



**Universidad César Vallejo**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Eficacia de la biorremediación utilizando compost y  
vermicompost en la reducción de contaminación de suelos por  
metales pesados en Cocachacra, 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Alarcon Mora, Gabriel Enmanuel (orcid.org/0000-0002-5382-0868)

Velarde Espinoza, Gabriela Paola (orcid.org/0000-0003-3987-1770)

**ASESOR:**

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (orcid.org/0000-0002-0803-1261)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA - PERÚ

2024

## **DEDICATORIA**

Nuestra tesis la dedicamos a Dios Todo poderoso por quien todo fue hecho y a mi nuestra familia quienes estuvieron apoyándonos en cada momento de la elaboración de este documento para poder obtener nuestro Grado de Ingeniero Ambiental.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por permitirnos esta gran oportunidad de lograr nuestras metas, a nuestra universidad, agradecemos a todos los involucrados de manera directa e indirecta, agradecemos a nuestros padres que fueron nuestros mayores promotores durante este proceso.

# DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

## **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LOZANO SULCA YIMI TOM, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Eficacia de la Biorremediación utilizando Compost y Vermicompost en la reducción de Contaminación de Suelos por Metales Pesados en Cocachacra, 2023", cuyos autores son VELARDE ESPINOZA GABRIELA PAOLA, ALARCON MORA GABRIEL ENMANUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 01 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LOZANO SULCA YIMI TOM <b>DNI:</b> 41134872 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0803-1261	Firmado electrónicamente por: YTLOZANOS el 01- 12-2023 14:18:38

Código documento Trilce: TRI - 0676215



# DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

## **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, ALARCON MORA GABRIEL ENMANUEL, VELARDE ESPINOZA GABRIELA PAOLA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Eficacia de la Biorremediación utilizando Compost y Vermicompost en la reducción de Contaminación de Suelos por Metales Pesados en Cocachacra, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
VELARDE ESPINOZA GABRIELA PAOLA <b>DNI:</b> 73451512 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3987-1770	Firmado electrónicamente por: GAVELARDEES el 07- 12-2023 10:41:42
ALARCON MORA GABRIEL ENMANUEL <b>DNI:</b> 75184760 <b>ORCID:</b> 0000-0002-5382-0868	Firmado electrónicamente por: GAALARCONMO el 07- 12-2023 10:46:10

Código documento Trilce: INV - 1469398



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
3.5. Procedimientos	14
3.6. Métodos de análisis de datos	26
3.7. Aspectos éticos	27
IV. RESULTADOS	29
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS	52
ANEXOS	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de elaboración de compost y vermicompost	15
Tabla 2. Ubicación de lugar de Monitoreo	19
Tabla 3. Puntos de muestreo	20
Tabla 4. Proceso de toma de muestra	20
Tabla 5. Ingreso de primera muestra de suelo a laboratorio	21
Tabla 6. Mezcla, homogenizado y rotulado de compost	22
Tabla 7. Preparado de muestras para laboratorio	25
Tabla 8. Entrega de muestras a laboratorio	26
Tabla 9. Diseño factorial	27
Tabla 10. Estándares de calidad Ambiental (ECA)	29
Tabla 11. Valores obtenidos del metal Mercurio (Hg)	30
Tabla 12. Valores obtenidos del metal cadmio (Cd)	31
Tabla 13. Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)	32
Tabla 14. Valores obtenidos del metal mercurio (Hg)	33
Tabla 15. Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)	34
Tabla 16. Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)	35
Tabla 17. Valores obtenidos del metal Mercurio (Hg)	36
Tabla 18. Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)	37
Tabla 19. Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)	38
Tabla 20. Eficacia del compost y vermicompost - Mercurio	39
Tabla 21. ANOVA - Mercurio	40
Tabla 22. Eficacia del compost y vermicompost - Cadmio	41
Tabla 23. ANOVA - Cadmio	42
Tabla 24. Eficacia del compost y vermicompost - Plomo	42
Tabla 25. ANOVA - Plomo	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Valores obtenidos del metal mercurio (Hg)	30
Figura 2 Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)	31
Figura 3 Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)	32
Figura 4 Valores obtenidos del metal Mercurio (Hg)	33
Figura 5 Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)	34
Figura 6 Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)	35
Figura 7 Valores obtenidos del metal Mercurio (Hg)	36
Figura 8 Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)	37
Figura 9 Valores obtenidos del metal plomo (Pb)	38
Figura 10 Eficacia del compost y vermicompost - Mercurio	39
Figura 11 Eficacia del compost y vermicompost - Cadmio	41
Figura 12 Eficacia del compost y vermicompost - Plomo	43

## RESUMEN

La investigación tiene como título: Eficacia de la biorremediación utilizando compost y vermicompost en la reducción de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra, 2023.

El estudio fue de tipo aplicada, se ajustó al diseño cuasiexperimental, puesto que se manipularon las variables, con un corte longitudinal. Las variables en el estudio fueron: variable independiente: Biorremediación utilizando compost y vermicompost y variable dependiente: Nivel de contaminación de los suelos por metales pesados.

Inicialmente se obtuvo que los suelos de la zona presentaban niveles de contaminación por plomo, cadmio y mercurio que excedían los límites máximos permitidos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Obteniendo como resultados en la muestra 1 que los valores del mercurio aumentaron 0.06 mg/kg por día, al igual que el plomo a 0.08 mg/kg por día el cadmio disminuyó 0.02 mg/kg por día cuando se utilizó el compost y cuando se utilizó el vermicompost, se obtuvieron los siguientes valores el mercurio disminuyó 1.74 mg/kg por día, el cadmio 0.08 mg/kg por día y el plomo 7.70 mg/kg por día. Además, se obtuvo como resultados que existen diferencias significativas entre los niveles de mercurio, cadmio y plomo en el compost y vermicompost, lo que indica que la biorremediación es eficaz.

Concluyendo que el uso de vermicompost como agente de biorremediación en la eliminación de metales pesados es eficaz.

**Palabras clave:** Compost, vermicompost, metales pesados, biorremediación.

## ABSTRACT

The research has the title: Efficiency of bioremediation using compost and vermicompost in the reduction of soil contamination by heavy metals in Cocachacra, 2023.

The study was of the applied type, it was adjusted to the quasi-experimental design, since the variables were manipulated, with a longitudinal cut. The variables in the study were: independent variable: Bioremediation using compost and vermicompost and dependent variable: Level of soil contamination by heavy metals.

Initially, it was found that the soils in the area had levels of contamination by lead, cadmium and mercury that exceeded the maximum permitted limits established by the Environmental Quality Standards (ECA). Obtaining as results in sample 1 that the mercury values increased 0.06 mg/kg per day, like lead at 0.08 mg/kg per day, cadmium decreased 0.02 mg/kg per day when compost was used and when it was used vermicompost, the following values were obtained: mercury decreased 1.74 mg/kg per day, cadmium 0.08 mg/kg per day and lead 7.70 mg/kg per day. In addition, it was obtained as results that there are significant differences between the levels of mercury, cadmium and lead in the compost and vermicompost, which indicates that bioremediation is effective.

Concluding that the use of vermicompost as a bioremediation agent in the removal of heavy metals is effective.

**Keywords:** Compost, vermicompost, heavy metals, bioremediation

## I. INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se definirá el problema desde el ámbito internacional y nacional, donde se tomarán en cuentas las aplicaciones del compost y vermicompost en la remediación de suelos contaminados con metales pesados, metales como el cadmio, plomo y arsénico. Además, se describirán los problemas de investigación, los objetivos, se detallará la justificación y se plantean las hipótesis.

La contaminación de suelos con metales pesados es un problema ambiental que afecta a varios países del mundo, que puede causar consecuencias graves en la salud de las personas y el medio ambiente. En ese contexto, la biorremediación se ha convertido en una alternativa eficaz y sostenible, para remediar los suelos contaminados, utilizando el compost y vermicompost como biorremediadores.

Se han realizado diversas investigaciones en África y Asia, entre ellas se tiene a la realizada en Egipto, por Eissa (2019, p. 135), donde demostraron que el compost tiene buenas características para ser un candidato prometedor para estrategias de fitoestabilización de suelos contaminados con metales pesados como el Zn, Cu, Cd y Pb. Por otro lado, en China, Wei, et. al. (2020, p. 296), determinaron que en manejo de la contaminación por metales pesados en los compost se puede utilizar como herramienta y se logró una disminución significativa de los metales pesados como:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  y  $\text{Cd}^{2+}$ ; sin embargo, las tasas de remoción fueron bastante bajas siendo en promedio del 30%.

