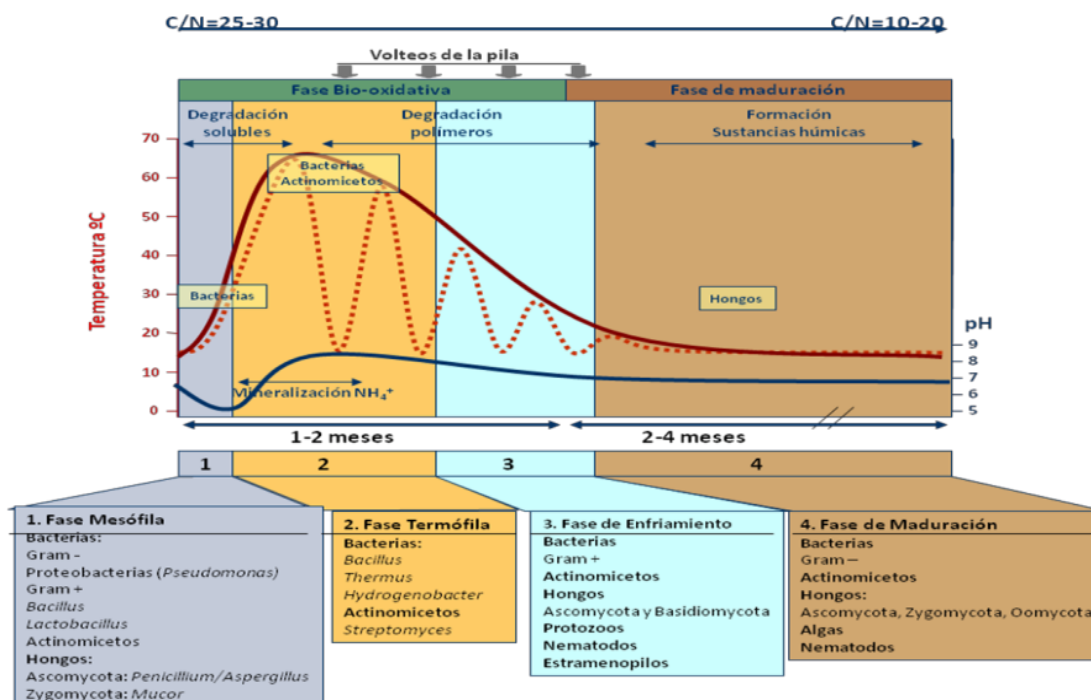
microbianas del suelo, el término que se utiliza es “contaminación de suelos” (Martin, 2000).

Por lo general, los metales pesados introducidos al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: pueden quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo, ocupando sitios de intercambio o específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo, asociados con la materia orgánica y/o precipitados como sólidos puros o mixtos; pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pasan a la atmósfera por volatilización y se movilizan a las aguas superficiales o subterráneas (García , Dorronsoro , 2005) Para explicar el comportamiento de los metales pesados en los suelos y prevenir riesgos tóxicos potenciales se requiere la evaluación de la disponibilidad y movilidad de los mismos. (Banat, K. M., Howari, F. y Al-Hamad, 2005). La toxicidad de los metales depende no sólo de su concentración, sino también de su movilidad y reactividad con otros componentes del ecosistema (Abollino,2002).

El compostaje como reservorio de especies microbianas útiles en biorremediación

El compostaje se puede definir como “Proceso bio-oxidativo sobre un sustrato orgánico (sólido y heterogéneo) que evoluciona a través de una fase termófila y temporal liberando fitotoxinas, que producen CO₂, agua, minerales y material orgánica estabilizada”, se pueden diferenciar dos fases principales en el proceso de compostaje: la fase biooxidativa, caracterizada por una alta disponibilidad de nutrientes y rápido crecimiento microbiano, y la de maduración, en la que la escasa disponibilidad de nutrientes fácilmente asimilables provoca que la actividad microbiana pase a un segundo plano en favor de las transformaciones físico-químicas. Durante la fase bio-oxidativa, las variaciones térmicas provocadas por la actividad microbiana permiten diferenciar diversas etapas: mesófila, termófila y de enfriamiento caracterizadas, a su vez, por la presencia de poblaciones microbianas especialmente adaptadas a las condiciones imperantes en cada momento. (Soliva, M; López, M.; Huerta, O., 2008).

Figura N.º 2.1. FASES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE Y POBLACIONES MICROBIANAS ASOCIADAS



Fuente: (Soliva, M.; López, M.; Huerta, O., 2008)

Tabla N.º 2.1. PARÁMETROS PARA MEDIR EN EL COMPOSTAJE

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

Fuente: (FAO, 2003)

Compostaje y metales pesados

Para los metales pesados, el compostaje ha sido usualmente introducido en suelos contaminados como fuente principal de sustancias húmicas adecuadas para reducir los niveles de biodisponibilidad de los metales (Walker, Clemente, & Bernal, 2004), consecuencia que se obtiene por los aumentos en el valor del pH y en el contenido en agua. Adicionalmente, la aportación de nutrientes derivada del agregado de compost a un entorno contaminado genera un efecto bioestimulante sobre la población microbiana autóctona (Fornes, Garcia de La Fuente, & Abad, 2009) efecto que se ve incrementado por la microbiota propio del producto realizado.

Vermicompostaje

El vermicompostaje es un proceso que consiste en la transformación de la materia orgánica a través de la acción descomponedora de las lombrices *Eisenia foetida*. Éstas, a través de su sistema digestivo, metabolizan los restos eliminando un producto estable, llamado vermicompost.

Esenia foetida (lombriz de tierra)

Taxonomía y atributos físicos de la lombriz de tierra. La lombriz está clasificada en el reino animal como Anélido terrestre de la clase de los Oligoquetos cuya taxonomía se presenta en el Cuadro N.º 2.

Tabla N.º 2.2. TAXONOMÍA DE LA LOMBRIZ EISENIA FOETIDA

Reino	Animal
División	Anélidos
Clase	Clitelados
Orden	Oligoquetos
Familia	Lombrícidos
Género	<i>Eisenia</i>
Especie	<i>foetida</i>

Fuente: ADEX (Agencia de desarrollo económico y comercio exterior Municipio capital de Rioja), Guía de lombricultura, Eduardo Díaz, 2002.

Tabla N.º 2.3. MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE LA *EISENIA FOETIDA*.

Características	Atributo
Color	Rojo pardo
tamaño (cm)	8 – 10
Peso adulto (g)	1.5 - 2.3
Reproducción	Alta
Cápsulas, capullos o cocones	1 cada 7 días
Número de lombrices/cápsula	De 6 a 8
Ciclo de vida*	De 90 a 150 días
Adaptabilidad	De 0 a 3000 msnm
Voracidad	Alta

* depende de las condiciones de manejo y cuidado de la lombriz.

Fuente: (Sagarpa, 2004)

Factores óptimos para el desarrollo de la *Eisenia foetida*

Según la Guía de lombricultura se hace referencia a estos factores: (Ricardo Somarriba Reyes; Fidel Guzmán Guillén, 2004).

Ubicación: Se deben ubicar en lugares sombreados alejados de la luz del sol directamente. La superficie debe ser casi plana, no tener una pendiente mayor de 20%, debe tener drenaje.

Iluminación: La lombriz es muy sensible a los rayos ultravioletas que le ocasionan la muerte, por ello es recomendable ubicarlas en lugares que haya sombra o en lugares cubiertos.

Humedad: Constituye uno de los elementos más influyentes, los errores ya sean por falta o exceso traen consecuencias negativas en la producción de humus como en la reproducción y fecundidad de la lombriz. Se debe mantener del 75% al 80% ya que está debajo del 70% son desfavorables para la cría y debajo de 55 son niveles de muerte.

Temperatura: La ideal está entre 15-24°C lo más cercano posible a lo corporal de la lombriz que es de 19°C por encima de 30°C resiste bien la temperatura,

pero lo hace a costa de una menor producción y descenso en la producción de humus.

pH: Es un factor determinante de una buena plantación de lombricultura es tener un pH comprendido entre 6.5 y 7.5 y siendo los valores óptimos que se encuentren entre 6.8 y 7.3.

Aireación: La lombriz requiere aire para su proceso vital y por lo tanto es necesario remover los canteros o lechos con rastrillo por lo menos cada siete días.

***Eisenia foetida* (lombriz de tierra) como biorremediadora**

El sistema digestivo de las lombrices de tierra es capaz de separar iones de metales pesados, a partir de los complejos agregados entre estos iones y las sustancias húmicas presentes en los desperdicios, como en materia putrefacta. Varias enzimas impulsan procesos que parecen conducir la asimilación de los iones metálicos por las lombrices de modo que sean encerrados en los tejidos de los organismos, en lugar de ser liberados, que permite que los metales pesados sean removidos de los desperdicios orgánicos.

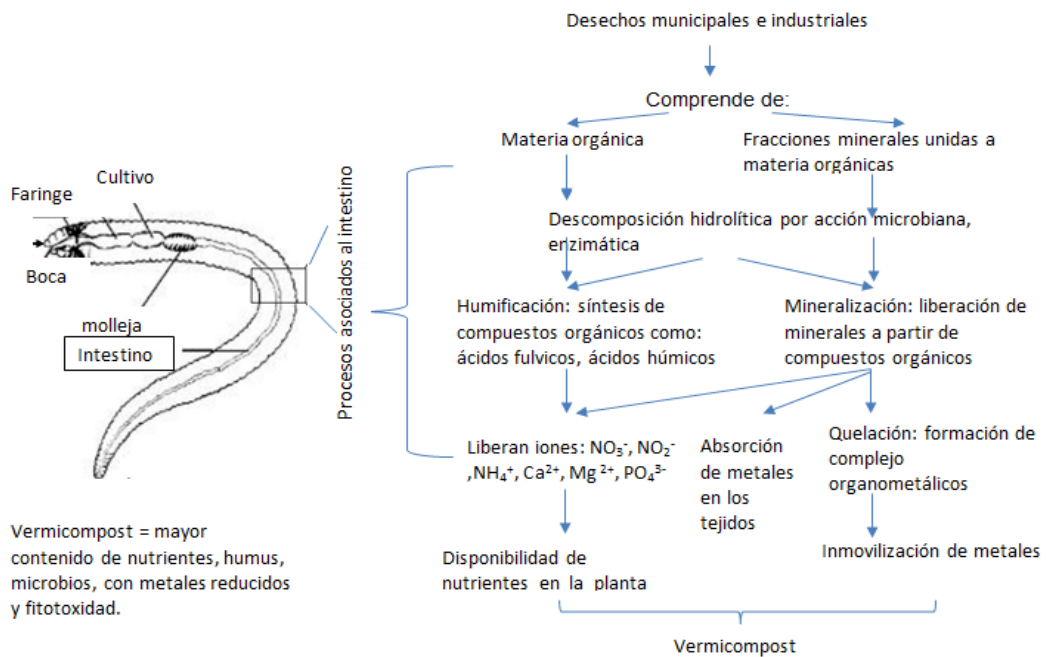
La *Eisenia foetida* es capaz de transformar las propiedades físicas y químicas del suelo, actuando en conjunto con comunidades microbianas, y pueden ser capaces de mineralizar contaminantes presentes en este. (Monard, 2008)

La *Eisenia foetida* tiene una gran facilidad y adaptabilidad de ser cultivada, además de ser un organismo fuerte y con gran capacidad biorremediadora y tolerante a los altos grados de temperatura, humedad y potencial de acidez (Callaham, Stewart, & Alarcón, 2002). Además de determinar la capacidad biorremediadora o de retener los metales pesados (Cd, As y Pb), trata de establecer las concentraciones del metal que permitan su crecimiento y reproducción bajo estas condiciones.

En tal sentido la *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) en estudios de (Marcó Parra, Vásquez, & Macchi, 2010) demostró que tiene la capacidad para

remover metales pesados (As, Hg) en el tiempo con un alto nivel de rendimiento, disminuyendo la concentración de estos metales en suelos. (A. Swati, 2017).

Figura N.º 2.2. MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS METALES EN LAS LOMBRICES



Fuente: Destino y biodisponibilidad de los metales pesados durante el vermicompostaje de diversos residuos orgánicos

2.3. Conceptual

Biorremediación de suelos contaminados con metales pesados: La biorremediación, se ha convertido en una alternativa atractiva y prometedora a las tradicionales técnicas físico-químicas para la remediación de los compuestos que contaminan un determinado lugar (Garzón, Rodríguez Miranda, & Hernández Gómez, 2017), aporta una herramienta útil que permite biorremediar suelos contaminados por la actividad industrial minera, de una manera amigable con el ambiente, eficiente, rápida y a muy bajo costo. (Mosquera Córdova, 2016) reduciendo los contaminantes sin dañar su flora y fauna autóctonas.

Biorremediación por vermicompostaje:

Técnica en la cual se utilizan microorganismos tales como bacterias, protozoos y hongos que se encargan de degradar los compuestos tóxicos (EPA, 2001). Siendo el vermicompostaje el tratamiento por el cual actúa la lombriz *Eisenia foetida*, degradando la materia orgánica al digerirla, estos organismos realizan con eficiencia la detoxificación de residuos orgánicos contaminados por microorganismos patógenos, parásitos e inclusive metales pesados. (Córdova, 2016).

Compostaje una alternativa de biorremediación

La estrategia de biorremediación a través del compostaje se basa en la introducción y mezclado de los compuestos de un tratamiento de compost (volumen e ingredientes nutritivos) con el suelo contaminado, con el objetivo de formar la composta en un estado maduro, los contaminantes son reducidos y estabilizados por la microflora que se encuentra activa dentro del compostaje. La fuente del compostaje incluye fosas en el suelo, reactores cerrados, recipientes abiertos, silos, biopilas alargadas y biopilas estáticas (Semple, 2001).

Plomo y la materia orgánica

El Pb se caracteriza por permanecer en formas insolubles en las capas superficiales del suelo. A pH altos el Pb puede precipitar como hidróxido, fosfato y carbonato; a pH bajos, este elemento se solubiliza muy lentamente (LOFTS, S.; SPURGEON, D. and SVENDSEN, C., 2005). La distribución del Pb en las fases sólidas del suelo depende básicamente del pH y la CIC. La materia orgánica llega a ser la fase sólida de más influencia en el proceso de adsorción de este elemento. Otros estudios reportan que el Pb se asocia principalmente a minerales de arcilla, óxidos de Fe-Mn, hidróxidos de Fe-Al y a la materia orgánica, (NOLAN & MCLAUGHLIN, 2003).

Cadmio y la materia orgánica

El Cd es más móvil que Pb y Cu, debido a su baja afinidad por las formas adsorbentes. Las formas más comunes de Cd son solubles o adsorbidas en la fase sólida del suelo, evitando la precipitación en la mayoría de los suelos, cantidades extremadamente altas se pueden encontrar en forma de fosfatos y carbonatos. Por lo general, la adsorción del Cd aumenta a medida que aumenta el pH; sin embargo, son la composición de la materia orgánica y de la fase mineral del suelo, las que ejercen significativamente en su especiación; por ejemplo, suelos con altos contenidos de materia orgánica u óxidos de hierro adsorben más Cd que los que tienen grandes cantidades de arcillas tipo 2:1, aunque tengan alta CIC. (LOFTS, S.; SPURGEON, D. and SVENDSEN, C., 2005) En general, la estabilidad de los complejos orgánicos que forma el Cd en la fase sólida es baja en comparación con los que forman elementos como el Cu y el Pb (TSANG, D.C.W. and LO, M.C., 2006)

2.4. Definición de términos básicos

Biorremediación: La biorremediación es un método alternativo actualmente utilizado para la remoción de contaminantes ambientales utilizando sistemas biológicos. Estos pueden ser aplicados in situ sin la necesidad de remover o transportar el material contaminado, lo cual reduce costos y esfuerzo. Asimismo, éstas técnicas no producen otro tipo de contaminación durante su uso por lo cual son ampliamente aceptadas por el público. (Demnerová, 2005)

Compostaje: Es una técnica que involucra la mezcla del suelo con residuos orgánicos, tales como abono y residuos agrícolas. La presencia de estos materiales orgánicos permite el desarrollo de una población microbiana y de una temperatura elevada en cierta etapa del tratamiento. (Y Ma, J Y Zhang, M.H Wong, 2003).

Vermicompostaje: Es un proceso de bio-oxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica llevada a cabo por la acción combinada de lombrices y microorganismos, mediante el cual se obtiene un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina denominado vermicompost,

compost de lombriz o humus de lombriz (Nogales R. , Domínguez J. , Mato S., 2008).

Pasivos ambientales: Son denominados pasivos ambientales aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad. (MINEM, 2005).

Estándar de Calidad Ambiental (ECA) suelo: Establece niveles de concentración de los elementos, sustancias, parámetros físicos y químicos y biológicos, presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor que no represente riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente, constituyendo un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios. (D.S N.º 011-2017-MINAM).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

El vermicompostaje es más eficiente que el compostaje en la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Cantá.

3.2. Definición Conceptual de Variables

Variables independientes:

- Compostaje: Es una técnica que involucra la mezcla del suelo con residuos orgánicos, tales como abono y residuos agrícolas. La presencia de estos materiales orgánicos permite el desarrollo de una población microbiana y de una temperatura elevada (Y Ma, J Y Zhang, M.H Wong, 2003).

- Vermicompostaje: Es un proceso de bio-oxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica llevada a cabo por la acción combinada de lombrices y microorganismos, mediante el cual se obtiene un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina denominado vermicompost, lumbricompost, compost de lombriz o humus de lombriz (Nogales R., Domínguez J. , Mato S., 2008)

Variable dependiente:

Biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo: Proceso por el cual se estabiliza los suelos contaminados (Haug, 1980); transformándolo en productos metabólicos menos tóxicos (Van Deuren, J., Z. Wang, J. Letbetter, 1997).

3.1.1. Operacionalización de las variables

Tabla N.º 4.1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR
Variable Independiente X1: Compostaje X2: Vermicompostaje	X1: Microorganismos Materia orgánica X2: Eisenia foetida Materia Orgánica	- pH -Temperatura - Capacidad de intercambio catiónico
		- pH -Temperatura -Cantidad de lombrices
Variable Dependiente Y1: Biorremediación de suelos contaminados por cadmio y plomo.	Reducción de las concentraciones de suelos contaminados por Cd y Pb.	Concentración de cadmio y plomo (mg/kg).

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de la Investigación

Esta investigación es de tipo descriptivo cuasi experimental con enfoque cuantitativo porque se medirán la variable independiente como dependiente; se mide y evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga. (Hernandez, 2010).

Es de tipo aplicada debido a que se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. (Carrasco, 2005).

Diseño de la investigación

Esta investigación presenta un diseño experimental; ya que se trabajará con la intervención y manipulación de variables independientes (compostaje y vermicompostaje) y se asignará de manera aleatoria los sujetos experimentales a cada tratamiento para medir la variable dependiente. (Hernandez, 2010)

4.2. Método de Investigación

Etapas del diseño de la investigación

Toma de muestras del suelo a tratar:

Se tomaron muestras de suelo de los alrededores del relave minero en diferentes puntos con el fin de obtener una muestra compuesta, usando como referencia la GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS del Decreto Supremo N.º

002-2013-MINAM, formando una sola muestra de la cual se extrae para los tratamientos establecidos.

Figura N.º 4.1 TOMA DE MUESTRA
P-04



Figura N.º 4. 2. TOMA DE MUESTRA
P-12



- **Caracterización físico-química de la muestra:** Se efectuará los análisis según las metodologías propuestas por estándares internacionales en un laboratorio. Los parámetros a medir pH, conductividad, humedad, capacidad intercambio catiónico (CIC), metales (Cd, Pb), usando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo D.S N.º 011-2017-MINAM.
- **Selección de metales de pesados:** Siguiendo con el procedimiento a partir de los análisis realizados por el laboratorio, se seleccionó los siguientes metales pesados: plomo y cadmio.
- **Determinación de tratamientos:** Los tratamientos realizados se muestran en la siguiente tabla los mismos son mezclados de manera homogénea, esto para el compostaje, la cual cada tratamiento es triplicado y se tiene una muestra de testigo o blanco.

Tabla N.º 4.1. TRATAMIENTOS POR COMPOSTAJE

Tratamientos**	T1**	T2**	T3**	T4***
Sustrato*	5kg	5kg	5kg	5kg
Estiércol de Cuy	2.5kg	5kg	7.5kg	10kg
Suelo contaminado	10 kg	10kg	10kg	0kg

- *Elaboración propia*
- *Sustrato: Constituye restos de poda de jardín, hojas secas, cáscaras de vegetales, entre otros.
- **tratamientos Triplicados.
- ***T4 es el testigo.

En el caso de la alternativa biorremediadora del vermicompostaje, se muestran los siguientes tratamientos la cual será triplicada para el análisis y se tendrá una muestra testigo o blanco.

Tabla N.º 4.2. TRATAMIENTOS POR VERMICOMPOSTAJE

Tratamientos**	T1**	T2**	T3**	T4***
Sustrato*	5kg	5kg	5kg	5kg
Estiércol de Cuy	2.5kg	5kg	7.5kg	10kg
<i>Eisenia foetida</i>	250g	250g	250g	250g
Suelo contaminado	10kg	10kg	10kg	0kg

Elaboración propia

*Sustrato: Restos de cascara de papaya, plátano, mango y/o otros frutos que no contengan ácido.

**tratamientos Triplicados.

***T4 es el Testigo

Figura N.º 4.3. ESTIÉRCOL DE CUY Figura N.º 4.4 LOMBRICES EN EL TRATAMIENTO



Se determinó la eficiencia del proceso de biorremediación con compostaje de los suelos contaminados con cadmio y plomo por los pasivos ambientales de la minera Huamantanga – Canta, mediante el cálculo en porcentaje de la reducción de la concentración de Pb y Cd en el tiempo propuesto.

$$\text{Eficiencia del Trat. Compostaje} = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100\%$$

Dónde: C_o = Concentración inicial de Pb y Cd (mg/kg).

C_f = Concentración final de Pb y Cd (mg/kg).

Se determinará la eficiencia del proceso de biorremediación con vermicompostaje de los suelos contaminados con cadmio y plomo por los pasivos ambientales de la minera Huamantanga – Canta, mediante el cálculo en porcentaje de la reducción de la concentración de Pb y Cd en el tiempo propuesto.

$$Eficiencia\ del\ Trat.\ Vermicompostaje = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

Dónde:

Co = Concentración inicial de Pb y Cd (mg/Kg)

Cf = Concentración final de Pb y Cd. (mg/Kg).

Se determinará la alternativa más eficiente para biorremediación de suelos contaminados con Cd y Pb por pasivos ambientales de la minera Huamantanga – Canta de acuerdo a la comparación entre los tratamientos realizados donde la que obtenga mayor eficiencia será la determinante para determinar la alternativa a usar.

$$Alternativa\ Biorremediadora = < Eficiencia\ del\ tratamiento$$

4.3. Población y muestra

Población

La población del estudio son los suelos contaminados por pasivos mineros en Huamantanga – Canta.

Muestra

La muestra representa la cantidad de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambiental mineros en Huamantanga – Canta expresados en kilogramos (180 kg). La toma de muestra será realizada de acuerdo a la guía de muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente la cual hace referencia a delimitar el área de estudio tomando 15 muestras (es decir se establecen 15 puntos a lo largo del área delimitada de la cual se tomaran 1 muestra por punto haciendo en total las 15 muestras) con estas 15 muestras se realizan una mezcla homogénea para proceder con el análisis inicial del laboratorio, la cual nos describirá las concentraciones en las que se encuentra el relave minero seleccionado.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

Figura N.º 4.5. UBICACIÓN DE LOS PASIVOS MINEROS EN LIMA –CANTA



Fuente: Google Earth

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La recolección de datos en la presente investigación se realizó por medio de las siguientes técnicas e instrumentos:

Técnica de análisis físico: esta se realizó por medio de la observación en todo el proceso del tratamiento tanto para el compostaje y vermicompostaje, necesitaban del seguimiento continuo, por medio de la observación directa para las actividades del conteo de lombrices *Eisenia Foetida*, pesado de la materia orgánica (restos de vegetales), y determinación de la humedad en el vermicompostaje.

Técnica de análisis químico: los análisis de laboratorio para determinar en el tratamiento las concentraciones de los metales en el suelo, estas se realizaron para los metales en estudio (cadmio y plomo). Así también, se realizó el análisis de la concentración de estos metales en las lombrices *Eisenia Foetida*.

Las técnicas de investigación son aquellos instrumentos metodológicos que sirven para resolver un problema específico, de contraste o reprobación de una hipótesis (Pardinas, 1982).

4.5.1 Materiales y Equipos:

Materiales

- Recipientes de madera con una dimensión de (30 cm de ancho x 30 cm de largo y 40 cm de altura).
- 3.750 kg de *Eisenia Foetida* (lombriz roja californiana).
- Sustrato (restos de poda de jardín, hojas secas, cáscaras de vegetales, entre otros).
- Estiércol de cuy.
- Suelo contaminado con cadmio y plomo 180 kg aproximadamente.
- Estas cantidades fueron designadas a criterio como punto de partida para tener referencia al inicio del montaje del proceso y poder realizar las comparaciones al final.

Figura N.º 4.6. TRATAMIENTO DE COMPOSTAJE



Figura N.º 4.7. TRATAMIENTO DE VERMICOMPOSTAJE



Herramientas

- Regadera, manguera o aspersor: para mantener una correcta humedad en el material en compostaje.
- Horqueta y/o pala: para agregar material, voltear y sacar el compost terminado, Tijeras de podar o trituradora: para conseguir un tamaño de partícula adecuado, de 5 a 10 cm
- Hay otros utensilios que ayudan en la labor, aunque no son imprescindibles, como los rastrillos, carretillas, aireadores manuales, etc.

Equipos

- Medidor de pH y Temperatura (Modelo: *pH High Accuracy Pen Type pH Meter*).
- Balanza electrónica

Los equipos de laboratorio serán designados según la metodología de análisis realizado por el Laboratorio.

Figura N.º 4.8
TERMÓMETRO



Figura N.º 4.9
PHMETRO



Figura N.º 4.10
BALANZA



La presente investigación desarrollara las siguientes técnicas las cuales se emplearán para el muestreo, el procesamiento de datos, así como para presentación de resultados:

Técnica de observación: se plasma a través de los registros los cuales tienen la finalidad de medir la variación del desarrollo de la investigación.

- **Instrumento Registros de observación** se utiliza para observar y registrar los parámetros físicos durante el proceso de vermicompostaje, los datos tomados se realizaron mensualmente para la cantidad de lombrices.
- **Instrumento inventario:** se utilizará para obtener información de carácter fotográfico para reportar el proceso de compostaje y vermicompostaje durante la investigación.

Técnica de observación asistida: Se utilizará para obtener información a través de mediciones in situ (pH, temperatura) y de laboratorio mediante análisis fisicoquímico para determinar las concentraciones iniciales de Pb y Cd en suelo contaminado

- **Instrumentos mecánicos:** Se utilizarán para registrar datos in situ de pH, temperatura las cuales serán medidas semanalmente hasta que termine el proceso de compostaje y vermicompostaje.
- **Instrumentos electrónicos:** Para el análisis de la concentración de los metales en estudio (Pb y Cd) se utilizará la siguiente técnica de laboratorio EPA 3050-B (1996) / EPA-Method 200.7 Revisión 4.4 (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2 December 1996 / Determination of Metals and Trace Elements in water and wastes
- By Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.

4.4.2 Técnicas analíticas

Tabla 4.3. TÉCNICAS ANALÍTICAS- LABORATORIO

Parámetro	Unid.	Norma	Técnica Analítica
Temperatura	°C	2550	Método de expansión bimetalicos

Parámetro	Unid.	Norma	Técnica Analítica
pH	---	EPA 9045D	Electrometría (Relación suelo: agua 1:1)
CIC	Cmol/K g	EPA 3050 B	Acetato de amonio (1.0 N, pH 7.0)
Concentración de Cd	mg/Kg	EPA 3050 B	Absorción Atómica - Llama directa
Concentración de Pb	mg/Kg	EPA 3050 B	Absorción Atómica - Llama directa

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Para poder determinar las concentraciones de Pb, Cd y comparar eficiencias de biorremediación de compostaje y vermicompostaje se utilizó:

- Software IBM SPSS Statistics Base 24:

Se encargó de brindar cuadros para realizar las apreciaciones correspondientes a la relación de las variables y se trabajó los valores obtenidos. Para ello se utilizaron los siguientes métodos:

- Prueba de normalidad

La prueba de normalidad se determina para saber si la variable dependiente sigue una distribución normal o no, así poder saber si realizar una distribución paramétrica o no. La normalidad de cada una de las variables se verificó mediante la prueba de Shapiro – Wilk.

- Prueba de hipótesis

Se realizará una prueba de hipótesis para poder comprobar si la aplicación de los tratamientos (compostaje y vermicompostaje) logrará reducir las concentraciones de Cd y Pb en el suelo contaminado de Huamantanga.

- ANOVA de un factor:

El estadístico de ANOVA ayudo a determinar las diferencias significativas entre las eficiencias biorremediadoras, del vermicompostaje y compostaje.

- TUKEY: se utilizó para evaluar las mediciones de las variables y determinar el tratamiento más efectivo con respecto a la reducción de metales pesados de las muestras del suelo contaminado.

Análisis fisicoquímicos de suelos

De las muestras de suelo que se recolectaron se mezcló homogéneamente con el fin de formar una muestra compuesta, de la cual se extrajo aproximadamente 1 kg realizándose el análisis fisicoquímico de la muestra al inicio y al final del tratamiento.

Medición de pH y T° (temperatura)

Estos como parámetros de control para darle seguimiento al proceso de compostaje y vermicompostaje.

Análisis Cuantitativos de Cd y Pb

Se realizó el análisis de concentración de Cd y Pb en cada tratamiento los días 90, 180 y 270 mediante el método.

Análisis de Cd y Pb en la lombriz

Se desarrolló empleando el método Sabac (Chile, 1987) que consistió en recolectar parte de las lombrices producidas en cada uno de los tratamientos de manera homogénea; las cuales fueron lavadas con agua, colocadas en un

tamiz o cernidor, separando así, las lombrices, de los residuos del vermicompostaje; luego se pesaron e introdujeron en una estufa con termostato a una temperatura controlada de 25°C y finalmente se llevó a mortero para su molienda manual.

La muestra homogénea de esta molienda se analizó obteniéndose las concentraciones de Cd y Pb.

Figura N.º 4.11. LOMBRICES CONTAMINADAS



Figura N.º 4.12. SECADO DE MUESTRA DE LOMBRICES EN ESTUFA



Figura N.º 4.13 MOLIENDA DE LOMBRICES



Figura N.º 4.14. PESADO DE LA MUESTRA DE LOMBRICES



CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Características físicas químicas de suelo contaminado con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.

Los resultados de la caracterización Físico - química del suelo se obtuvieron al analizar la muestra homogenizada, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N.º 5.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA INICIAL DEL SUELO.