En Latinoamérica, en Venezuela Nieves et. al. (2019, p. 96), analizaron la presencia de metales pesados en suelos agrícolas donde utilizaron el compost en suelos agrícolas demostrando que los valores del cadmio con la biorremediación disminuyeron de forma significativa.

Mientras que, en Argentina, Canales, et. al. (2022, p. 267), utilizaron el vermicompost como agente de biorremediación en suelos contaminados con metales pesados que se encontraban en el suelo y los recursos hídricos consecuencia de la actividad minera de operaciones mineras de la mina La Rinconada en Perú, demostrando en sus resultados, que el vermicompost tiene el potencial de ser un método eficaz para la eliminación de plomo de los suelos que

han sido contaminados por relaves mineros.

A nivel nacional, Munive, et. al, (2020, p. 177), en su artículo, que tuvo como intención disminuir el riesgo de lixiviación de metales pesados en los suelos agrícolas, utilizando compost y vermicompost. El girasol se utilizó durante todo el proceso como fitorremediador para completar la tarea, los suelos utilizados fueron los que se ubican en la localidad de Muqui tienen el mayor nivel de plomo y cadmio. La mayor acumulación de plomo y cadmio se encontró en la raíz de la planta de girasol. Demostrando con esta investigación una baja significativa en los valores iniciales y después de aplicar la biorremediación en los suelos.

Uno de los seis distritos que conforman la provincia de Islay en el departamento de Arequipa, en el sur del Perú, es Cocachacra. En Cocachacra, se realiza actividad minera de forma artesanal y de forma informal o ilegal, debido a esto no existen controles sobre el uso de químicos o metales pesados para la extracción de oro, lo que trae como consecuencia una contaminación de suelos por metales pesados como plomo, cadmio y arsénico. Los cuales pueden afectar la vida de los pobladores. Debido a la situación plantea como realidad problemática ¿Cuál es la eficacia de la biorremediación utilizando compost y vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra? Como preguntas específicas:

PE1: ¿Cuál es el nivel de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra?

PE2: ¿Será efectiva la biorremediación utilizando compost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados?

PE3: ¿Será efectiva la biorremediación utilizando vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados?

Como Justificación teórica: Con la realización de esta investigación se pondrán en prácticas conocimientos aprendidos en toda la carrera universitaria, buscando con esto dar respuestas a los problemas planteados y lograr la comprobación de hipótesis. Justificación social: Con la investigación se busca beneficiar a los pobladores del distrito de Cocachacra, ya que allí se ubica la zona afectada.

El objetivo general será: Evaluar la eficacia de la biorremediación utilizando

compost y vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

OE1: Determinar el nivel de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra.

OE2: Evaluar la eficacia de la biorremediación utilizando compost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados.

OE3: Identificar la eficacia de la biorremediación utilizando vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados.

La hipótesis general fue que la biorremediación utilizando compost y vermicompost es eficaz en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra. Las hipótesis específicas fueron las siguientes:

HE1: El nivel de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra, se encuentran por encima de los máximos permisibles.

HE2: La biorremediación utilizando compost es eficaz en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra.

HE3: La biorremediación utilizando vermicompost es eficaz en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra.

## II. MARCO TEÓRICO

Para un mayor entendimiento del tema de investigación, se revisaron antecedentes internacionales y nacionales del tema de estudio, los cuales se exponen a continuación.

Como antecedentes internacionales, en primer lugar, se consideró el artículo de Ojha et al. (2022, p.1) titulado “Bioremediation techniques for heavy metal and metalloid removal from polluted lands: a review” (Técnicas de biorremediación para la remoción de metales pesados y metaloides de tierras contaminadas: una revisión), tuvo como objetivo brindar información sobre cómo se implementan distintas técnicas de biorremediación en suelos contaminados por metales pesados. La metodología de investigación fue documental y cuantitativa. Se encontró que los suelos y el medioambiente presentan una alta acumulación de contaminantes tóxicos, principalmente de metales pesados producto de industrias y actividades agrícolas. En este marco, se destaca la necesidad de utilizar técnicas de biorremediación para recuperar las tierras y suelos contaminados, siendo esta una solución rentable, eficiente y respetuosa del medioambiente, además de demostrar su efectividad en la degradación de metales pesados, tanto en condiciones in situ como ex situ. Dando como aporte a la investigación que se destacó a la biorremediación como una solución eficaz para la recuperación de suelos, siendo la vermirremediación y nanobiorremediación las mejores alternativas.

Naseer et al. (2022, p. 1) realizaron el artículo “Efficacy of cow and buffalo dung on vermiremediation and phytoremediation of heavy metals via Fourier-transform infrared spectroscopy and comet assay”, (Eficacia del estiércol de vaca y búfalo en la vermirremediación y fitorremediación de metales pesados a través de la espectroscopia infrarroja transformada de Fourier y el ensayo del cometa) que tuvo como objetivo evaluar el impacto del estiércol orgánico en las técnicas de vermirremediación y fitoremediación para recuperar suelos contaminado con metales pesados, como cadmio, cromo y plomo. La metodología fue de tipo aplicada, y se utilizaron *E. fetida*, *P. lignicola* y *Spinacia*. Como resultados, se encontró que *E. fetida* toleró el plomo a 280 mg, cadmio a 150 mg y cromo a 860 mg en comparación con *P. lignicola*. Respecto al factor de bioacumulación, el *E.*

fetida demostró mayor acumulación de metales pesados en sus tejidos. Aportando que en el vermicompost realizado con el estiércol de vaca tiene un impacto positivo para remediar suelos contaminados con metales pesados.

Chernysh, et. al, (2021 pág. 8) publicaron un artículo “Application of technological solutions for bioremediation of soils contaminated with heavy metal (Aplicación de soluciones tecnológicas para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados). Este artículo se enfoca en estudiar biotecnologías para la remediación de suelos contaminados con metales pesados para determinar más a fondo los métodos más efectivos para limpiar suelos de la acción de tóxicos con su posterior implementación en la práctica. Se analizaron los métodos de restauración de suelos, se identificaron sus ventajas y desventajas, lo que permitió establecer que los métodos biológicos son los más seguros y amigables con el medio ambiente. La conveniencia de usar métodos biológicos radica en la posibilidad de criar cepas de microorganismos que destruyen los tóxicos del suelo. Sin embargo, la eficiencia de los cultivos microbianos no es igualmente alta debido a una estrecha gama de condiciones favorables para el funcionamiento, el riesgo de manifestación del fenómeno de degeneración de microorganismos hasta que se alcance el nivel requerido de purificación del suelo. Esto confirma las perspectivas de un mayor desarrollo de esta dirección y la búsqueda de formas de eliminar ciertas desventajas de los métodos biológicos. Para una solución biotecnológica integrada a la remediación de suelos, se desarrolló un esquema de plantas aeróbicas, el cual se caracteriza por dos etapas: cultivo de suelo aeróbico con biocompuesto y una etapa de fitorremediación para purificación adicional y control del contenido de tóxicos en el suelo.

Kaparwan et al. (2020, p. 1467) presentaron el artículo “Heavy Metals Toxicity in Agricultural Soils – Critical Review of Possible Sources, Influence on Soil Health and Remedial Measures to Remove, Reduce and Stabilize Contaminants in Soil”. (Toxicidad de metales pesados en suelos agrícolas: revisión crítica de las posibles fuentes, influencia en la salud del suelo y medidas correctivas para eliminar, reducir y estabilizar los contaminantes en el suelo) tratándose de investigación una revisión documental, de tipo descriptivo-explicativo. Se demostró que la utilización de agroquímicos, además de regar los suelos con aguas residuales provoca el rápido

deterioro del suelo a consecuencia de la acumulación de metales pesados, problemática que se ha incrementado en los últimos 30 años, representando no solo un problema para el medioambiente, sino también para la salud humana. Debido a ello, se utilizan técnicas de biorremediación que han demostrado ser las mejores tecnologías para la eliminación de contaminantes en los suelos. Cabe destacar la utilización de enmiendas de tipo orgánico, como vermicompost, biocarbón, entre otros, que representan técnicas rentables, eficaces y respetuosas del medioambiente. Demostrando que las técnicas de biorremediación, haciendo uso de enmiendas orgánicas, han demostrado su efectividad para remediar suelos contaminados por metales pesados en países desarrollados.