Parámetros	Unidad	Resultado
Conductividad eléctrica	dS/m	1.02
pH	-	7.33
Materia Orgánica	%	1.30
Potasio (K)	ppm	139.2
Fosforo (P)	ppm	12.41
Carbonatos (CaCO ₃)	%	0.42
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Cmol/Kg	9.04
Calcio	Cmol/Kg	6.52
Magnesio	Cmol/Kg	2.09
Sodio	Cmol/Kg	0.1
Arena	%	57.70
Limo	%	26.27
Arcilla	%	16.03
Textura	-	Franco arenoso

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina

Se analizó en el laboratorio la muestra inicial, obteniendo los siguientes resultados de concentraciones de metales pesados (Pb y Cd) en la siguiente tabla.

Tabla N.º 5. 2. CONCENTRACIONES INICIAL DE METALES PESADOS EN EL SUELO.

Metales Pesados	Unidad	Resultado
Plomo	mg/kg	11134.13
Cadmio	mg/kg	8.8

Fuente: Laboratorio de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina

Con estos valores obtenidos, se pudo verificar las concentraciones de Pb y Cd del suelo de nuestra área de estudio.

5.1.2. Eficiencia de la biorremediación por compostaje de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta

Los resultados representan los valores iniciales y los valores promedios finales, estos últimos obtenidos luego de realizar pruebas triplicadas a cada tratamiento del Compostaje para cada metal pesado (Pb y Cd) los cuales se muestran en las siguientes tablas.

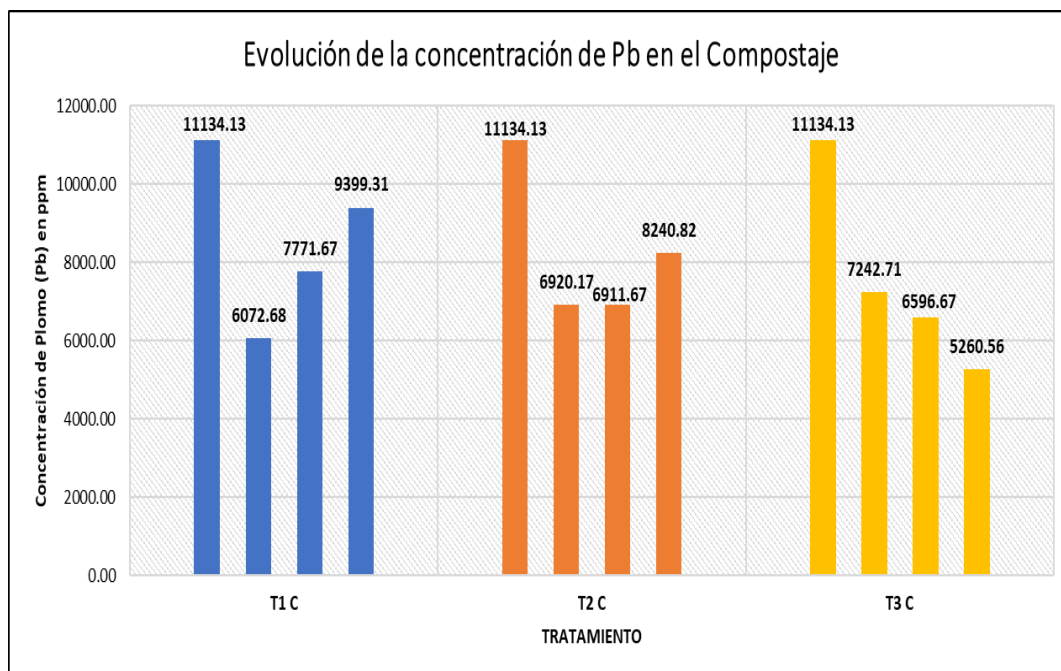
Tabla N.º 5.3. CONCENTRACIÓN DE Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE

Tratamientos	Al día 0 CPb (mg/kg)	Al día 90 CPb (mg/kg)	Al día 180 CPb (mg/kg)	Al día 270 CPb (mg/kg)
T1C	11,134.13	6,072.68	7,771.67	9,399.31
T2C	11,134.13	6,920.17	6,911.67	8,240.82
T3C	11,134.13	7,242.71	6,596.67	5,260.56

CPb: Concentración de plomo

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.1. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Pb EN EL COMPOSTAJE



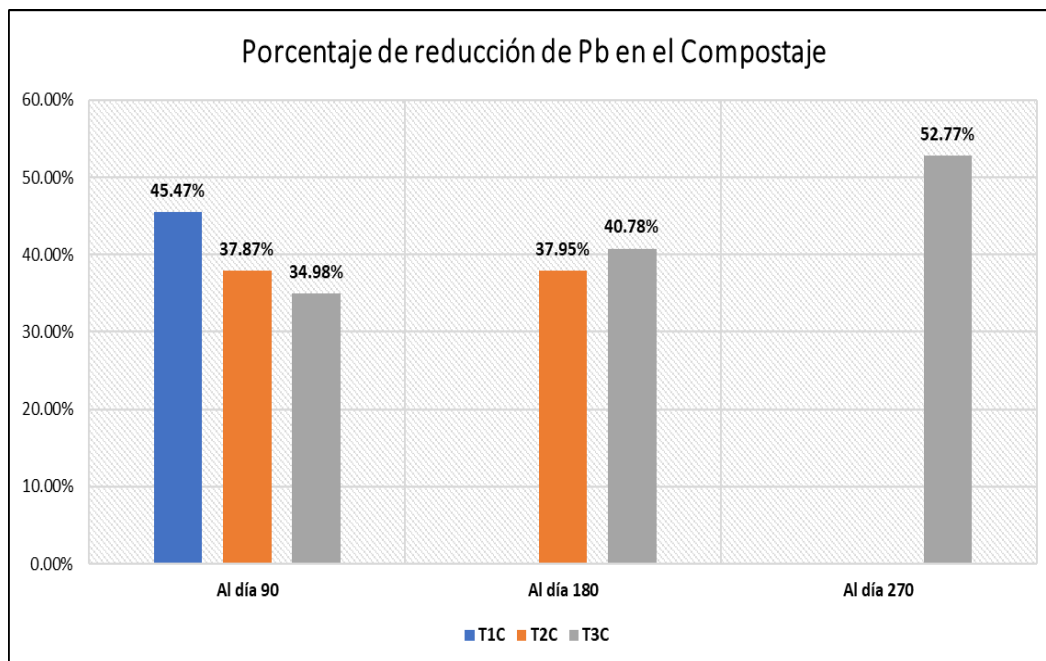
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 5.4. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE

Tratamientos	Al día 90 (%)	Al día 180 (%)	Al día 270(%)
T1C	45.47%	-	-
T2C	37.87%	37.95%	-
T3C	34.98%	40.78%	52.77%

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.2. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL Pb EN EL COMPOSTAJE



Fuente: Elaboración Propia

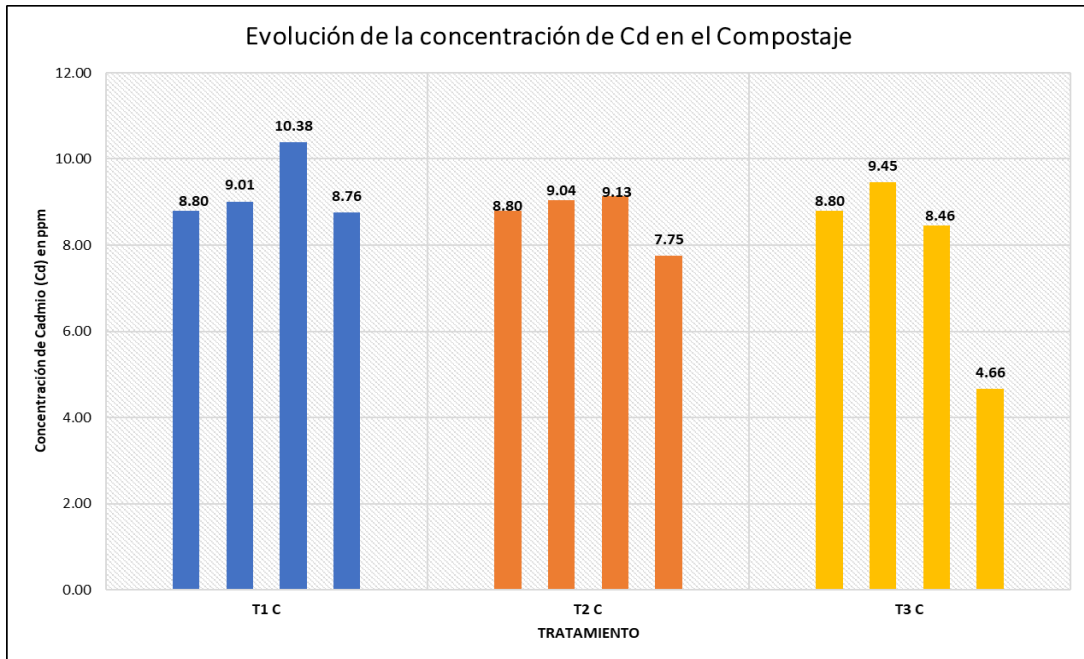
Tabla N.º 5.5. CONCENTRACIÓN DE Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE

Tratamientos	Al día 0 CCd (mg/kg)	Al día 90 CCd (mg/kg)	Al día 180 CCd (mg/kg)	Al día 270 CCd (mg/kg)
T1C	8.8	9.01	10.38	8.76
T2C	8.8	9.04	9.13	7.75
T3C	8.8	9.45	8.46	4.66

CCd: Concentración de cadmio

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.3. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Cd EN EL COMPOSTAJE



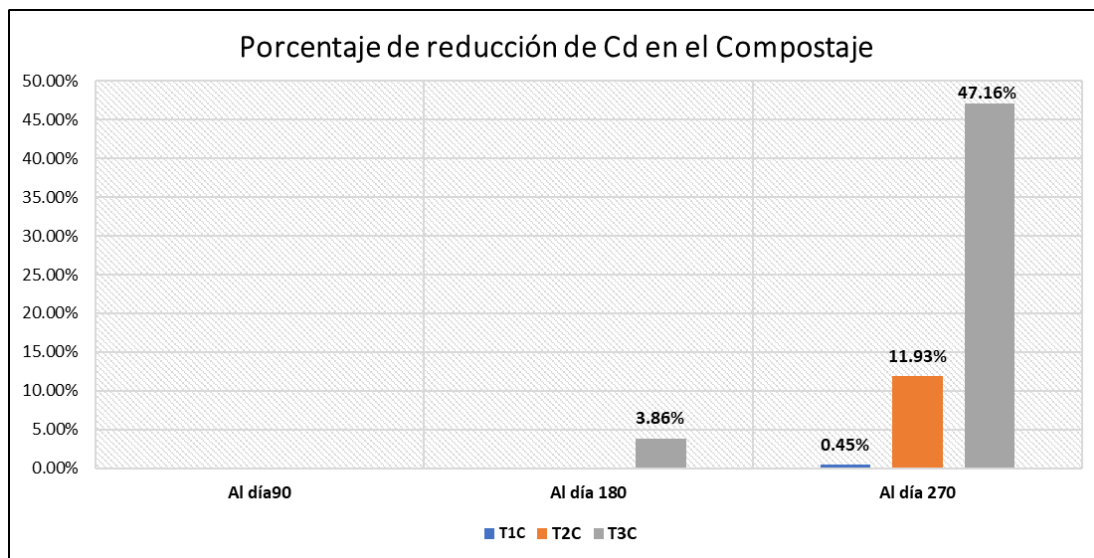
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 5.6. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE

Tratamientos	Al día 143 (%)	Al día 245 (%)	Al día 325 (%)
T1C	-	-	0.45%
T2C	-	-	11.93%
T3C	-	3.86%	47.16%

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.4. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL Cd EN EL COMPOSTAJE



Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Eficiencia de la biorremediación por vermicompostaje de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.

En el presente párrafo se representan los valores iniciales y los valores finales, estos últimos fueron obtenidos luego de realizar pruebas triplicadas a cada tratamiento del Vermicompostaje para cada metal pesado (Pb y Cd) los cuales se presentan en las siguientes tablas.

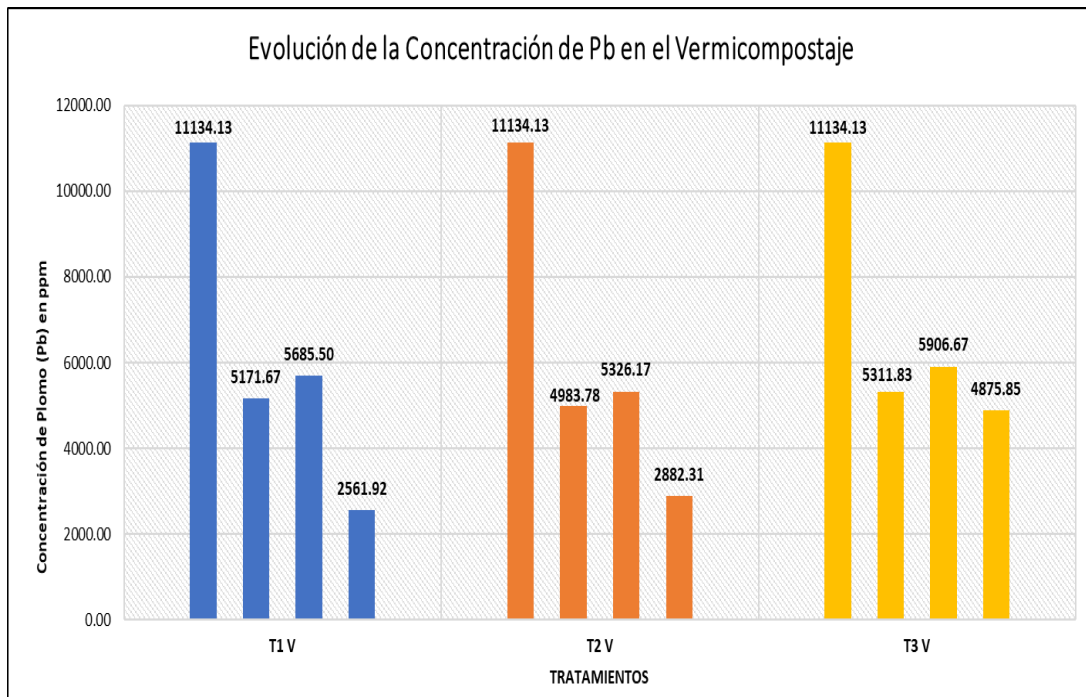
Tabla N.º 5.7. CONCENTRACIÓN DE Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE

Tratamientos	Al día 0 CPb (mg/kg)	Al día 90 CPb (mg/kg)	Al día 180 CPb (mg/kg)	Al día 270 CPb (mg/kg)
T1V	11134.13	5,171.67	5,685.50	2,561.92
T2V	11134.13	4,983.78	5,326.17	2,882.31
T3V	11134.13	5,311.83	5,906.67	4,875.85

CPb: Concentración de plomo

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.5. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Pb EN EL VERMICOMPOSTAJE



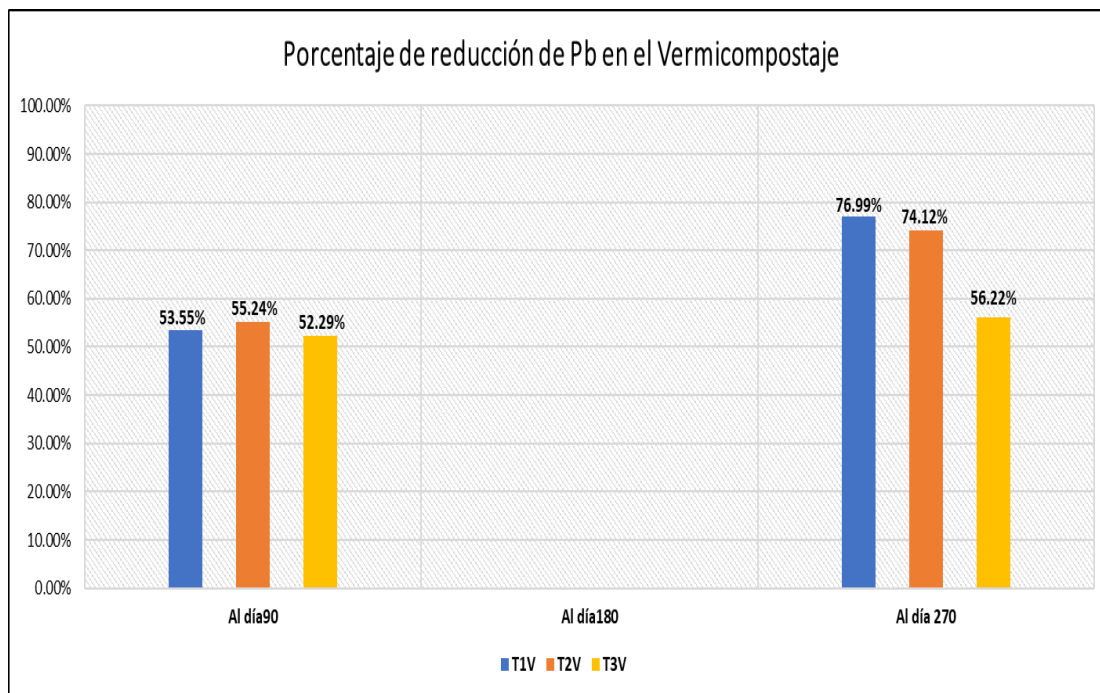
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 5.8. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE

Tratamientos	Al día 90 (%)	Al día 180 (%)	Al día 270 (%)
T1V	53.55%	-	76.99%
T2V	55.24%	-	74.12%
T3V	52.3%	-	56.22%

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.6. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL Pb EN EL VERMICOMPOSTAJE



Fuente: Elaboración Propia

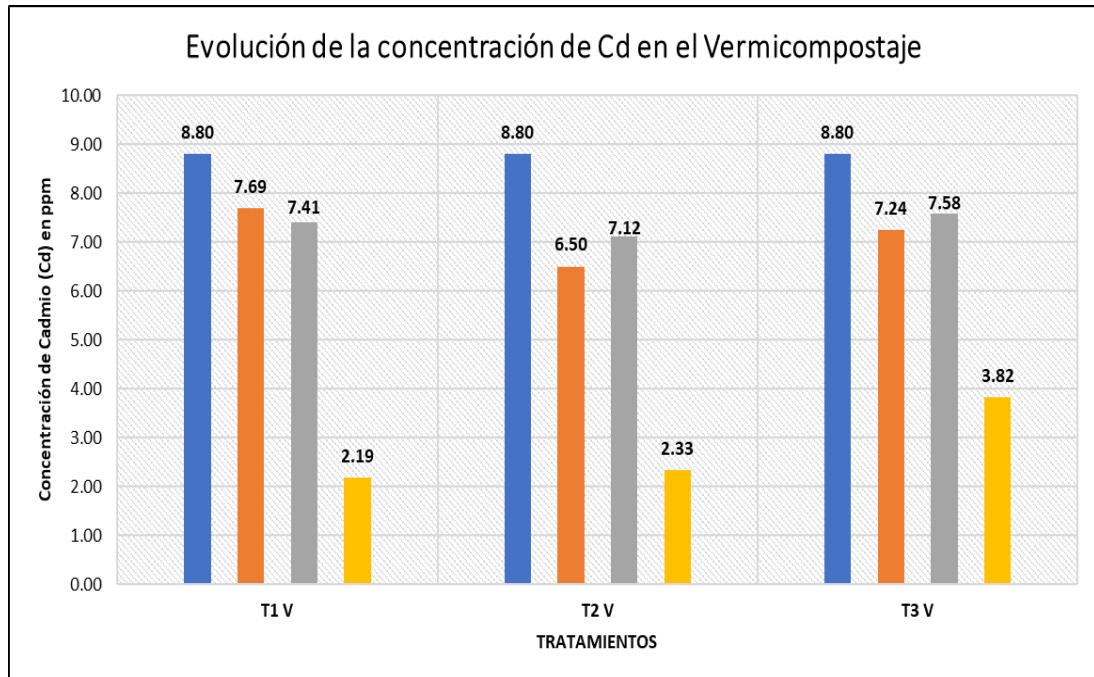
Tabla N.º 5.9. CONCENTRACIÓN DE Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE

Tratamientos	Al día 0 CPb (mg/kg)	Al día 90 CCd (mg/kg)	Al día 180 CCd(mg/kg)	Al día 270 CCd (mg/kg)
T1V	8.8	7.69	7.41	2.19
T2V	8.8	6.50	7.12	2.33
T3V	8.8	7.24	7.58	3.82

CCd: Concentración de cadmio

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.7. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Cd EN EL VERMICOMPOSTAJE



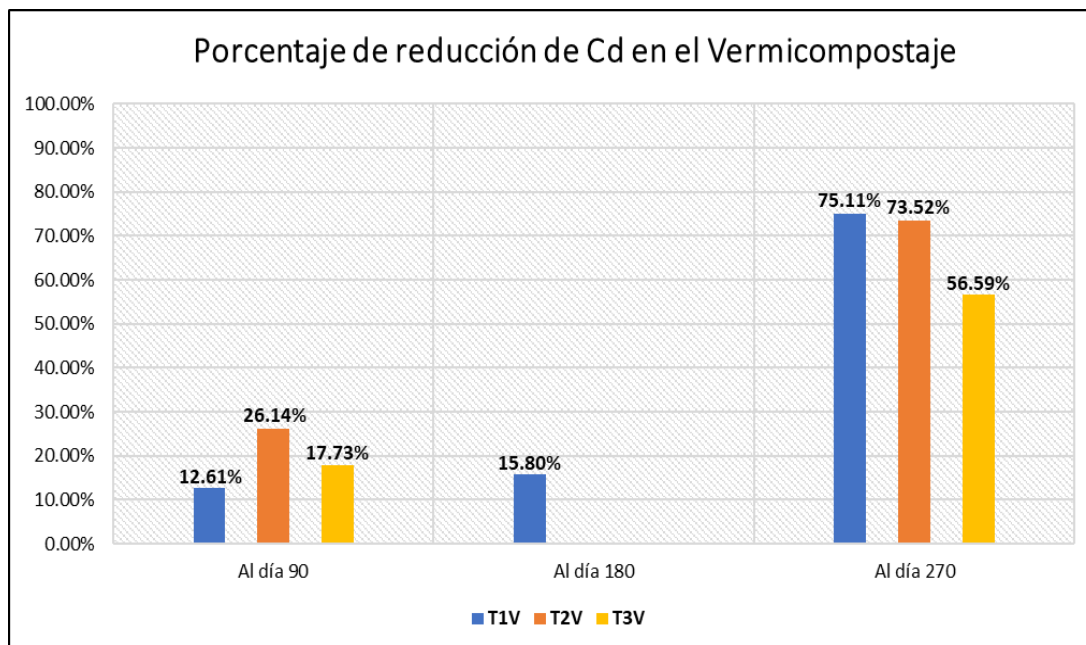
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 5.10. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE

Tratamientos	Al día 90 (%)	Al día 180 (%)	Al día 270 (%)
T1V	12.61%	15.80%	75.11%
T2V	26.14%	-	73.52%
T3V	17.73%	-	56.59%

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.8. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DEL Cd EN EL VERMICOMPOSTAJE



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 5.11. CANTIDAD DE LOMBRICES

Tratamientos	Al día 0	Al día 90	Al día 180	Al día 270
T1V	530	500	396	560
T2V	500	460	400	580
T3V	520	518	510	610

5.1.4. Eficiencia de la biorremediación por vermicompostaje de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.

Para determinar la eficiencia del proceso de biorremediación con Vermicompostaje de los suelos contaminados con cadmio y plomo por los pasivos ambientales de la minera Huamantanga – Canta, se realizó mediante el cálculo en porcentaje de la reducción de la concentración de Pb y Cd en el tiempo propuesto, la cual se muestra a continuación:

Vermicompostaje:

$$Eficiencia\ del\ Trat.\ Vermicompostaje = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100\%$$

Dónde:

Co = Concentración inicial de Pb y Cd (mg/Kg)

Cf = Concentración final de Pb y Cd (mg/Kg).

- **Plomo:**

$$Eficiencia\ del\ Trat.\ Vermicompostaje(Pb) = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100\%$$

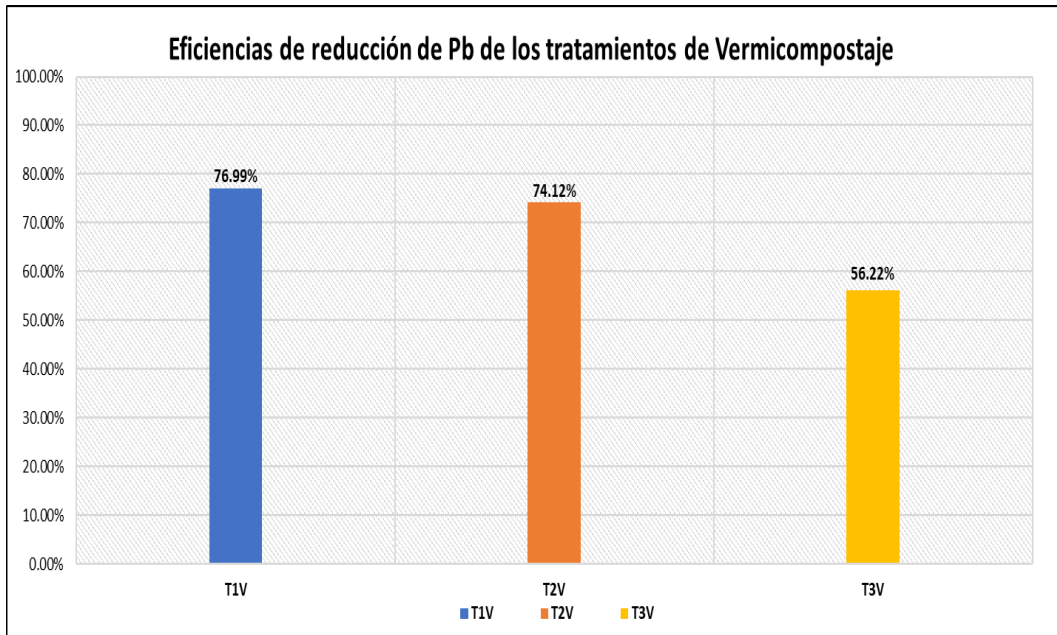
Tabla N.º 5.12. EFICIENCIA DE LA BIORREMEDIACIÓN DEL VERMICOMPOSTAJE EN EL Pb.

Tratamientos (mg/kg)	CFPb (mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
T1V: 11134.13	2561.92	76.99
T2V: 11134.13	2882.31	74.12
T3V: 11134.13	4875.85	56.22

Fuente: Elaboración Propia

CFPb: Concentración final de Plomo

Figura N.º 5.9. EFICIENCIA DEL Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE



Fuente: Elaboración Propia

- **Cadmio:**

$$Eficiencia\ del\ Trat.\ Vermicompostaje(Cd) = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

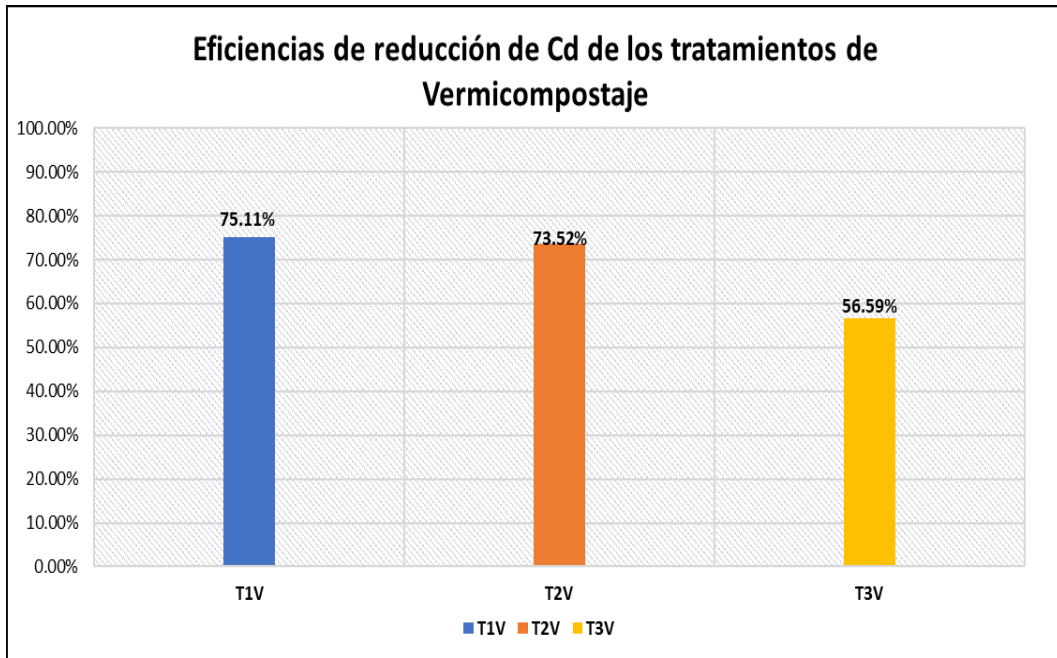
Tabla N.º 5.13. EFICIENCIA DE LA BIORREMEDIACIÓN DEL VERMICOMPOSTAJE EN EL Cd.

Tratamientos (mg/kg)	CFCd (mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
T1V: 8.8	2.19	75.11%
T2V: 8.8	2.33	73.52%
T3V: 8.8	3.82	56.59%

CFCd: Concentración final de Cadmio

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.10. EFICIENCIA DEL Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTAJE



Fuente: Elaboración Propia

Compostaje:

$$Eficiencia\ del\ Trat.\ Compostaje = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

Dónde:

Co = Concentración inicial de Pb y Cd (mg/Kg)

Cf = Concentración final de Pb y Cd (mg/Kg).

● **Plomo:**

$$Eficiencia\ del\ Trat.\ Compostaje(Pb) = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

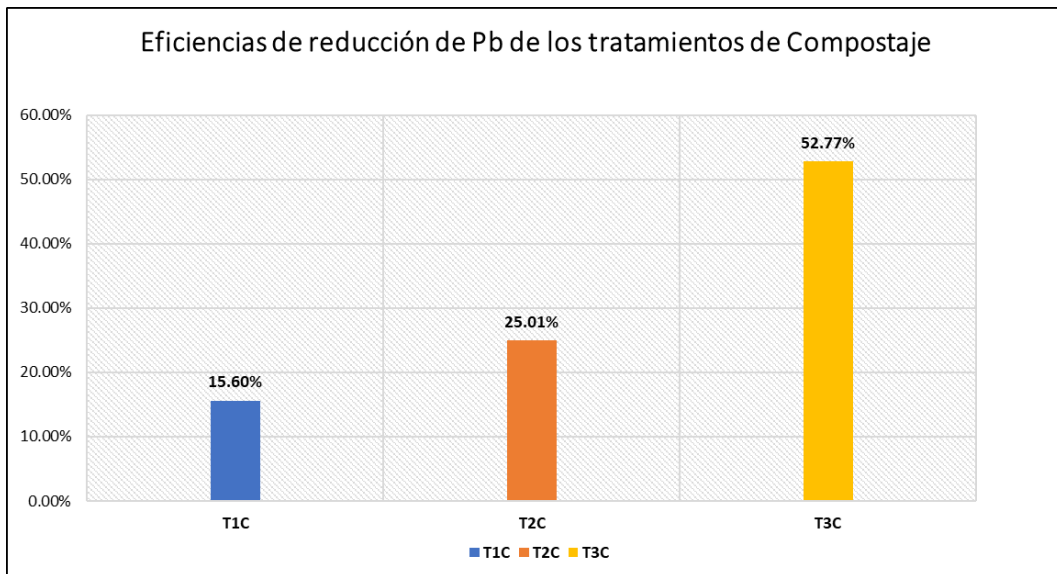
Tabla N.º 5.14. CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE Pb Y % DE REMOCIÓN.