Mudhoo et al. (2020) realizaron un artículo “An analysis of the versatility and effectiveness of composts for sequestering heavy metal ions, dyes and xenobiotics from soils and aqueous milieus” (Un análisis de la versatilidad y eficacia de los compost para secuestrar iones de metales pesados, colorantes y xenobióticos de suelos y medios acuosos) orientado a determinar la efectividad del compost para la restauración de exosistemas contaminados con metales pesados. El estudio fue una revisión documental, de tipo descriptivo. A nivel laboratorio, se evaluaron los compost como adsorbentes de iones de metales pesados, encontrando una alta capacidad para diversos contaminantes ambientales. Se determinó que el uso de compost para eliminar iones de metales pesados es eficiente a escala de laboratorio, debido a la efectividad de estos como adsorbentes. No obstante, se debe destacar que la biorremediación a escala de campo, a partir de compost, es escasa e, incluso, puede ser compleja de implementar, por lo que deben realizarse investigaciones que garanticen su rentabilidad.

Rani y Singh (2022, p. 267) realizaron el artículo “Remediation of soil impacted by heavy metal using farm yard manure, vermicompost, biochar and poultry manure” (Remediación de suelos impactados por metales pesados utilizando estiércol de granja, vermicompost, biocarbón y estiércol de aves) que se orientó a determinar el impacto de técnicas de biorremediación para remediar suelos contaminados con metales pesados. El estudio fue de tipo descriptivo, y diseño no experimental. Se evidenció que la contaminación de suelos, tanto por elementos orgánicos e inorgánicos, es un grave problema actual, ya que el ecosistema se ve expuesto a

la presencia de metales pesados, los cuales afectan los suelos, aire, agua, entre otros. Por ello, se destacan técnicas de biorremediación como biochar, vermicompost, entre otros, los cuales son utilizados para reparar los suelos de metales pesados, y que se caracterizan por ser altamente biodisponibles, se determinó que estas técnicas tienen un efecto determinante sobre los metales pesados, ya que contienen ácidos húmicos que impactan sobre metales como el cadmio, plomo, cobre y cromo.

Mientras que, como antecedentes nacionales, se consideró el artículo de Canales et al. (2022, p. 167), "Remoción de plomo en suelos contaminados con relaves mineros a través del vermicompostaje" que se orientó a evaluar la eficiencia de esta técnica en la remoción de metales pesados en recursos hídricos y suelos. La metodología fue aplicada, y las muestras fueron tomadas de la mina La Rinconada, se consideraron tres tratamientos, replicando tres veces cada uno, donde se hizo uso de aserrín de madera, tierra agrícola y estiércol de ovino. se realizaron controles luego de 40, 60 y 80 días. Luego de 80 días de aplicar el vermicompostaje, se evidenció una reducción de la concentración de plomo a  $56,8 \pm 1,0$ ;  $24,4 \pm 0,6$  y  $21,3 \pm 0,7$  mg/kg de mezcla, obteniendo porcentajes de remoción de  $7,9 \pm 1,6$ ,  $53,6 \pm 1,1$  y  $53,7 \pm 1,5$  m en relación con los 188.20 mg/kg de plomo inicial. La importancia de la investigación se demostró que el vermicompost representa una tecnología efectiva y factible para remover plomo de los suelos contaminados por relaves provenientes de la minería.

Chacón y Marcatoma (2021, p. 2) presentaron la tesis "Revisión sistemática: Biorremediación de suelos contaminados por metales pesados (Pb, Cd, As, Ag, Cu, Ni, Zn) usando plantas nativas en zonas altoandinas". La metodología fue de enfoque cualitativo, aplicada y no experimental, donde se consideró como muestra 17 artículos científicos a fin de conocer la capacidad de 27 plantas nativas para biorremediar suelos contaminados por metales pesados. Como resultados, se encontró que el uso de materia orgánica permite obtener resultados eficientes de biorremediación, permitiendo obtener un porcentaje de acumulación de 20,7% a 91,7%. Aportando que las técnicas de biorremediación poseen un alto nivel de efectividad para remediar aquellos suelos que se encuentran contaminados por metales pesados provenientes de minas e industrias.

Arenaza (2021, p. 2) sustentaron la tesis “Aplicación de Vermicompost para la remediación de suelos contaminados por metales pesados: Revisión Sistemática”. El estudio fue una revisión sistemática, donde se analizó la relación existente entre las características del vermicompost y la materia prima, con las características finales del suelo a partir de la aplicación de la técnica. Como muestra, se consideraron 26 investigaciones. Como resultados, se encontró que las materias primas de mayor utilización son los residuos de plantas y estiércol de vaca, demostrando que factores como humedad, pH, relación C/N y conductividad eléctrica repercuten positivamente en el proceso de vermicompost, permitiendo obtener características finales positivas en el suelo. Además, se encontró que la lombriz *E. fetida* posee una alta capacidad de supervivencia y degradación, por lo que es utilizada con frecuencia en el proceso. La importancia de la investigación radica en que la aplicación de vermicompost optimiza las particularidades del suelo, permitiendo remediarlos de metales pesados, por lo que posee una alta eficiencia.

Munive et al. (2020, p. 177) realizaron el artículo, la metodología fue de tipo descriptiva-aplicativa, y se hizo uso de girasol como elemento remediador. Como resultados, se encontró que en la localidad de Muqui los suelos poseen un alto grado de cadmio y plomo, sin embargo, la planta utilizada demostró su alto poder para remediar los suelos de metales pesados, siendo la raíz la que posee mayor impacto de remediación de suelos por plomo, mientras que las hojas y tallos demostraron mayor efectividad para remover cadmio. Aportando que las enmiendas orgánicas demostraron un alto impacto de biorremediación, contribuyendo a la solubilización de plomo y cadmio del sueño.

Contreras et al. (2020, p. 11) sustentaron la tesis “Eficiencia del compostaje y vermicompostaje en la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga-Canta”, la metodología fue de tipo aplicada, y se realizaron tres tratamientos para elaborar vermicompost y compostaje, realizando tres repeticiones por cada tratamiento, además de considerar una muestra en blanco. Inicialmente, se consideraron metales pesados como cadmio y plomo en concentraciones de 8.8 mg/kg y 11134.13 mg/kg, respectivamente. Como resultados, se encontró que el T1V presentó una mayor eficiencia, con 76.99% para biorremediar ecosistemas con plomo, mientras que, en

el caso del cadmio, el T3C presentó una mayor eficiencia con 47.10% de eficiencia de biorremediación. Aportando que, al comparar ambas técnicas de biorremediación, el tratamiento mediante vermicompost presentó mayor eficiencia de remoción de metales pesados.

Seguidamente, se revisó bibliografía que permitió sustentar teóricamente el tema de estudio. Analizando teorías asociadas a las variables que se incluyeron en el estudio las cuales son: Eficacia de la biorremediación y Contaminación de suelos por metales pesados.

Al respecto, Ramírez et al. (2019, p. 1529) señalan que la revolución industrial trajo consigo la dispersión de contaminantes en el suelo, siendo este el medio más estático de permanencia de los contaminantes, provocando efectos negativos en las propiedades del suelo.

Tauqueer et al. (2021, p. 569) indican que existen alrededor de cinco millones de espacios de suelo contaminados en el mundo, representando cerca de 500 millones de hectáreas de tierra, por diversos contaminantes y metales pesados en condiciones superiores a los que precisa el reglamento.

Respecto a las dimensiones de la primera variable, se considera la concentración de metales pesados como plomo, cadmio y arsénico. Shehata et al. (2019) afirman que la contaminación de los suelos a consecuencia de metales pesados representa un problema ambiental que provoca estrés abiótico debido a las altas concentraciones de estos metales, producto de diversas actividades antropogénicas.

Bharagava et al. (2019, p. 1) y Koolivand (2020) afirman que la contaminación de los suelos, generalmente, ocurre por desechos líquidos de usos domésticos o industriales, aguas residuales, metales pesados, pesticidas, hidrocarburos, efluentes agrícolas provenientes de la crianza de animales, entre otros, actividades que resultan amenazantes para la fauna y flora que se ve afectada directa o indirectamente por estos agentes contaminantes.