Tratamientos (mg/kg)	CFPb (mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
T1C: 11134.13	9399.31	15.60
T2C: 11134.13	8240.82	25.01
T3C: 11134.13	5260.56	52.77

CFPb: Concentración final de plomo

Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.11. EFICIENCIA DEL Pb EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE



Fuente: Elaboración Propia

- **Cadmio:**

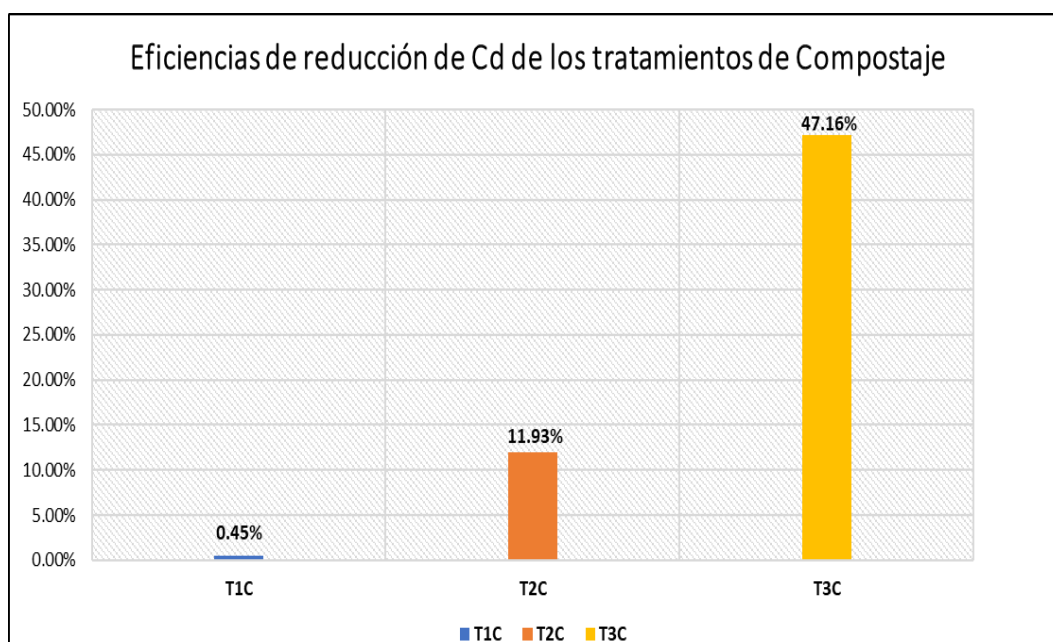
$$Eficiencia\ del\ Trat.\ Compostaje(Cd) = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

Tabla N.º 5.15. CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE Cd Y %DE REMOCIÓN.

Tratamientos (mg/kg)	CFCD (mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
T1C: 8.8	8.76	0.45
T2C: 8.8	7.75	11.93
T3C: 8.8	4.65	47.16

CFCd: Concentración final de Cadmio
Fuente: Elaboración Propia

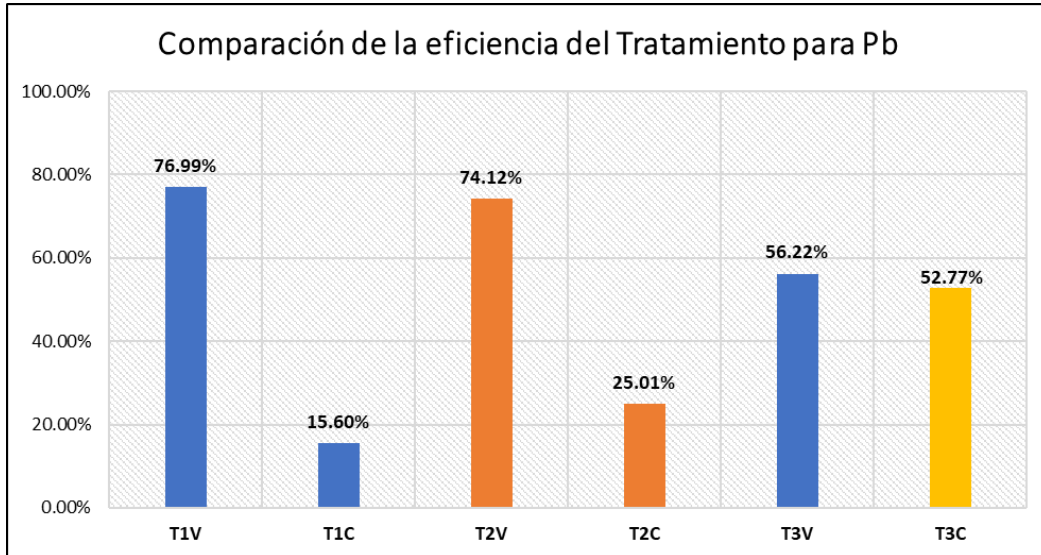
Figura N.º 5.12. EFICIENCIA DEL Cd EN LOS TRATAMIENTOS DE COMPOSTAJE



Fuente: Elaboración Propia

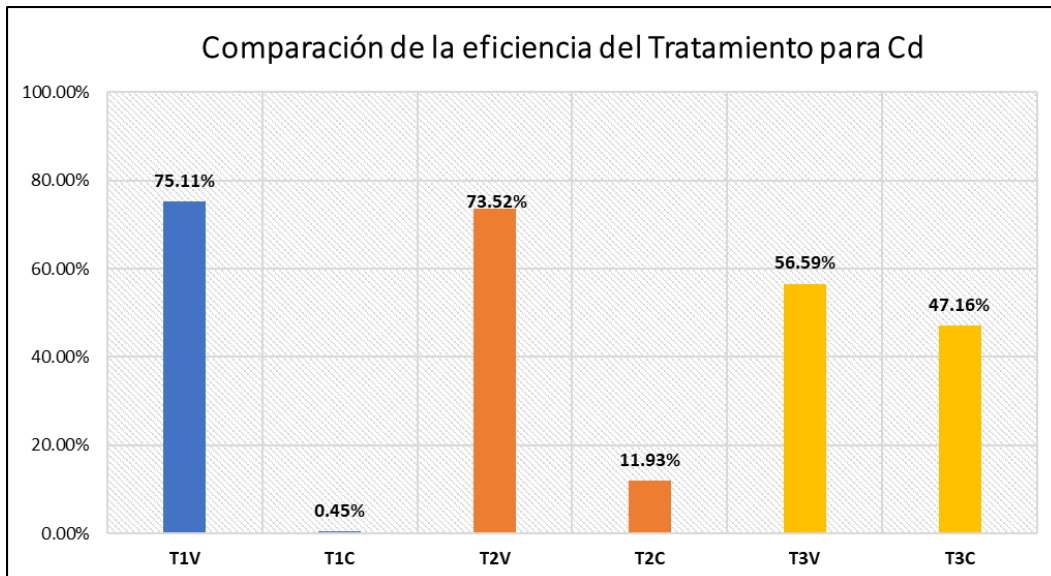
- **Evaluación del tratamiento más eficiente entre Compostaje y Vermicompostaje:**

Figura N.º 5.13. EFICIENCIAS DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL PLOMO (Pb)



Fuente: Elaboración Propia

Figura N.º 5.14. EFICIENCIAS DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CADMIO (Cd)



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 5.16. CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE Pb Y
CONCENTRACIÓN DE Pb EN EL ECA SUELO

Tratamientos (mg/kg)	CFPb (mg/kg)	CPb (ECA Suelo) (mg/kg)
T1V: 11134.13	2561.92	70
T2V: 11134.13	2882.31	70
T3V: 11134.13	4875.85	70
T1C: 11134.13	9399.31	70
T2C: 11134.13	8240.82	70
T3C: 11134.13	5260.56	70

*ECA SUELO (D.S 011-2017 – MINAM) Suelo agrícola

CFPB: Concentración final de Plomo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N.º 5.17. CONCENTRACIÓN FINAL PROMEDIO DE Cd Y
CONCENTRACIÓN DE Cd EN EL ECA SUELO

Tratamientos (mg/kg)	CFCd (mg/kg)	CCd (ECA Suelo) (mg/kg)
T1V: 8.8	2.19	1.4
T2V: 8.8	2.33	1.4
T3V: 8.8	3.82	1.4
T1C: 8.8	8.76	1.4
T2C: 8.8	7.75	1.4
T3C: 8.8	4.65	1.4

*ECA SUELO (D.S 011-2017 – MINAM) Suelo agrícola

CFCd: Concentración final de Cadmio

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Resultados inferenciales

5.2.1. Concentración de Plomo para Tratamiento de Compostaje y Vermicompostaje

a) Prueba de Normalidad

Hacemos uso de la prueba de normalidad para conocer si los datos de concentración de plomo de las muestras de los tratamientos de Vermicompost y Compost con los que trabajamos están normalmente distribuidos, para ello se aplicó la prueba de Shapiro Wilk con un nivel de confianza de 95% ya que las

cantidades de los datos de las muestras están limitados en el rango de 3 a 50 muestras.

Hipótesis:

Ho: Las concentración de plomo presenta distribución normal.

Hi: Las concentración de plomo no presenta distribución normal.

Rangos de validación de Hipótesis:

Si p-value \leq 0.05, entonces se rechaza la Hipótesis Ho y se acepta la Hipótesis alternativa Hi

Si p-value \geq 0.05, entonces se acepta la Hipótesis Ho

a.1) Estadística de Prueba de Normalidad para Tratamiento Compostaje

Los resultados de la prueba de normalidad Shapiro Wilk han sido obtenidos mediante el software estadístico SPSS, mostrando los siguientes

Figura N.º 5.15. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CONCENTRACION DE PLOMO DEL TRATAMIENTO DE COMPOSTAJE

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T1CR1	,213	3	.	,990	3	,809
T1CR2	,320	3	.	,883	3	,335
T1CR3	,356	3	.	,816	3	,154
T2CR1	,193	3	.	,997	3	,890
T2CR2	,351	3	.	,827	3	,180
T2CR3	,350	3	.	,829	3	,187
T3CR1	,277	3	.	,941	3	,532
T3CR2	,275	3	.	,943	3	,539
T3CR3	,330	3	.	,866	3	,285

Fuente: IBM SPSS Statistics

Criterio de validación de Hipótesis:

Los valores de significancia son mayores del 5% para los tratamientos T1C_R1, T1C_R2, T2C_R1, T2C_R2, T2C_R3, T3C_R1, T3C_R2, T3C_R3 por lo tanto se acepta la Hipótesis Nula Ho, concluyendo que las concentraciones de plomo para las muestras del tratamiento tienen una distribución normal, por lo que se deberá trabajar con el valor promedio, para contrastar la eficiencia de los tratamientos aplicados (Vermicompostaje y Compostaje) respectivamente.

a.2) Estadística de Prueba de Normalidad para Tratamiento Vermicompostaje

Los resultados de la prueba de normalidad Shapiro Wilk han sido obtenidos mediante el software estadístico SPSS, mostrando los siguientes

Figura N.º 5.16. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CONCENTRACION DE PLOMO DEL TRATAMIENTO DE VERMICOMPOSTAJE

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T1VR1	,258	3	.	,960	3	,615
T1VR2	,373	3	.	,779	3	,066
T1VR3	,378	3	.	,768	3	,040
T2VR1	,321	3	.	,882	3	,330
T2VR2	,215	3	.	,989	3	,799
T2VR3	,177	3	.	1,000	3	,966
T3VR1	,370	3	.	,787	3	,083
T3VR2	,312	3	.	,896	3	,372
T3VR3	,260	3	.	,958	3	,606

Fuente: IBM SPSS Statistics

Criterio de validación de Hipótesis:

Los valores de significancia son mayores del 5% para los tratamientos T1V_R1, T1V_R2, T2V_R1, T2V_R2, T2V_R3, T3V_R1, T3V_R2, T3V_R3 por lo tanto se acepta la Hipótesis Nula Ho, concluyendo que las concentraciones de plomo

para las muestras del tratamiento tienen una distribución normal, por lo que se deberá trabajar con el valor promedio, para contrastar la eficiencia de los tratamientos aplicados (Vermicompostaje y Compostaje) respectivamente, sin embargo para el tratamiento TV1_R3 el valor de significancia es menor del 5% por lo que las concentraciones de plomo no son normalmente distribuidos, por lo que se trabajara con el promedio de los dos valores más cercanos al valor esperado.

Resumen de Prueba de Normalidad:

La prueba de normalidad o Shapiro Wilk ha permitido identificar los valores promedios de las concentraciones de plomo de los tratamientos aplicados (Vermicompostaje y Compostaje).

Tabla N.º 5.18. PROMEDIOS DE CONCENTRACIONES DE PLOMO

	T1 V	T1 C	T2 V	T2 C	T3 V	T3 C
0 días	11,134.13	11,134.13	11,134.13	11,134.13	11,134.13	11,134.13
90 días	5,171.67	4,983.78	5,311.83	6,072.68	6,920.17	7,242.71
180 días	5,685.50	5,326.17	5,906.67	7,771.67	6,911.67	6,596.67
270 días	2,561.92	2,882.31	4,875.85	9,399.31	8,240.82	5,260.56

Fuente: elaboración propia

b) Análisis de la Varianza:

Hacemos uso del Análisis de la Varianza ANOVA con un nivel de confianza de 95%, para contrastar que las medias de las poblaciones (mayores a 2) correspondientes a las eficiencias biorremediadoras de los tratamientos de aplicados (Vermicompostaje y Compostaje) son iguales o por lo menos una de ellas difiere de las demás en cuanto al valor esperado.

Hipótesis:

Ho: El promedio de la eficiencia biorremediadora no varía en los tratamientos de biorremediación aplicados (Vermicompostaje y Compostaje).

Hi: El promedio de la eficiencia biorremediadora varía en los tratamientos de biorremediación aplicados (Vermicompostaje y Compostaje).

Rangos de validación de Hipótesis:

Si $p\text{-valúe} \leq 0.05$, entonces se rechaza la Hipótesis Ho y se acepta la Hipótesis alternativa Hi

Si $p\text{-valúe} > 0.05$, entonces se acepta la Hipótesis Ho

Estadística de la Eficiencia Biorremediadora de los Tratamientos para Concentración de Plomo (Pb)

A partir de las concentraciones de plomo (Pb) de los tratamientos aplicados (Vermicompostaje y compostaje), que se muestran en la Tabla, se obtienen los valores de eficiencia en la disminución de la concentración de Plomo (Pb), aplicando la siguiente ecuación:

Tabla N.º 5.19. EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA CONCENTRACION DE PLOMO

EFICIENCIA DE CONCENTRACION DE PLOMO						
	T1 V	T2 V	T3 V	T1 C	T2 C	T3 C
90 días	53.55	55.24	52.30	45.47	37.87	34.98
180 días	48.94	52.17	46.96	30.22	37.95	40.78
270 días	76.99	74.12	56.22	15.60	26.01	52.77

Fuente: elaboración propia

A partir de los valores de eficiencia en la disminución de la concentración de Plomo (Pb), aplicamos el análisis de la Varianza (ANOVA), obteniendo los resultados en la Tabla.