Xiang et al. (2021) indican que el cadmio, arsénico y plomo, al presentarse en alto grados de acumulación en los suelos, implican niveles altos de toxicidad, siendo metales prioritarios y de importancia para la salud humana, ya que provocan daños

en diversos órganos, incluso aunque estos se encuentren a bajos niveles de exposición.

Respecto a sus efectos nocivos, según Liu et al. (2019, p. 906), el arsénico provoca genotoxicidad, efectos cancerígenos y toxicológicos, así como hiperpigmentación, queratosis y melanosis. Por su parte, niveles altos de cadmio pueden generar bronquitis, efectos agudos sobre los niños, o provocar graves daños a los huesos, riñones e, incluso, generar anemia. Mientras que, el plomo ataca el sistema nervioso central y el cerebro.

Es preciso señalar que, según López y Morales (2022, p. 15), existen límites máximos permisibles, sin embargo, sobrepasar estos niveles conlleva a repercusiones negativas en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo, resultando ser tóxicos para las plantas y la salud humana.

Como segunda variable de investigación, se considera la biorremediación de suelos, la cual, según Alanya et al. (2023, p.785), es una tecnología que implica el uso de la capacidad de los microorganismos para degradar agentes contaminantes, en este caso, del suelo. Ali et al. (2020, p. 1) indican que la biorremediación es una técnica que consiste en estimular la actividad microbiana, provocando la aceleración del proceso natural para degradar los compuestos que resulten contaminantes.

Li et al. (2020) manifiestan que esta representa una de las técnicas de mayor efectividad para remediar la contaminación del suelo, a diferencia de otras que implican mayor costo, tal como la técnica de incineración. Los tratamientos biológicos de degradación, utilizados para remediar los suelos, generalmente son económicos y eficientes, siempre y cuando se optimicen las condiciones de biodegradación (2017, p. 56).

La primera dimensión de la segunda variable es el compost. Sayara y Sánchez (2020) y Sedano y Sulca (2022, p. 2) indican que el compost es una técnica de biorremediación entendida como un proceso biológico de tipo aeróbico que consiste en transformar, de forma natural, los residuos orgánicos, con la finalidad de conseguir compost (abono natural), el cual se caracteriza por concentrar nutrientes esenciales para los suelos.

En este sentido, Coloma y Paima (2022, p. 2) manifiestan que el compost tiene una alta capacidad de biodegradación, teniendo un alto impacto en la reducción de aquellos contaminantes que afectan la estructura del suelo, esto se debe a los nutrientes que concentra.

Lin et al. (2022) afirman que el compost posee características que favorecen las propiedades físicas del suelo, incrementando su porosidad y permeabilidad, además de estabilizar la estructura de los agregados. Adicionalmente, según Ventorino et al. (2019), mejora las propiedades químicas y actividad biológica del suelo, ya que brinda soporte y alimento a los microorganismos. Por último, favorece la fertilidad del suelo por su alta concentración de población microbiana.

Cruz (2022, p. 2) destaca la importancia de la temperatura en el proceso de compostaje, ya que este factor garantiza la efectividad del proceso. Asimismo, se deben considerar elementos como la aireación y costos para escoger el sistema adecuado durante el proceso de compostaje, y garantizar su efectividad en la biorremediación de suelos.

Entonces, la biorremediación a partir del compostaje representa una estrategia que sienta sus bases en la introducción y mezclado de compuestos de tratamientos de compost con el suelo que se encuentra contaminado, con la finalidad de que se forme compost maduro, se reduzcan los contaminantes y establezca la microflora encontrada actividad en el compost.

Mientras que la segunda dimensión de la variable biorremediación de suelos es el vermicompost, entendida por Abdollahinejad et al. (2020) como un proceso que se encarga de transformar la materia orgánica mediante la acción de descomposición provocada por lombrices *E. fetida*, las cuales poseen un sistema digestivo que mediante la metabolización elimina un producto caracterizado por su estabilidad, es decir, el vermicompost.

Košnář et al. (2019, p. 79) afirman que la biorremediación por vermicompost representa una técnica que emplea microorganismos (protozoos, bacterias, hongos) que se enfocan en degradar los compuestos de altos niveles de toxicidad, siendo un tratamiento mediante el cual actúa la lombriz *E. fetida*, que al digerir materia orgánica detoxifica los residuos orgánicos que se encuentran contaminados.

Es de destacar que, de acuerdo con Contreras et al. (2020, p. 2), las lombrices *E. fétida* se desarrollan adecuadamente si se optimizan los siguientes factores: iluminación, ya que demuestra sensibilidad ante rayos UV; ubicación, se mantienen en ambientes sombreados con una pendiente no mayor a 20%; humedad, este factor es de mayor influencia, ya que impacta en la fecundidad y reproducción de la lombriz; pH, factor determinante que debe encontrarse entre valores de 6.8 y 7.3; temperatura, es favorable para la lombriz encontrarse a temperatura de entre 15° a 24 °C; aireación, factor esencial para el proceso vital de la lombriz.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

El estudio fue de tipo aplicada, ya que se aportaron soluciones a una situación planteada, de enfoque cuantitativo ya que se analizaron datos numéricos para dar respuestas a las hipótesis planteadas. (Arias, 2019).

El estudio se ajustó al diseño cuasiexperimental, puesto que se manipularon las variables. Así mismo, tuvo un corte longitudinal, ya que la muestra fue tomada en varias ocasiones (Hernández, y otros, 2014)

Realizando una prueba preprueba y post prueba después de haber manipulado la variable independiente.

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Biorremediación utilizando compost y vermicompost.

**Variable dependiente:** Nivel de contaminación de los suelos por metales pesados.

En el Anexo 1 se detalla la operacionalización de las variables.

#### 3.3. Población

Se define la población como el universo de los casos en estudio, que guardan características en conjunto y se encuentran en un área determinada. (Ñaupas, y otros, 2018). La población estará afectada por el área contaminada de metales pesados en Cocachacra.

Mientras que la muestra es una parte que representa a la población. (Bernal, 2016). Se realizará una cuadrícula de 1000 metros y se tomarán 2 muestras. Estas muestras se tomarán por conveniencia. Basándose en la Guía para el muestreo de suelos del Ministerio del ambiente.

El método de muestreo de investigación adoptado es de naturaleza no probabilística. Esto implica que las muestras serán seleccionadas en función de su accesibilidad y disponibilidad, en lugar de a través de un proceso de selección estadístico. La selección se realizó a partir de la población de interés sin adherirse a ningún criterio estadístico particular. La unidad de análisis estará formada por el área de Cocachacra.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizará como técnica la observación y como instrumento la ficha de observación. Se utilizó una ficha para las muestras de suelos, una para los parámetros de compost y vermicompost y otra para los niveles de metales pesados.

Los instrumentos se encuentran en el anexo.

### **3.5. Procedimientos**

Para poder realizar la biorremediación por la acción de metales pesados, fue necesario realizar el compost y el vermicompost, a continuación, se detalla el proceso de fabricación:

**Tabla 1.**

*Proceso de elaboración de compost y vermicompost*

<p>Adquisición de Instrumentos para la toma de parámetros físicos</p>	<p>Papel tornasol (pH). Agua desionizada, Termómetro</p>  A photograph showing laboratory equipment on a dark surface. On the left is a box of pH test paper with a color chart. In the center is a clear plastic bottle containing water. To the right is a red and white 'Piercing Thermometer' in its packaging. A red thermometer is also lying on the surface.
<p>Armado de pila de compost</p>	 A photograph showing a person with long brown hair, wearing a green and white shirt and blue shoes, kneeling on the ground. They are working with a large pile of dark brown compost. There are some pots and containers visible in the background.

Agregando  
Materia  
Orgánica



Picado de  
Materia  
orgánica para  
compost



Agregado de materia orgánica para vermicompost



Aireación de Pila de compost



Humectación de compost



Toma de  
Temperatura  
de pila



Medición de  
pH



Fuente: elaboración propia

El proceso de fabricación de ambos medios de biorremediación se realizó por separado.

### I.1.1. Proceso de toma de muestras

Proceso de toma de muestras de la guía para muestreo de suelos, se aplicó el tipo de Muestreo por Identificación (MI), dado que el objetivo de este tipo de muestreo es identificar la presencia de contaminantes en el suelo mediante la toma de muestras representativas del lugar y compararlas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos D.S. N° 011-2017-MINAM.