Figura N.º 5.17. PRUEBA DE ANOVA DE EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA CONCENTRACION DE PLOMO

ANOVA					
VAR00001					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2494,546	5	498,909	4,036	,022
Dentro de grupos	1483,479	12	123,623		
Total	3978,025	17			

Fuente: IBM SPSS Statistics

Criterio de validación de Hipótesis:

Los valores de significancia (p-value) es menor del 5%, por lo tanto, se rechaza la Hipótesis Nula H_0 , y se acepta la Hipótesis alternativa H_1 , concluyendo que existe por lo menos una media de la población difiere de la además en cuanto a su valor esperado, por lo que se aplicara el método de alta diferencia significativa o Tukey para determinar el tratamiento más efectivo con respecto a la reducción de plomo (Pb).

c) Análisis de Alta Diferencia Significativa Tukey

Hacemos uso del Análisis de TUKEY con un nivel de confianza de 95%, para contrastar que existe una alta diferencia significativa entre las medias entre 02 poblaciones correspondientes a las eficiencias biorremediadoras de los tratamientos de aplicados (Vermicompostaje y Compostaje).

Hipótesis:

H_0 : Hay una alta diferencia significativa entre la eficiencia biorremediadoras de los tratamientos (Vermicompostaje y Compostaje)

Hi: No hay una alta diferencia significativa entre la eficiencia biorremediadoras de los tratamientos (Vermicompostaje y Compostaje)

Rangos de validación de Hipótesis:

Si $p\text{-value} \leq 0.05$, entonces se rechaza la Hipótesis H_0 y se acepta la Hipótesis alternativa H_1

Si $p\text{-value} > 0.05$, entonces se acepta la Hipótesis H_0

Figura N.º 5.20. PRUEBA DE TUKEY DE EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA CONCENTRACION DE PLOMO

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: VAR00001						
HSD Tukey						
(I) T1V	(J) T1V	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1V	T2V	-,68333	9,07830	1,000	-31,1766	29,8100
	T3V	8,00000	9,07830	,944	-22,4933	38,4933
	T1C	29,39667	9,07830	,061	-1,0966	59,8900
	T2C	25,88333	9,07830	,115	-4,6100	56,3766
	T3C	16,98333	9,07830	,462	-13,5100	47,4766
T2V	T1V	,68333	9,07830	1,000	-29,8100	31,1766
	T3V	8,68333	9,07830	,923	-21,8100	39,1766
	T1C	30,08000	9,07830	,054	-,4133	60,5733
	T2C	26,56667	9,07830	,102	-3,9266	57,0600
	T3C	17,66667	9,07830	,422	-12,8266	48,1600
T3V	T1V	-8,00000	9,07830	,944	-38,4933	22,4933
	T2V	-8,68333	9,07830	,923	-39,1766	21,8100
	T1C	21,39667	9,07830	,245	-9,0966	51,8900
	T2C	17,88333	9,07830	,410	-12,6100	48,3766
	T3C	8,98333	9,07830	,913	-21,5100	39,4766
T1C	T1V	-29,39667	9,07830	,061	-59,8900	1,0966
	T2V	-30,08000	9,07830	,054	-60,5733	,4133
	T3V	-21,39667	9,07830	,245	-51,8900	9,0966
	T2C	-3,51333	9,07830	,999	-34,0066	26,9800
	T3C	-12,41333	9,07830	,744	-42,9066	18,0800
T2C	T1V	-25,88333	9,07830	,115	-56,3766	4,6100
	T2V	-26,56667	9,07830	,102	-57,0600	3,9266
	T3V	-17,88333	9,07830	,410	-48,3766	12,6100
	T1C	3,51333	9,07830	,999	-26,9800	34,0066
	T3C	-8,90000	9,07830	,916	-39,3933	21,5933
T3C	T1V	-16,98333	9,07830	,462	-47,4766	13,5100
	T2V	-17,66667	9,07830	,422	-48,1600	12,8266
	T3V	-8,98333	9,07830	,913	-39,4766	21,5100
	T1C	12,41333	9,07830	,744	-18,0800	42,9066
	T2C	8,90000	9,07830	,916	-21,5933	39,3933

Fuente: IBM SPSS Statistics

Tabla N.º 5.20. CONTRASTACIÓN DE EFICIENCIA DE TRATAMIENTOS

<i>group 1</i>	<i>group 2</i>	<i>Media(TV-TC)</i>	<i>p-value</i>
T1 V	T1 C	29,39667	0.061
T2 V	T2 C	26,56667	0,102
T3 V	T3 C	8,98333	0,913

Fuente: elaboración propia

Criterio de validación de Hipótesis:

Los valores de significancia (p-value) son menores del 5%, por lo que no hay una diferencia significativamente alta en la eficiencia de los tratamientos de biorremediación de Plomo (Pb) sin embargo se puede evidenciar una diferencia (mediana-baja) entre los tratamientos de Vermicompostaje y Compostaje, siendo esto mucho más evidente en la diferencia de eficiencias de los tratamientos T1V y T1C.

5.2.2. Concentración Final de Cadmio para Tratamiento de Compostaje y Vermicompostaje

a) Prueba de Normalidad

Hacemos uso de la prueba de normalidad para conocer si los datos de concentración de Cd de las muestras de los tratamientos de Vermicompost y Compost con los que trabajamos están normalmente distribuidos, para ello se aplicó la prueba de Shapiro Wilk con un nivel de confianza de 95% ya que las cantidades de los datos de las muestras están limitados en el rango de 3 a 50 muestras.

Hipótesis:

Ho: Las concentración de Cd presenta distribución normal.

Hi: Las concentración de Cd no presenta distribución normal.

Rangos de validación de Hipótesis:

Si $p\text{-value} \leq 0.05$, entonces se rechaza la Hipótesis H_0 y se acepta la Hipótesis alternativa H_1

Si $p\text{-value} > 0.05$, entonces se acepta la Hipótesis H_0

a.1) Estadística de Prueba de Normalidad para Tratamiento Compostaje

Los resultados de la prueba de normalidad Shapiro Wilk han sido obtenidos mediante el software estadístico SPSS, mostrando los siguientes

Figura N.º 5.22. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CONCENTRACION DE PLOMO DEL TRATAMIENTO DE COMPOSTAJE

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T1CR1	,243	3	.	,972	3	,682
T1CR2	,276	3	.	,942	3	,535
T1CR3	,326	3	.	,873	3	,304
T2CR1	,345	3	.	,840	3	,213
T2CR2	,369	3	.	,788	3	,086
T2CR3	,227	3	.	,983	3	,747
T3CR1	,379	3	.	,766	3	,035
T3CR2	,321	3	.	,881	3	,328
T3CR3	,329	3	.	,869	3	,292

Fuente: IBM SPSS Statistics

Criterio de validación de Hipótesis:

Los valores de significancia son mayores del 5% para los tratamientos T1C_R1, T1C_R2, T1C_R3, T2C_R1, T2C_R2, T2C_R3, T3C_R2, T3C_R3 por lo tanto se acepta la Hipótesis Nula H_0 , concluyendo que las concentraciones de cadmio para las muestras del tratamiento tienen una distribución normal, por lo que se deberá trabajar con el valor promedio, para contrastar la eficiencia de los tratamientos aplicados (Vermicompostaje y Compostaje) respectivamente, sin embargo, para el tratamiento T3C_R1 el valor de significancia es menor del

5% por lo que las concentraciones de cadmio no son normalmente distribuidos, por lo que se trabajara con el promedio de los dos valores más cercanos al valor esperado.

a.2) Estadística de Prueba de Normalidad para Tratamiento Vermicompostaje

Los resultados de la prueba de normalidad Shapiro Wilk han sido obtenidos mediante el software estadístico SPSS, mostrando los siguientes

Figura N.º 5.23. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CONCENTRACION DE PLOMO DEL TRATAMIENTO DE COMPOSTAJE

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T1VR1	,241	3	.	,974	3	,688
T1VR2	,218	3	.	,988	3	,787
T1VR3	,329	3	.	,869	3	,292
T2VR1	,336	3	.	,857	3	,258
T2VR2	,364	3	.	,800	3	,115
T2VR3	,177	3	.	1,000	3	,969
T3VR1	,333	3	.	,861	3	,269
T3VR2	,372	3	.	,782	3	,073
T3VR3	,364	3	.	,799	3	,113

Fuente: IBM SPSS Statistics

Criterio de validación de Hipótesis:

Los valores de significancia son mayores del 5% para los tratamientos T1V_R1, T1V_R2, T1V_R3, T2V_R1, T2V_R2, T2V_R3, T3V_R1, T3V_R2, T3V_R3 por lo tanto se acepta la Hipótesis Nula Ho, concluyendo que las concentraciones de cadmio para las muestras del tratamiento tienen una distribución normal, por lo que se deberá trabajar con el valor promedio, para contrastar la eficiencia de los tratamientos aplicados (Vermicompostaje y Compostaje) respectivamente.

Resumen de Prueba de Normalidad:

La prueba de normalidad o Shapiro Wilk ha permitido identificar los valores promedios de las concentraciones de plomo de los tratamientos aplicados (Vermicompostaje y Compostaje).

Tabla N.º 5.21. PROMEDIOS DE CONCENTRACIONES DE CADMIO

	T1 V	T1 C	T2 V	T2 C	T3 V	T3 C
0 días	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80
90 días	7.69	6.50	7.24	9.01	9.04	9.45
180 días	7.41	7.12	7.58	10.38	9.13	8.46
270 días	2.19	2.33	3.82	8.76	7.75	4.66

Fuente: elaboración propia

b) Análisis de la Varianza:

Hacemos uso del Análisis de la Varianza ANOVA con un nivel de confianza del 95%, para contrastar que las medias de las poblaciones (mayores a 2) correspondientes a las eficiencias biorremediadoras de los tratamientos de aplicados (Vermicompostaje y Compostaje) son iguales o por lo menos una de ellas difiere de las demás en cuanto al valor esperado.

Hipótesis:

Ho: El promedio de la eficiencia biorremediadora no varía en los tratamientos de biorremediación aplicados (Vermicompostaje y Compostaje).

Hi: El promedio de la eficiencia biorremediadora varía en los tratamientos de biorremediación aplicados (Vermicompostaje y Compostaje).

Rangos de validación de Hipótesis:

Si $p\text{-value} \leq 0.05$, entonces se rechaza la Hipótesis Ho y se acepta la Hipótesis alternativa Hi

Si p-value ≥ 0.05 , entonces se acepta la Hipótesis H_0

Estadística de Eficiencia Biorremediadora de los Tratamientos para concentración de Cadmio (Cd)

A partir de las concentraciones de plomo (Cd) de los tratamientos aplicados (Vermicompostaje y compostaje), que se muestran en la Tabla, se obtiene los valores de eficiencia en la disminución de la concentración de Plomo (Pb), aplicando la siguiente ecuación:

Tabla N.º 5.22. EFICIENCIA DE PROMEDIOS DE CONCENTRACIONES DE CADMIO

EFICIENCIA DE CONCENTRACION DE CADMIO						
	T1 V	T2 V	T3 V	T1 C	T2 C	T3 C
90 días	12.61	26.14	17.73	-2.39	-2.73	-7.39
180 días	15.80	19.09	13.86	-17.95	-3.75	3.86
270 días	75.11	73.52	56.59	0.45	11.93	47.16

Fuente: elaboración propia

A partir de los valores de eficiencia en la disminución de la concentración de Plomo (Pb), aplicamos el análisis de la Varianza (ANOVA), obteniendo los resultados en la Figura.

Figura N.º 5.21. PRUEBA DE ANOVA DE EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS EN LA CONCENTRACION DE CADMIO

ANOVA					
VAR00001	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5208,122	5	1041,624	1,736	,201
Dentro de grupos	7200,558	12	600,047		
Total	12408,680	17			

Fuente: IBM SPSS Statistics

Criterio de validación de Hipótesis:

El valor de significancia (p-value) es mayor del 5%, por lo tanto, se acepta la Hipótesis Nula H_0 , concluyendo que las medias de la eficiencia biorremediadora son iguales en los tratamientos de biorremediación aplicados (Vermicompostaje y Compostaje), no habiendo una diferencia significativamente alta entre las eficiencias de los tratamientos aplicados (Vermicompostaje y Compostaje).

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

6.1.1. Contrastación de los resultados fisicoquímicos

Las características que presenta el suelo luego de ser analizado en el laboratorio dan como resultado una conductividad eléctrica media, una baja cantidad de capacidad de intercambio catiónico producto de presentar una clasificación en su textura de franco arenoso, estas características se ven reflejadas en esta investigación, puesto que el ion metálico presenta carga positiva y las muestras de los tratamientos realizados contemplan agregados de materia orgánica que presenta carga negativa producto de un porcentaje inicial de arcilla del 16.03%, estos contribuyeron en la liberación de iones durante la ejecución de los tratamientos realizados, el pH inicial dio como resultado neutro, este se mantuvo en el tratamiento de Vermicompostaje a diferencia del tratamiento de Compostaje donde se evidenció una etapa donde el pH fue ligeramente ácido, el cual a estas condiciones favorecen en la retención de los metales contaminantes y la conductividad eléctrica media contribuye en la movilización de los metales contaminantes.

6.1.2. Contrastación de la biorremediación de suelos contaminados por Metales pesados (Pb y Cd) en los tratamientos del Compostaje.

Los tratamientos triplicados del Compostaje (T1C,T2C,T3C) al día 90 presentaron una reducción significativa del metal pesado plomo (Pb), a diferencia del cadmio (Cd) donde se evidenció un ligero aumento de la concentración de este contaminante respecto al inicial en todos los tratamientos triplicados, Al día 180 se refleja una disminución de las concentraciones de Plomo (Pb) en los tratamientos T2C Y T3C a diferencia del T1C donde se representa un ligero aumento de la concentración de este metal

pesado, para esta misma fecha en referencia del cadmio (Cd) se visualiza una disminución de la concentración del contaminante solo en el tratamiento T3C a diferencia de los otros dos (T1C y T2C) donde se observa que existe un leve incremento de la concentración, esto se debe a la descomposición del sustrato suministrado durante estos días, produciendo mayor cantidad de materia orgánica y liberando iones negativos que en contacto con los iones positivos metálicos producen una estabilización produciendo una mayor captación de estos metales en las muestras de los tratamientos de compostaje, los cuales fueron leídos y registrados por el equipo durante el análisis en el laboratorio. Al día 270 se evidencia una reducción de la concentración de Pb solo en el T3C a diferencia de los tratamientos T2C Y T1C donde no se evidenció ninguna reducción de la concentración, en el caso de Cd se evidencia una reducción de la concentración de cadmio en un 47.16% en el T3C seguido de los tratamientos T2C con 11.93% y el T1C 3.86%. Al ser comparados los resultados con el ECA suelo para uso agrícola de 70 mg/kg (plomo) y 1.4 mg/kg (cadmio); se evidencia que el tiempo del tratamiento debe ser mayor, razón por la cual ninguno de los tratamientos de compostaje alcanzó los niveles de la normativa.

6.1.3. Contrastación de la biorremediación de suelos contaminados por Metales pesados (Pb y Cd) en los tratamientos del Vermicompostaje.

Se analizó el suelo con los tratamientos realizados a los 0, 90, 180 y 270 días, el cual tuvo una concentración inicial de 11134.13 mg/kg de plomo (Pb) y 8.8 mg/kg de cadmio (Cd).

Se realizó el análisis al día 90 donde se evidenció una disminución de las concentraciones de ambos metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) en todos los tratamientos desarrollados, para el caso del plomo (Pb) en todos los tratamientos de vermicompostaje triplicados en el día 180 no se presentaron reducción de la concentración de este contaminante, por el contrario se evidenció un ligero aumento para el T1V, T2V Y T3V; para el caso del Cd en los tratamientos de vermicompostaje se muestra que solo el tratamiento T1V genera un 15.8% de reducción de este metal pesado a comparación de los

otros dos tratamientos T1V Y T2V ,que no presentaron reducción del contaminante sino un ligero aumento de concentración para cada tratamiento triplicado, esto se debe a la saturación que presentan las lombrices rojas californianas “ *Eisenia foetida*” después de casi tres meses del inicio del tratamiento, esto se evidenció con el análisis realizado a las lombrices donde el informe de ensayo dio como resultado una concentración acumulativa de 2043.47 mg/kg de plomo (Pb) y 14,02 mg/kg de cadmio (Cd), al día 270 todos los tratamientos reflejaron una disminución en la concentración de los metales pesados , producto de la realización de cambio de lombrices a todas las cajas por la saturación evidenciada en el análisis realizado donde el T1V presentó una reducción del 76.99% seguida del T2V (74.12%) y el T3V (56.22%) en el caso del Pb, para el metal pesado Cd la mayor reducción en el vermicompostaje se produjo en el T1V con un 75.11% a diferencia de los tratamientos T2V con 73.52% y T1V 56.59%. Al ser comparados los resultados con el ECA suelo para uso agrícola de 70 mg/kg (plomo) y 1.4 mg/kg (cadmio); se evidencia que el tiempo del tratamiento debe ser mayor, razón por la cual ninguno de los tratamientos de vermicompostaje alcanzó los niveles de la normativa.

6.1.4. Contratación de la Determinación de la mejor eficiencia entre los tratamientos de Compostaje y Vermicompostaje.

La determinación de las eficiencias de los tratamientos triplicados de vermicompostaje y compostaje respecto a la reducción de metales pesados plomo (Pb) y cadmio (Cd) fue realizada mediante fórmula, donde el tratamiento T1V presenta 76.99%, una mayor eficiencia en la reducción de plomo (Pb) en comparación de los otros dos tratamientos de vermicompostaje T2V (74,12 %) y T3V (56.22%), para el caso de cadmio (Cd) se muestra una mayor eficiencia en el tratamiento T1V donde se presenta un 75.11 % de eficiencia de remoción del contaminante seguido del tratamiento T2V (73,52%) y T3V(56.59%), en este caso el tratamiento T1V solo contenía un 25% de estiércol de cuy, 100% de sustrato , 100% de lombrices y 100% de suelo contaminado, siendo el más

eficiente para la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados plomo(Pb) y cadmio(Cd).

En los tratamientos de Compostaje se evidenció una mayor eficiencia en el tratamiento T3C donde se muestra un valor de 52.77 % respecto a la reducción del plomo (Pb), este fue seguido de los tratamientos T2C con 25,01% y T1C con 15.60 %. Asimismo, el tratamiento T3C fue el más eficiente 47.16% en la reducción de cadmio (Cd) seguido del tratamiento T2C con un valor de 11.93% y T3C con 0.45%, este tratamiento T3C presenta una composición del 100% de sustrato, 75% de estiércol de cuy y 100% de suelo contaminado, resultando este tratamiento T3C el más eficiente para la biorremediación de suelos contaminados por plomo (Pb) y cadmio (Cd).

Para evaluación del tratamiento más eficiente entre el compostaje y vermicompostaje para la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga -Canta, se utilizaron los métodos de contraste de la estadística inferencial, en primer lugar se utilizó el método de Shapiro Wilk para contrastar la hipótesis de normalidad de los valores de concentración de plomo y cadmio de las repeticiones por cada tratamiento de vermicompostaje y compostaje, evidenciándose que los datos presentan una distribución normal con un valor de confianza del 5%, por lo que se trabajó con el promedio de los valores de las repeticiones por cada tratamiento de Vermicompostaje y Compostaje para calcular los valores de eficiencia de los tratamientos. Posterior a ello se utilizó el método de ANOVA de un Factor para contrastar la hipótesis la variación de las medias de dos o más tratamientos, mostrándonos que para las eficiencias de los tratamientos de Vermicompostaje (T1V, T2V y T3V) y Compostaje (T1C, T2C y T3C) para Plomo (Pb) el valor de confianza es menor de 5%, evidenciando que por lo menos una de las medias difiere de las otras, en base a ello se utilizó el método de Tukey para contrastar la hipótesis de si existe un tratamiento que muestre una diferencia significativamente alta de eficiencia entre los grupos, sin embargo el valor de confianza es mayor de 5%, siendo el valor de confianza de la diferencia del tratamiento T1V y T1C el que más se aproxima con un valor de

0.6%. De igual modo se utilizó el método de ANOVA de un Factor para contrastar la hipótesis la variación de las medias de dos o más tratamientos, mostrándonos que para las eficiencias de los tratamientos de Vermicompostaje (T1V, T2V y T3V) y Compostaje (T1C, T2C y T3C) para Cadmio (Cd) el valor de confianza es mayor de 5%, evidenciando las medias son iguales, en base a ello ya no se utilizó el método de Tukey para contrastar la hipótesis de si existe un tratamiento que muestre una diferencia significativamente alta de eficiencia entre los grupos.

6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares

Se realizó la determinación de la eficiencia del tratamiento de vermicompostaje a través de un cálculo matemático dando como resultado una eficiencia de biorremediación para el vermicompostaje del 76.99 % para el metal pesado plomo (Pb) y un 75.11% para el metal pesado cadmio (Cd) a un tiempo de 270 días de tratamiento para ambos casos, resultando nuestro tratamiento más favorable que la investigación de (Velásquez, 2010) donde a un tiempo de 210 días solo se obtuvo una biorremediación del 26.66% en el plomo (Pb) y un 24 % en el caso del cadmio (Cd). Pero a su vez ambos nos comprueban la capacidad de absorción de metales pesado que posee la *Eisenia foetida* como tratamiento Vermicompostaje en la biorremediación de suelos contaminados por metales tóxicos.

En el tratamiento del compostaje se tuvo como resultado una eficiencia del 52.77% de biorremediación del suelo contaminado por plomo (Pb) y una eficiencia del 47.16% para el caso del Cadmio (Cd) donde ambos tratamientos se realizaron durante 270 días, demostrando que el compostaje es una posible alternativa útil a bajo costo para la modificación in situ de metales pesados en suelos contaminados. (Zhou, Liu, Luo, Zhou, & Wei, 2017).

La presente investigación determinó la alternativa de biorremediación más eficiente donde se tuvo como resultado que el tratamiento de vermicompostaje presenta un 76.99% reducción del plomo (Pb) y un 75.11% de reducción del cadmio (Cd) a comparación del de compostaje donde solo se pudo obtener una

eficiencia de reducción de plomo (Pb) del 52.77% y para el cadmio (Cd) del 47.16%, concluyendo así que el vermicompostaje es el tratamiento más eficiente para la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados, este resultado concuerda con las investigaciones realizadas por (Mosquera Córdova, 2016), (Marcó Parra, Vásquez, & Macchi, 2010); (Hodson, Negro, & Nahmani, 2007) ; (Velásquez, 2010) donde para tiempos de tratamientos realizados entre 100 y 210 días se obtuvo una eficiencia de remoción de metales pesados del 30,2% al 72%, demostrando esta manera el alto potencial de resistencia de la especie *Eisenia foetida* y su poder biorremediador en los tratamientos de vermicompostaje para suelos contaminados.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

Durante la ejecución de todo el trabajo de investigación tanto experimental y en gabinete se lograron seguir con los procedimientos establecidos por las buenas prácticas de la Ingeniería, así como procedimientos contemplados en la ley; se ha cumplido con las normas laborales y de responsabilidad.

No habiéndose incurrido en plagio ni total ni parcial en todo el desarrollo y el contenido de la investigación.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

1. Se concluye que el tratamiento de biorremediación por medio del vermicompostaje es más eficiente a comparación del tratamiento de compostaje para la disminución del plomo y cadmio en suelos contaminados por metales pesados.
2. Se concluye respecto al análisis fisicoquímico inicial del suelo, que contiene una conductividad eléctrica inicial media, una baja cantidad de capacidad de intercambio catiónico producto de presentar una clasificación en su textura de franco arenoso, la cual contribuye en la movilización de los metales contaminantes, el pH inicial dio como resultado neutro, la materia orgánica representa una baja concentración de 1.30%, el potasio y el fosforo se mantienen en proporciones medias aceptables de 139.2ppm y 12.41pm respectivamente y las sales como el calcio , magnesio y sodio se presentan en condiciones medias normales.
3. De acuerdo a los resultados se obtuvo una eficiencia del tratamiento del compostaje de 52.77% en la disminución de concentración del plomo y una eficiencia del mismo tratamiento de 47.16% en la disminución de concentración del cadmio.
4. De acuerdo a los resultados se obtuvo una eficiencia del tratamiento del vermicompostaje de 76.99% en la disminución de concentración del plomo, así también, una eficiencia del mismo tratamiento de 75.15% en la disminución de concentración del cadmio.
5. Se realizó el análisis de metales en las lombrices *Eisenia Foetida*, donde se obtuvo como resultado la acumulación de 2043.47 mg/kg de plomo (Pb) y 14,02 mg/kg de cadmio (Cd), en ellas, por ello se determina que la lombriz es un organismo que bioacumula metales como cadmio y plomo.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el aireamiento del compostaje cada vez que se agrega materia orgánica (cascara de frutas, verduras, etc.), para que esta no tienda a sufrir procesos de putrefacción.
2. Para realizar el vermicompostaje se debe tener en cuenta realizar el procedimiento experimental en lugares sin presencia de hormigas, puesto que ellas son depredadores naturales de las lombrices, además de cambiar las lombrices en aproximadamente de 3 a 6 meses para la efectiva biorremediación de suelos puesto que estas tienden a saturarse por la acumulación de metales pesados, y no deben entrar en la cadena alimenticia, ya que contienen en su organismo metales que se absorben en el proceso.
3. Se recomienda en cuanto a la biorremediación del tratamiento del vermicompostaje controlar factores ambientales como humedad y temperatura, los cuales ayudaran a que las lombrices a tener las óptimas condiciones para que puedan desarrollarse.
4. Se recomienda seguir realizando investigaciones en cuando a la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados utilizando el tratamiento de vermicompostaje.
5. Para obtener los valores del ECA Suelo para uso agrícola en el Cadmio y Plomo, se recomienda para el Vermicompostaje aumentar 3 meses más al tratamiento actual; en el caso del compostaje se recomienda 6 meses más al tratamiento actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Swati, S. H. (2017). Destino y biodisponibilidad de los metales pesados durante el vermicompostaje de diversos residuos orgánicos.
- Abollino. (2002). Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites. Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. Environmental Pollution.
- ADEX. (2002). Lombricultura Una alternativa de producción. La Rioja.
- Arango Aramburo, M. (2012). Problemática de los Pasivos Ambientales. Gestión y Ambiente, 125-133.
- autores, M. C. (2008). Efecto combinado de bioaumentación y bioturbación en la degradación de atrazina en el suelo.
- Balmón, A. (2006). Guía práctica de análisis de datos. Andalucía: Junta de Andalucía, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa.
- Banat, K. M., Howari, F. y Al-Hamad. (2005). Banat, K. M., Howari, F. Heavy Metals in Urban Soils of Central Jordan: Should we Worry about Their Environmental Risks. Environmental Research.
- Bohn, H.L., B.L. McNeal, A.G. O'Connor. (1985). Química del suelo. Wiley-InterScience.
- BOOPHATY, R. (2000). Factores que limitan las tecnologías de biorremediación. Thibodaux.
- Callahan, M., Stewart, A., & Alarcón, C. (2002). Effects of earthworm (*Eisenia Fetida* and wheat *Triticum aestivum* straw additions on selected properties of petroleum-contaminated soils. Environmental Toxicology and Chemistry, 21, 1658-1663.
- CAMPBELL, D., & STANLEY , J. (2012). Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social. Buenos Aires: Amorrortu.
- Carrasco, D. S. (2005). Metodología de la investigación científica (1ra ed.). LIMA: San Marcos.
- Chile, S. (1987). Lombricultura un amplio horizonte. centro de desarrollo de lombricultura. Chile.
- Colin, B. (1999). Environmental Chemistry (2da ed.). W.H. Freeman & Company.
- Córdoba, T. M. (2016). Eficiencia del lombricompostaje en la biorremediación de suelos degradados por la minería a cielo abierto en el Municipio de Unión Panamericana, departamento del Chocó. Colombia.

CORDOVA, T. M. (2016). Eficiencia del lombricompostaje en la biorremediación de suelos degradados por la minería a cielo abierto en el municipio de unión panamericana, departamento del chocó. Colombia.

Demnerová, K., Mackova, M., Speváková, V., Beranova, K., Kochánková, L., Lovecká, P., Ryslavá, E. & Macek, T. 2005. Two approaches to biological decontamination of groundwater and soil polluted by aromatics—characterization of microbial populations. *International Microbiology*. 8:205-211

EPA. (2001).

FAO. (2003). Manual de compostaje del agricultor Experiencias en América Latina. Chile.

Fornes, F., Garcia de La Fuente, R., & Abad, M. (2009). "Alperujo" compost amendment of contaminated calcareous and acidic soil: Effects on growth and trace element uptake by five Brassica species. *Bioresource Technology*, 100, 3982-3990.

Garcia, Dorronsoro (2005). Contaminación por Metales Pesados. En *Tecnología de Suelos*. Granada.

Garzón, J., Rodriguez Miranda, J., & Hernandez Gómez, C. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su. *Universidad Y Salud*, 318.

Glazer, A., & Nikaido, H. (1995). *Fundamento de la microbiología aplicada*. New York.

Haug, T. (1980). *Compost engineering, principles and practice*. Michigan: Ann arbor science publisers.

HERNANDEZ SAMPIERI, R. (2010). *Metodología de la investigación (5ta ed.)*. Mexico: The McGraw-Hill Companies.

Hernandez, S. R. (2010). *Metodología de la Investigación (5ta ed.)*. Mexico: The McGraw-Hill Companies.

Hodson, M., Negro, S., & Nahmani, J. (2007). Effects of metals on life cycle parameters of the earthworm *Eisenia fetida* exposed to field-contaminated, metal-polluted soils. *El Siever*, 44-58.

Hugo Altomonte, Jean Acquatella, Andrés Arroyo, Andrei Jouravlev, Jeannette Lardé, René Salgado. (2013). *Recursos Naturales en UNASUR Situación y tendencias para una agenda de desarrollo regional*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

INEI. (2017). *Comportamiento de la Economía Peruana en el Segundo Trimestre de 2017*. Lima. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Información.

- J., A. B. (1995). Metales pesados en suelos. Blackie Academic & Professionals, 368.
- Lázaro, J. D. (2008). Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados. Universidad Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.
- Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera Ley N.º 28271. (2004). Lima, Perú, Perú.
- Lofts, S., & Spurgeon, D. a. (2005). Fractions Affected and Probabilistic Risk Assessment of Cu, Zn, Cd, and Pb in Soils Using the Free Ion Approach, Environmental Science & Technology.
- Lofts, S.; Spurgeon, D. and Svendsen, C. (2005). Fractions Affected and Probabilistic Risk Assessment of Cu, Zn, Cd, and Pb in Soils Using the Free Ion Approach, Environmental Science & Technology.
- Marcó Parra, L. M., Vasquez, C., & Macchi, L. M. (2010). Use of earthworms (*Eisenia fetida*) and vermicompost in the processing and safe management of hazardous solid and liquid wastes with high metal contents. Int. J. Global Environmental Issues.
- Martin, C. W. (2000). Heavy Metals Trends in Floodplain sediment and valley fill. Catena, 39,53-68.
- Mc Bride, M. . (1997). Control de la solubilidad de Cu, Zn, Cd y Pb en suelos contaminados. Revista Europea de la Ciencia del Suelo. 48, 337-346.
- MINAM. (2 de Diciembre de 2017). SINIA. Obtenido de SINIA: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>
- MINEM. (2005). Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. Ley 28271. Lima, lima, Perú: ministerio de energía y minas.
- MINEM. (2016). Actualización del inventario inicial de pasivos ambientales mineros. Ministerio de Energía y Minas.
- MINEM. (2016). Pasivos Ambientales Mineros. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- Ministerio del Ambiente. (2005). Ley General del Ambiente. Lima.
- Monard. (2008). Efecto combinado de bioaumentación y bioturbación en la degradación de atrazina en el suelo.
- Mosquera Córdova, T. (2016). Eficiencia del lombricompostaje en la biorremediación de suelos degradados por la minería a cielo abierto en el municipio de Unión Panamericana, departamento del Chocó. Colombia.
- Nogales R., Domínguez J., Mato S. (2008). Vermicompostaje. Ediciones Mundi Prensa.