**Datos del Monitoreo:** Ubicación: El carrizal – Cocachacra – Islay – Arequipa.

Suelos de agricultura.

#### Tabla 2.

*Ubicación de lugar de Monitoreo*



Fuente: elaboración propia

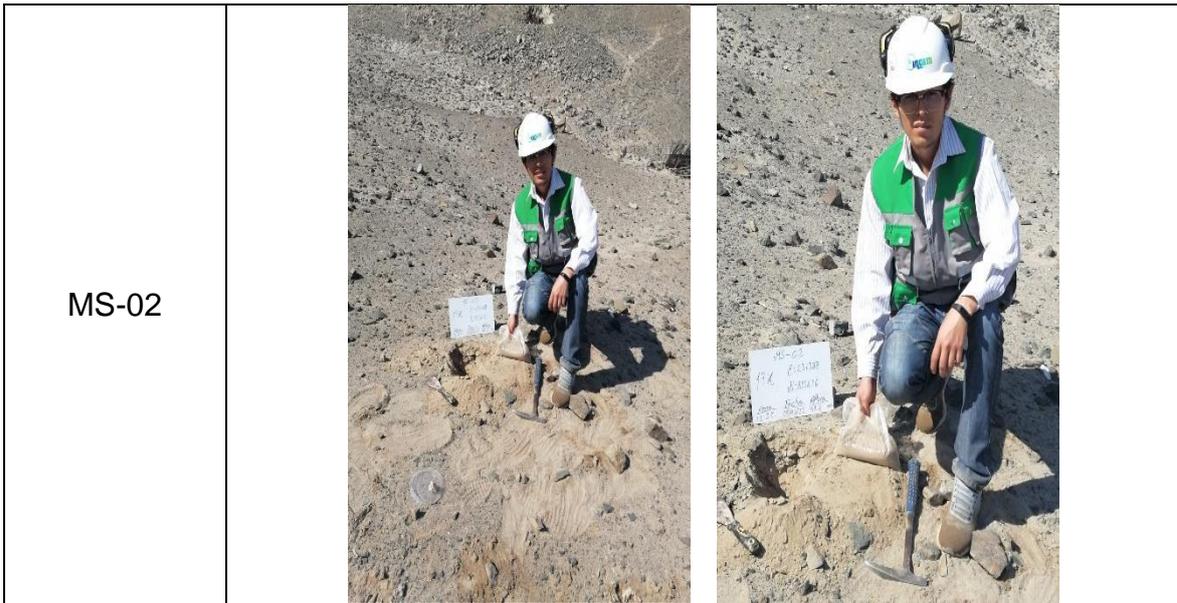
**Tabla 3.***Puntos de muestreo*

MS-01		
19 K		E: 231388
		N: 8115616
Hora: 13:20	Fecha: 28/05/2023	Altura: 418.8 m.s.n.m.
MS-02		
19 K		E: 231381
		N: 8115635
Hora: 13:32	Fecha: 28/05/2023	Altura: 432 m.s.n.m.

Fuente: elaboración propia

La técnica de muestreo aplicada fue para muestras superficiales, esto porque las muestras se extrajeron a una profundidad no mayor a 1m, para lo cual que se recolectó la muestra, y se extrajo una sección de área y se realizarán 1 calicata de 20 cm aprox. de profundidad se recolectó un total de 3 Kg de cada punto.

**Tabla 4.***Proceso de toma de muestra*



Fuentes: elaboración propia

**Tabla 5.**

*Ingreso de primera muestra de suelo a laboratorio*



Fuente: elaboración propia

La primera muestra se mandó a analizar al día siguiente de realizada la toma de muestra suelo en Cocachacra. Las muestras se colocaron en 4 recipientes diferentes, 2 contenían compost y 2 vermicompost.

**Tabla 6.**

*Mezcla, homogenizado y rotulado de compost*

<p>Añadiendo 100 g de compost a 1 kg de tierra, homogenizado y rotulado</p>	  <p>Muestra 01</p>   <p>Muestra 02</p>
---	--

Añadiendo  
100 g de  
vermicompos  
t a 1 kg de  
tierra,  
homogenizado y rotulado



Muestra 01



Muestra 02

<p>Humectación de muestras de tierra 50 ml de agua por día</p>	<p>Se realizo la medida de 50 ml con ayuda de una inyección</p>  
--	--

Fuente: elaboración propia

Pasados 07 días de tomadas las muestras en el Distrito de Cocachacra se prepararon las 02 muestras con compost y vermicompost para llevarlas a laboratorio y realizar los análisis correspondientes de los metales pesados de Mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb).

Para ello se procedió a tamizar las muestras de suelos contaminados utilizando una maya con un espesor de 0.05 mm de tamiz y cernir la muestra en bolsas con cierre zip-loc que son bolsas de polietileno densas, el cual es el recipiente apropiado para guardar muestras de suelo de metales pesados según la Guía para muestreo de suelos.

**Tabla 7.**

*Preparado de muestras para laboratorio*

<p>Tamizado de Muestras</p>	
	<p>MS-01</p> 

	 <p style="text-align: center;">MS-02</p>
--	---

Fuente: elaboración propia

Una vez terminado el proceso de tamizado las muestras fueron llevadas al laboratorio debidamente rotuladas para su identificación en el Informe de Ensayo.

**Tabla 8.**

*Entrega de muestras a laboratorio*

<p>Ingreso de Segundas Muestras a Laboratorio</p>	
---	--

Fuente: elaboración propia

**3.6. Métodos de análisis de datos**

A la información recibida de la muestra se les aplicó estadística descriptiva; subsiguientemente se realizará un análisis factorial donde se tomará en cuenta el tiempo y grupos experimental y control, siendo el diseño de la siguiente forma:

**Tabla 9.**  
*Diseño factorial*

Días	Compost			Vermicompost		
	Muestra 1			Muestra 2		
	Hg	Cd	Pb	Hg	Cd	Pb
01 día						
07 días						
14 días						

Fuente: elaboración propia

### 3.7. Aspectos éticos

Ya que la investigación será de beneficio para los estudiantes y docentes, ya que se describe el problema y se sacarán conclusiones, que ayudarán a resolver el problema en tiempo y forma, reparar el daño y hacer lo correcto. cosa correcta (Viera, 2018).

En cuanto al Principio de no maleficencia, no se apaciguará el abuso deliberado por parte de ningún participante, ni se pondrá en peligro su salud. De acuerdo con el principio de equidad, una vez finalizada la investigación, toda la muestra encuestada será tratada por igual (buena voluntad y gratitud), y se descartará cualquier discriminación. Partiendo del principio de confidencialidad, la información proporcionada por las muestras se mantendrá confidencial y los resultados y nombres no serán públicos (Viera, 2018). Además, la investigación se realizó de acuerdo a los lineamientos establecidos del Código de Ética de la Universidad César Vallejo.

La investigación se basó en el principio de beneficio, ya que la investigación será de beneficio para los estudiantes y docentes, ya que se describirá el problema y se sacarán conclusiones, que ayudarán a resolver el problema en tiempo y forma, reparar el daño y hacer lo correcto. cosa correcta. Pues (Viera, 2018).

Sobre el principio de no malicia, no se apaciguará el abuso deliberado por parte de ningún participante, ni se pondrá en peligro su salud. De acuerdo con el principio

de equidad, una vez finalizada la investigación, toda la muestra encuestada será tratada por igual (buena voluntad y gratitud), y se descartará cualquier discriminación. Partiendo del principio de confidencialidad, la información proporcionada por las muestras se mantendrá confidencial y los resultados y nombres no serán divulgados (Viera, 2018). Además, la investigación se realizó de acuerdo con los lineamientos del Código de Ética de la Universidad César Vallejo.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultados obtenidos

Los resultados que se muestran a continuación son los obtenidos en la muestra original del suelo, sin tener ningún proceso de biorremediación.

Los resultados serán mostrados según los objetivos planteados: OE1: Determinar el nivel de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra.

Para determinar el nivel de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra. Se tomaron como referencia los Estándares de Calidad Ambiental según el DS N.º 011 – 2017 MINAM para el mercurio, cadmio y plomo son los siguientes:

**Tabla 10.**

*Estándares de calidad Ambiental (ECA)*

<b>Metales Pesados</b>	<b>Estándar de Calidad Ambiental (ECA)</b>	<b>Norma Legal</b>
Mercurio (Hg)	6.6 mg/kg	Estándares de Calidad Ambiental para Suelo Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM
Cadmio (Cd)	1,4 mg/kg	
Plomo (Pb)	70 mg/kg	

Fuente: elaboración propia

A continuación, se compararon los resultados obtenidos de los metales pesados con el ECA establecido en el D.S. N.º 011-2017-MINAM. Para el parámetro de Mercurio (Hg).