- Nogales R., Domínguez J. Mato S. (2008). Vermicompostaje. Ediciones Mundi Prensa.
- Nolan, A., & Mclaughlin, M. a. (2003). Chemical Speciation of Zn,Cd, Cu, and Pb in Pore Waters of Agricultural and Contaminated Soils Using DonnanDialysis, Environmental Science & Technology.
- OMS. (2017). Impacto de las sustancias químicas en la salud.
- Pardinas, F. (1982). Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales. Mexico: Siglo XXI.
- Pino López, P. (2011). Fitorremediación en los suelos de Mayoc, San Mateo, Huarochirí - Lima. Lima, Perú.
- Ricardo José Somarriba Reyes; Fidel Guzmán Guillén. (2004). Guía de lombricultura, Nicaragua.
- Ricardo Somarriba Reyes; Fidel Guzmán Guillén. (2004). Guía de Lombricultura. Nicaragua.
- Sagarpa. (2004). Cuarto informe de labores 2004.Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, México.
- SAMPIERI, R. H. (2010). Metodología de la investigación (5TA ed.). The McGraw-Hill Companies.
- Sauve, S., W. Henderson, H.E. Allen. (2000). Partición de metales sólidos en suelos contaminados: dependencia del pH, carga total de metal y materia orgánica. Reinar. Sci. Technol., 1125-1131.
- Semple, K. T. (2001). . Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. Environ. Pollution, 112: 269-283.
- Soliva,M.; López, M.; Huerta, O. (2008). Compostaje.
- Tamayo Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica (4ta ed.). MEXICO D. F: LIMUSA S.A.
- Tsang, D.C.W. and LO, M.C. . (2006). Competitive Cu and Cd Sorption and Transport in Soils: A Combined Batch Kinetics, Column, and Sequential Extraction Study,Environmental Science & Technology.
- Van Deuren, J., Z. Wang, J. Letbetter. (1997). Remediation technologies screening matrix and reference Guides. Technology innovation office: 3era edición.
- Velásquez, C. G. (Marzo de 2010). Evaluación de nutrimentos y capacidad remediadora de la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) para extraer plomo y cadmio de la precomposta equina y caprina en la región de Nazas, Durango. Nazas, Durango, Mexico.

Walker, D., Clemente, R., & Bernal, M. (2004). Contrasting effects of manure and compost on. *Chemosphere*, 57, 215-224.

Worrall, A. N., & Brereton, D. (2009). Towards a sustainability criteria and indicators framework for legacy mine. *Journal of Cleaner Production*, 17, 1426–1434.

Y Ma, J Y Zhang, M.H Wong. (2003). Microbial activity during composting of anthracenecontaminated soil. En J. Y. Y Ma, Microbial activity during composting of anthracenecontaminated soil.

Zhou, R., Liu, X., Luo, L., Zhou, Y., & Wei, J. (2017). Remediation of Cu, Pb, Zn and Cd -contaminated agricultural soil using a combined red mud and compost amendment. Elsevier, 9.

ANEXOS
Matriz de consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la alternativa más eficiente entre el compostaje y el vermicompostaje en la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>1.- ¿Cuáles son las características físicas químicas de los suelos contaminados con cadmio y plomo</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar el tratamiento más eficiente entre el compostaje y vermicompostaje para la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>1.- Identificar las características físicas químicas de suelo contaminado con cadmio y plomo</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El vermicompostaje es más eficiente que el compostaje en la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.</p>	<p>Variable independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compostaje • Vermicompostaje <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH • Temperatura • Capacidad de intercambio catiónico. • Cantidad de lombrices <p>Variable dependiente</p> <p>Biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo: Proceso por el cual se</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Esta investigación es de tipo descriptivo cuasi experimental con enfoque cuantitativo porque se medirán la variable independiente como dependiente; se mide y evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas</p>	<p>Población</p> <p>La población del estudio son los suelos contaminados por pasivos mineros en Huamantanga - Canta</p> <p>Muestra:</p> <p>La muestra representa la cantidad de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros en Huamantanga - Canta expresados en kilogramos (180 kg).</p>

<p>por pasivos ambientales mineros de Huamantanga – Canta?</p> <p>2.- ¿Cuál será la eficiencia del compostaje en los procesos de biorremediación en suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga – Canta?</p> <p>3.- ¿Cuál será la eficiencia del vermicompostaje en los procesos de biorremediación en suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga – Canta?</p>	<p>por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.</p> <p>2.- Determinar la eficiencia de la biorremediación por compostaje de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.</p> <p>3.- Determinar la eficiencia de la biorremediación por vermicompostaje de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta.</p>		<p>estabiliza los suelos contaminados (Haug, 1980); transformándolo en productos metabólicos menos tóxicos (Van Deuren, J., Z. Wang, J. Letbetter, 1997).</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentración de Pb • Concentración de Cd. 	<p>independientemente, para así describir lo que se investiga. (Hernandez, 2010).</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Esta investigación presenta un diseño experimental; ya que se trabajará con la intervención y manipulación de variables independientes (compostaje y vermicompostaje) y se asignará de manera aleatoria los sujetos experimentales a cada tratamiento para medir la variable dependiente. (Hernandez, 2010)</p>	<p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis físico • Análisis químico • Observación • Observación asistida • Analíticas <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Registros de observación • Inventario • Mecánicos • Electrónicos <p>Estadística</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prueba de normalidad • Método de ANOVA de un Factor.
---	---	--	--	--	--

Informes de ensayo



**BUREAU
VERITAS**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

Pág. 1 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 67887L/19-MA

ORGANISMO ACREDITADO : INSPECTORATE SERVICES PERÚ S.A.C.
REGISTRO DE ACREDITACIÓN : N° LE - 031
CLIENTE : Proyecto de tesis
DIRECCIÓN :
PRODUCTO : Suelos
MATRIZ : Suelos
NÚMERO DE MUESTRAS : 1
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS : Frascos de plástico (boca ancha)
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : Muestras recolectadas por Inspectorate Services Perú S.A.C.
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : P-OMA-004 Muestreo de Suelos, Sedimentos y Lodos
FECHA DE MUESTREO : 2019-05-31
LUGAR DE MUESTREO : Callao - Callao - Lima
REFERENCIA DEL CLIENTE : Muestra de Lombrices del proyecto Eficiencia del Compostaje y Vermicompostaje en la Biorremediación de Suelos Contaminados con Cadmio y plomo por Pasivos Ambientales Mineros de Huamantanga - Canta
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS : 2019-06-01
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO : 2019-06-01
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019-06-08
ORDEN DE SERVICIO : OS/O-19-05213

Callao, 11 de Junio de 2019

Inspectorate Services Peru S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company


INGA DASY L. VALLE ALVARADO
C.I.F. 169684
SUPERVISOR DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de esto).
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
<valor> significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
>valor> significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A exposición de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



**BUREAU
VERITAS**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE - 031

Pág. 2 / 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 67887L/19-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Estación de Muestreo				TV
Fecha de Muestreo				2019-05-31
Hora de Muestreo				19:00
Código de Laboratorio				985/2
Matriz				SU
Ensayo	Unidad	L.C.	L.D.	
Metales en suelos				
Cd	mg/kg	0.06	0.03	14.02
Pb	mg/kg	0.50	0.30	2 043.47

VERITAS

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
 Se declara que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
 <"valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
 >"valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



**BUREAU
VERITAS**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

Pág. 3

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 67887L/19-MA

MÉTODOS DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Metales en Suelos (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cerio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Hierro, Fósforo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Talio, Titanio, Torio, Uranio, Vanadio y Zinc)	EPA 3050B Rev. 2 - 1996, Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. EPA 6020B Rev. 2 - July 2014, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry.

MATRICES

MATRIZ	DESCRIPCIÓN
SU	Suelos

NOTAS

Las muestras ingresan al Laboratorio en cooler, con refrigeración.
 "L.C." significa Límite de cuantificación.
 "L.D." significa Límite de detección.

VERITAS

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
 Se declara que los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo y muestreo (la declaración aplica a muestreo en caso el laboratorio sea responsable de este).
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió (aplica en caso el laboratorio no haya sido responsable de la etapa de muestreo).
 "<valor" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
 ">valor" significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Distrito del Callao, Provincia Constitucional del Callao - Perú
 Central: 51 (1) 319-5100 Anexo 8055 / www.bureauveritas.com



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
 LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014019

ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
 PROYECTO : TESIS
 PROCEDENCIA : Huamantanga - Canta
 RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
 FECHA DE ANALISIS : La Molina, 09 de agosto de 2018

Número de muestra		CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						CIC total	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺
												Cmol (+) / Kg					
13974	Prof. 20 cm	1.60	68.36	21.35	10.29	Franco arenoso	7.25	1.58	9.09	234.00	0.45	8.47	7.45	0.59	0.10	0.34	-

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
 JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014108

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Huamantanga - Canta
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 14 de septiembre de 2018

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14108	P-01 Prof. 20cm	11134.13	8.80

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014858

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14858	T3 C3	7669.90	9.46

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014857

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14857	T3 C2	7386.79	9.44

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014856

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14856	T3 C1	6671.43	8.50

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014855

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canía
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14855	T2 C3	8225.96	10.12

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014854

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14854	T2 C2	7009.80	8.63

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014853

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14853	T2 C1	5524.75	8.39

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014851

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14851	T1 C2	6582.52	9.21

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014850

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14850	T1 C1	5500.00	7.88

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14849	T3 V3	4537.61	7.85

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014848

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14848	T3 V2	5669.72	7.01

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014847

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14847	T3 V1	5728.16	6.86

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014846

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14846	T2 V3	4829.41	5.90

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Migdela A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014845

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14845	T2 V2	4695.45	6.13

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Daigado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014844

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14844	T2 V1	5426.47	7.48

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014843

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14843	T1 V3	5190.00	7.56

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014842

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14842	T1 V2	5240.20	7.84

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 014841

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Lima - Canta
RESP. ANÁLISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANÁLISIS : La Molina, 04 de febrero de 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
14841	T1 V1	5084.82	7.66

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015091

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb	Cd
Lab.	Campo	(ppm)	(ppm)
15091	T ₃ C ₃ Prof. 20 cm.	8520.00	8.63

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015090

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15090	T ₃ C ₂ Prof. 20 cm.	6365.00	8.00

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015089

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb	Cd
Lab.	Campo	(ppm)	(ppm)
15089	T ₃ C ₁ Prof. 20 cm.	6905.00	8.77

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015088

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE
HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15088	T ₂ C ₃ Prof. 20 cm.	8435.00	10.41

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015087

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE
HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb	Cd
Lab.	Campo	(ppm)	(ppm)
15087	T ₂ C ₂ Prof. 20 cm.	6275.00	8.44

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015086

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15086	T ₂ C ₁ Prof. 20 cm.	6025.00	8.54

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015085

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15085	T ₁ C ₃ Prof. 20 cm.	8315.00	10.58

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
EFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015084

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Numero de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15084	T ₁ C ₂ Prof. 20 cm.	8060.00	10.97

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015083

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15083	T ₁ C ₁ Prof. 20 cm.	6940.00	9.60

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015082

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15082	T ₅ V ₃ Prof. 20 cm.	6930.00	8.79

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015081

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA.
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Numero de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15081	T ₂ V ₂ Prof. 20 cm.	5570.00	7.02

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIGEO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015080

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb	Cd
Lab.	Campo	(ppm)	(ppm)
15080	T ₂ V ₁ Prof. 20 cm.	5220.00	6.94

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015079

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE
HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15079	T ₂ V ₃ Prof. 20 cm.	4778.50	6.26

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015078

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15078	T ₂ V ₂ Prof. 20 cm.	5255.00	7.51

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO

Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015077

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15077	T ₂ V ₁ Prof. 20 cm.	5945.00	7.60

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015076

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb	Cd
Lab.	Campo	(ppm)	(ppm)
15076	T ₁ V ₃ Prof. 20 cm.	6130.00	7.49

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015075

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb (ppm)	Cd (ppm)
Lab.	Campo		
15075	T ₁ V ₂ Prof. 20 cm.	4846.50	6.75

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015074

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA ESPERANZA ROJAS HUAROTO
PROYECTO : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE EN LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE
HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de abril 2019

Número de muestra		Pb	Cd
Lab.	Campo	(ppm)	(ppm)
15074	T ₁ V ₁ Prof. 20 cm.	6080.00	7.99

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015442

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15442	BV Prof. 20 cm.	157.64	2.67

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015452

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS
DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15452	BC Prof. 20 cm.	154.41	2.94

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015443

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15443	T ₁ C ₁ Prof. 20 cm.	6847.59	6.82

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015444

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15444	T ₁ C ₂ Prof. 20 cm.	10496.39	9.46

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015445

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15445	T ₁ C ₃ Prof. 20 cm.	10853.95	10.00

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
[Firma]
Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015449

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15449	T ₃ C ₁ Prof. 20 cm.	7108.70	6.11

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015450

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15450	T ₃ C ₂ Prof. 20 cm.	8409.75	7.17

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015451

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15451	T ₃ C ₃ Prof. 20 cm.	263.22	0.69

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015446

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15446	T ₂ C ₁ Prof. 20 cm.	9091.45	8.53

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015448

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15448	T ₂ C ₃ Prof. 20 cm.	7887.75	6.84

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015447

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS
DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15447	T ₂ C ₂ Prof. 20 cm.	7743.26	7.88

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sánchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015433

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15433	T ₁ V ₁ Prof. 20 cm.	2540.54	2.97

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015434

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15434	T ₁ V ₂ Prof. 20 cm.	798.05	0.95

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO

Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO



}



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015435

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15435	T ₁ V ₃ Prof. 20 cm.	2583.31	2.64

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015436

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS
CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS
DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15436	T ₂ V ₁ Prof. 20 cm.	2424.43	2.34

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015437

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15437	T ₂ V ₂ Prof. 20 cm.	3349.80	3.03

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015438

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15438	T ₂ V3 Prof. 20 cm.	2872.71	1.61

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015439

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15439	T ₃ V ₁ Prof. 20 cm.	5472.23	4.60

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015440

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15440	T ₃ V ₂ Prof. 20 cm.	4408.13	3.39

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
Av. La Molina s/n Teléfono: 614 7800 Anexo 226 Lima Email: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 015441

ANÁLISIS DE SUELO

SOLICITANTE : AURORA E. ROJAS HUAROTO
PROCEDENCIA : EFICIENCIA DEL COMPOSTAJE Y VERTICOMPOSTAJE EN LA BIOREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO POR PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE HUAMANTANGA - CANTA
PROCEDENCIA : Canta - Lima
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 05 de agosto de 2019

Número de muestra		Pb total (ppm)	Cd total (ppm)
Lab.	Campo		
15441	T ₃ V ₃ Prof. 20 cm.	4747.20	3.47

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
Ing. Msc. Miguel A. Sanchez Delgado
JEFE DE LABORATORIO