**Tabla 11.**

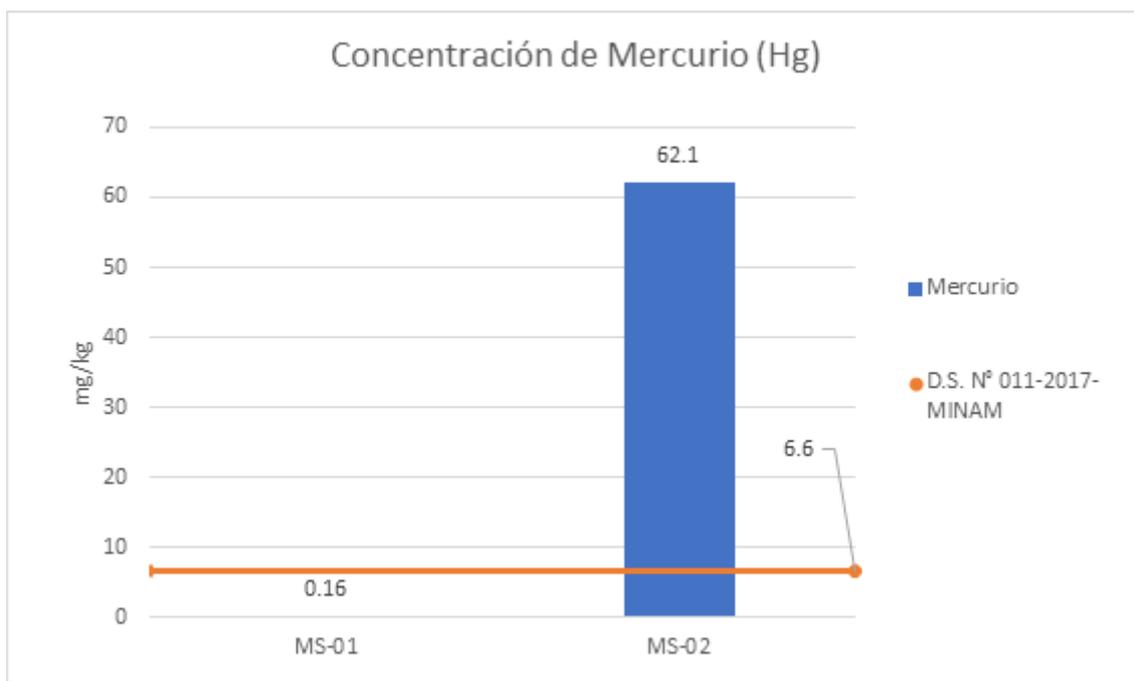
*Valores obtenidos del metal Mercurio (Hg)*

Parámetro	Día 01
MS-01	0.16 mg/kg
MS-02	62.1 mg/kg
D.S. N° 011-2017-MINAM	6.6 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 1**

*Valores obtenidos del metal mercurio (Hg)*



Fuente: elaboración propia

Se puede apreciar que los niveles de concentración del mercurio (Hg), en la muestra 1 se encuentra por debajo de los valores límites permisibles y la muestra 2, se encuentra por encima.

**Tabla 12.**

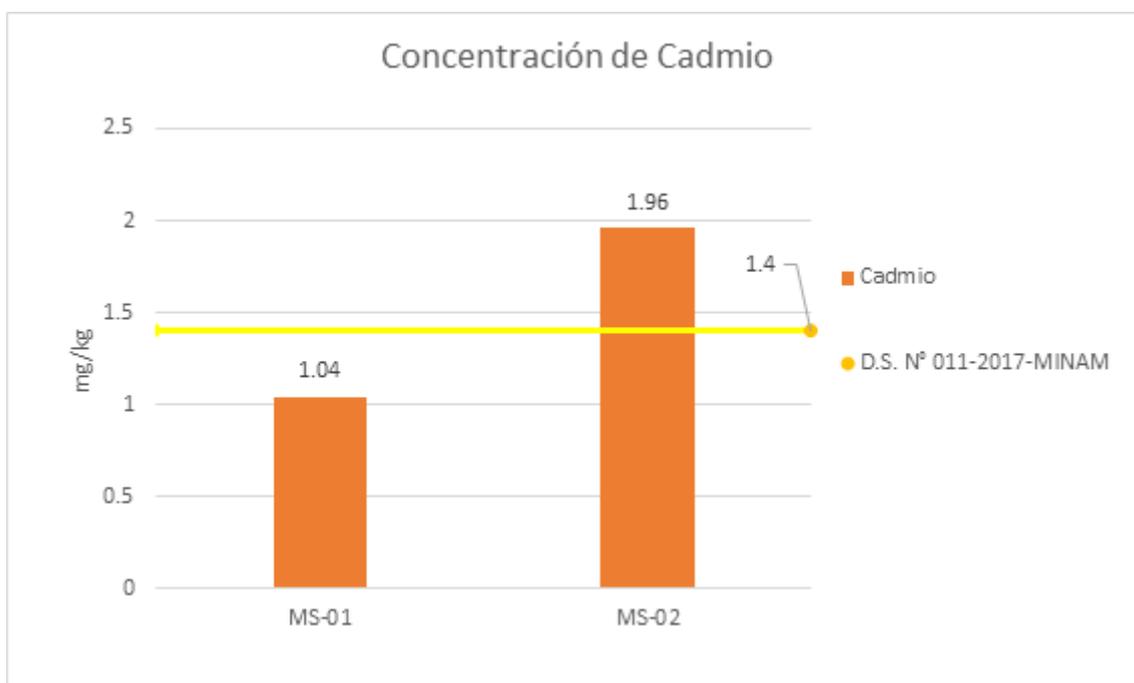
*Valores obtenidos del metal cadmio (Cd)*

Parámetro	Día 01
MS-01	1.04 mg/kg
MS-02	1.96 mg/kg
D.S. N° 011-2017-MINAM	1.4 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 2**

*Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)*



Fuente: elaboración propia

Los valores de concentración obtenidos para el Cadmio (Cd), en la muestra 1, se encuentra por debajo de los límites permisibles y en la muestra 2, se encuentra por encima.

**Tabla 13.**

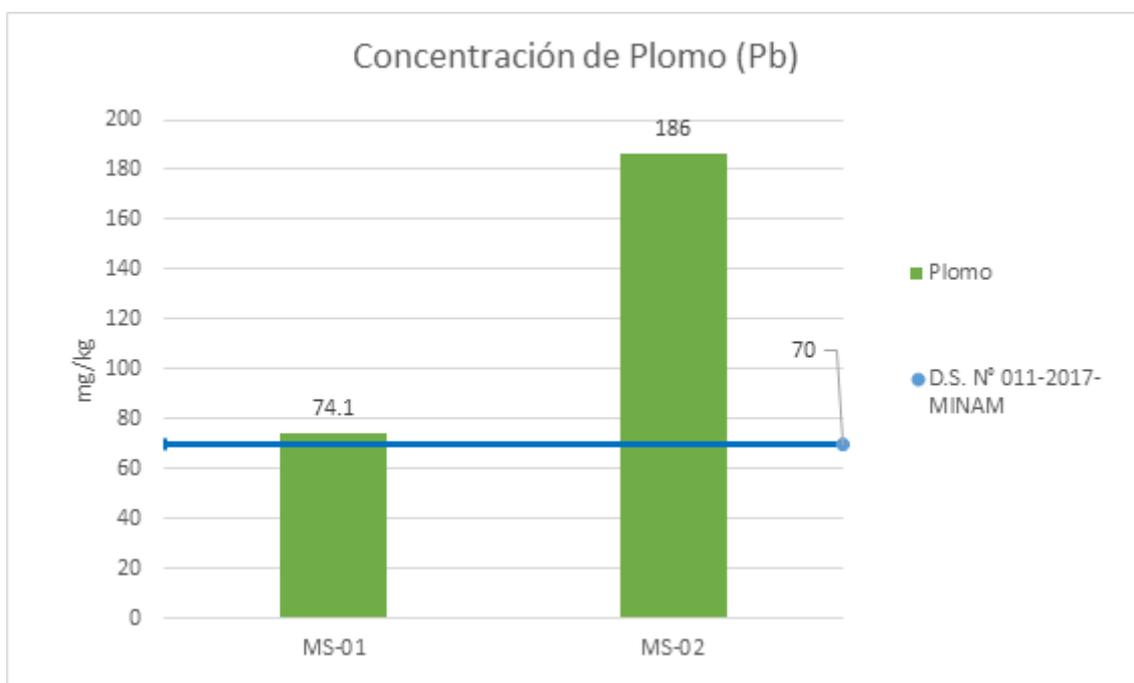
*Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)*

Parámetro	Día 01
MS-01	74.1 mg/kg
MS-02	186 mg/kg
D.S. N° 011-2017-MINAM	70 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 3**

*Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)*



Fuente: elaboración propia

Los valores de concentración para el plomo (Pb) se aprecia que en las 2 muestras se encuentran por encima de los valores mínimos permisibles establecidos.

Se planteó como OE2: Evaluar la efectividad de la biorremediación utilizando compost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados.

En la biorremediación de la muestra 1 se utilizó compost, a continuación, se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 14.**

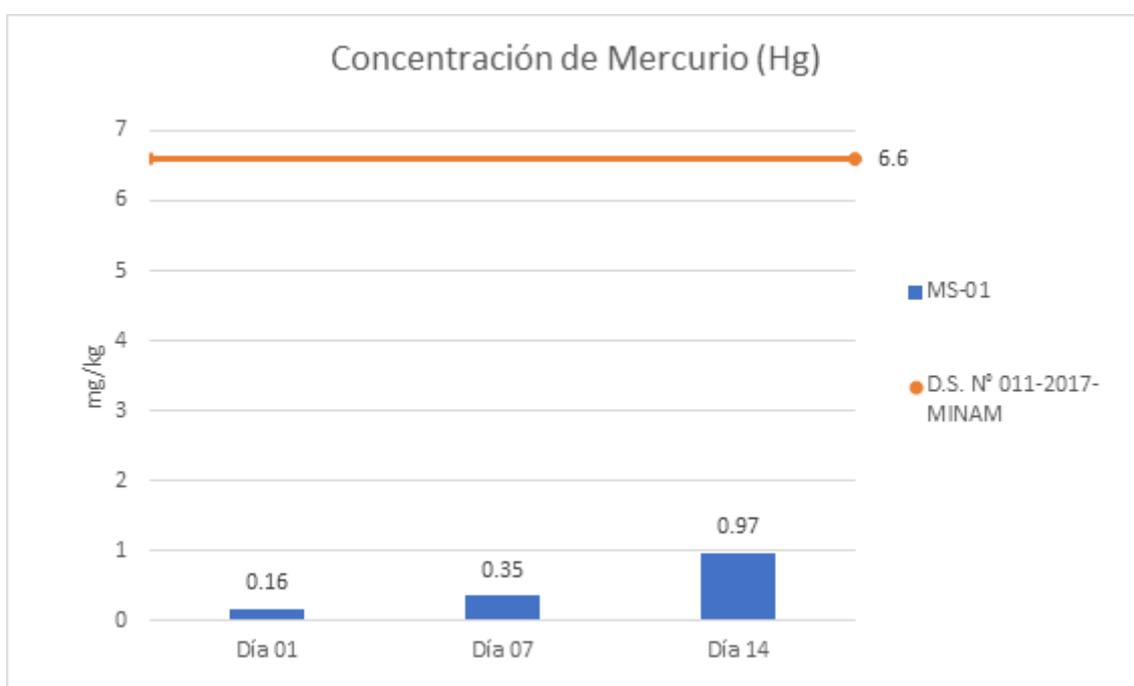
*Valores obtenidos del metal mercurio (Hg)*

Parámetro	Mercurio		
	Día 01	Día 07	Día 14
MS-01	0.16 mg/kg	0.35 mg/kg	0.97 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 4**

*Valores obtenidos del metal Mercurio (Hg)*



Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los valores de mercurio aumentaron de 0.16 mg/kg a 0.97 mg/kg. Mostrando que con el compost no es efectivo en cuanto a la eliminación de mercurio, ya que los valores aumentaron.

Aunque los valores se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles, lo que podría indicar que con el compost se requiere más tiempo para mostrar su efectividad.

**Tabla 15.**

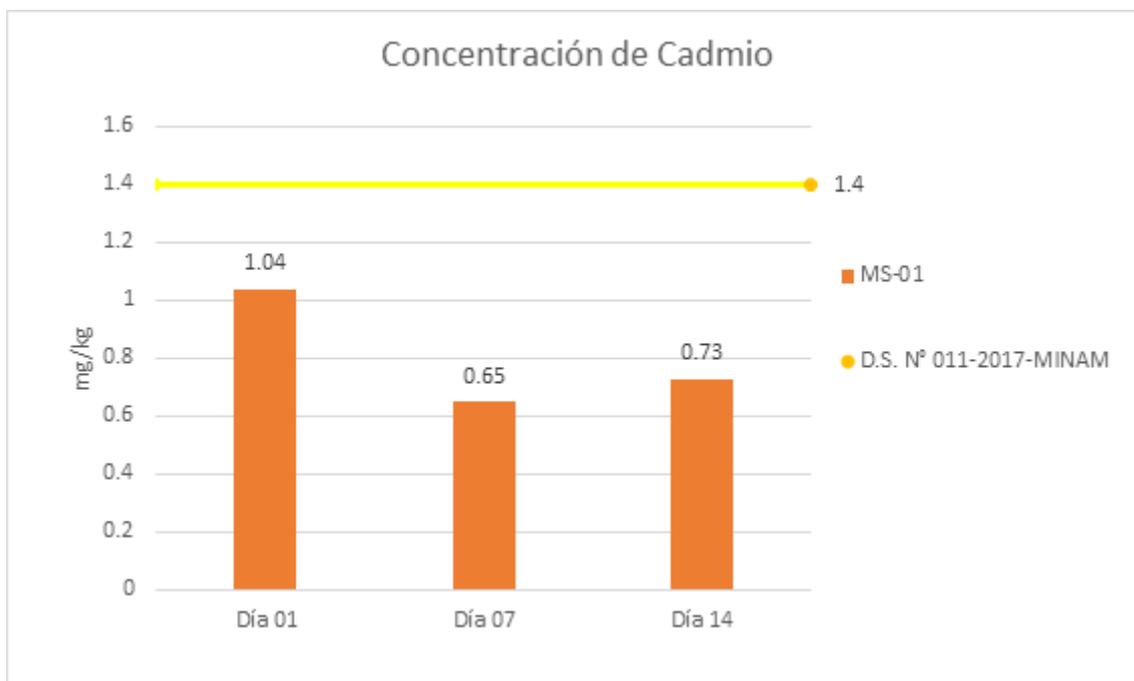
*Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)*

Parámetro	Cadmio		
	Día 01	Día 07	Día 14
MS-01	1.04 mg/kg	0.65 mg/kg	0.73 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 5**

*Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)*



Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los valores de cadmio disminuyeron de 1.04 mg/kg a 0.73 mg/kg, demostrando que a medida que pasan los días la biorremediación es efectiva en este metal.

Aunque los valores hayan disminuido, se encuentran por encima de los valores máximos permisibles, lo que podría indicar que a mayor cantidad de tiempo mayor reducción de este metal.

**Tabla 16.**

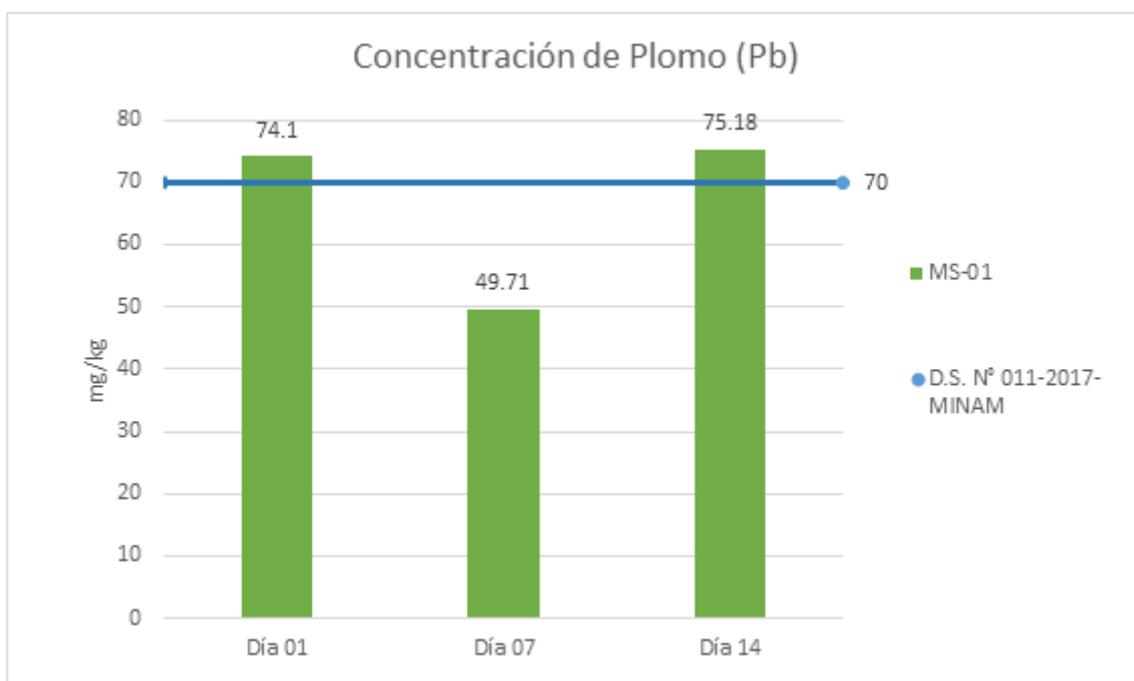
*Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)*

Parámetro	Plomo		
	Día 01	Día 07	Día 14
MS-01	74.1 mg/kg	49.71 mg/kg	75.18 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 6**

*Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)*



Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los valores de plomo presentaron una variación ya que el día 1 se obtuvo un valor de 74.1 mg/kg, el día 7 se obtuvo un valor de 49.71 mg/kg y el día 14 fue de 75.18 mg/kg.

Los valores se encuentran por encima de los valores máximos permisibles, lo que podría indicar que a mayor cantidad de tiempo mayor reducción de este metal.

OE3: Identificar la efectividad de la biorremediación utilizando vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados.

En la biorremediación de la muestra 2 se utilizó vermicompost, a continuación, se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 17.**

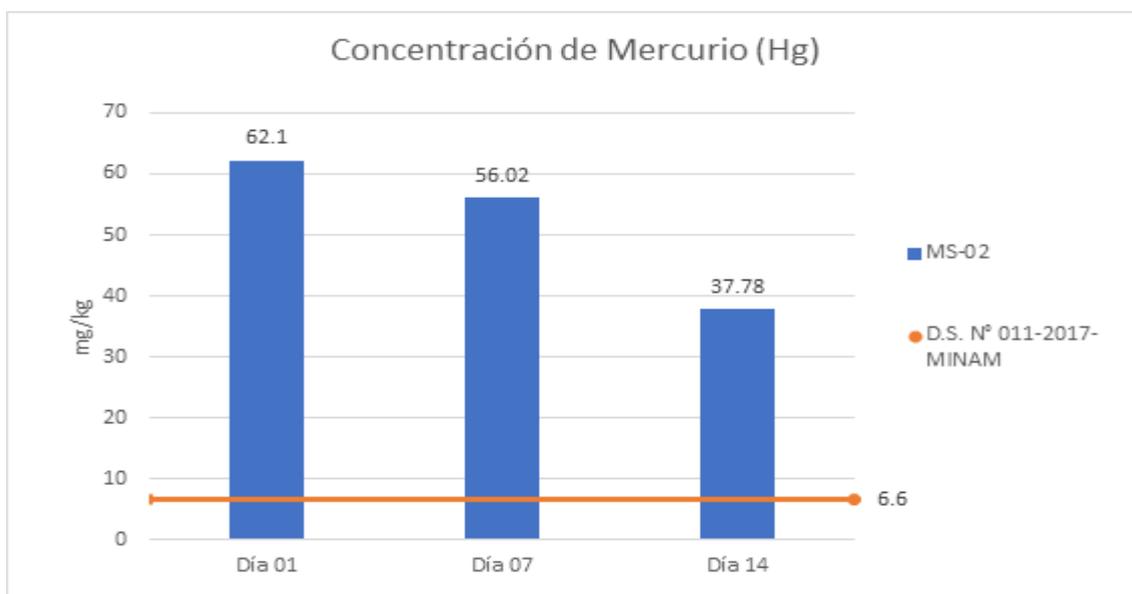
*Valores obtenidos del metal Mercurio (Hg)*

Parámetro	Mercurio		
	Día 01	Día 07	Día 14
MS-02	62.1 mg/kg	56.02 mg/kg	37.78 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 7**

*Valores obtenidos del metal Mercurio (Hg)*



Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los valores de plomo disminuyeron de 62.1 mg/kg a 37.78 mg/kg demostrando que a medida que pasan los días la biorremediación es efectiva en este metal.

Aunque los valores hayan disminuido, aún se encuentran por encima de los valores

máximos permisibles, lo que podría indicar que a mayor cantidad de tiempo mayor reducción de este metal.

**Tabla 18.**

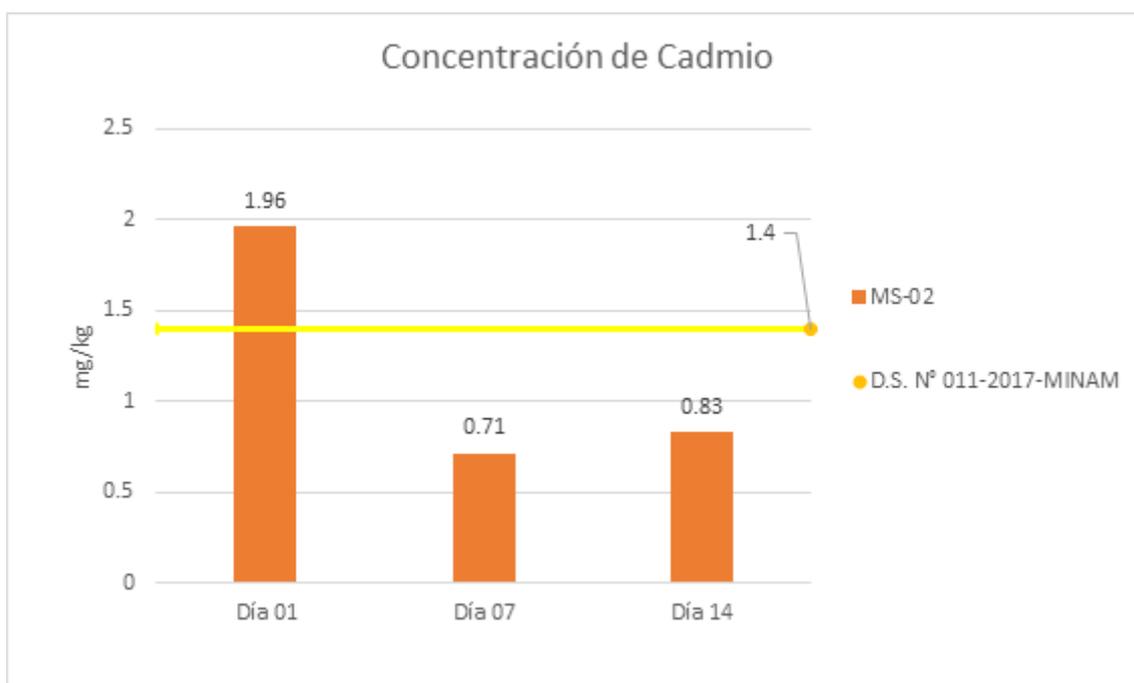
*Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)*

Parámetro	Cadmio		
	Día 01	Día 07	Día 14
MS-02	1.96 mg/kg	0.71 mg/kg	0.83 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 8**

*Valores obtenidos del metal Cadmio (Cd)*



Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los valores de plomo disminuyeron de 1.96 mg/kg a 0.83 mg/kg demostrando que a medida que pasan los días la biorremediación es efectiva en este metal.

Los valores bajaron y se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles, lo que podría indicar que a mayor cantidad de tiempo mayor reducción de este metal.

**Tabla 19.**

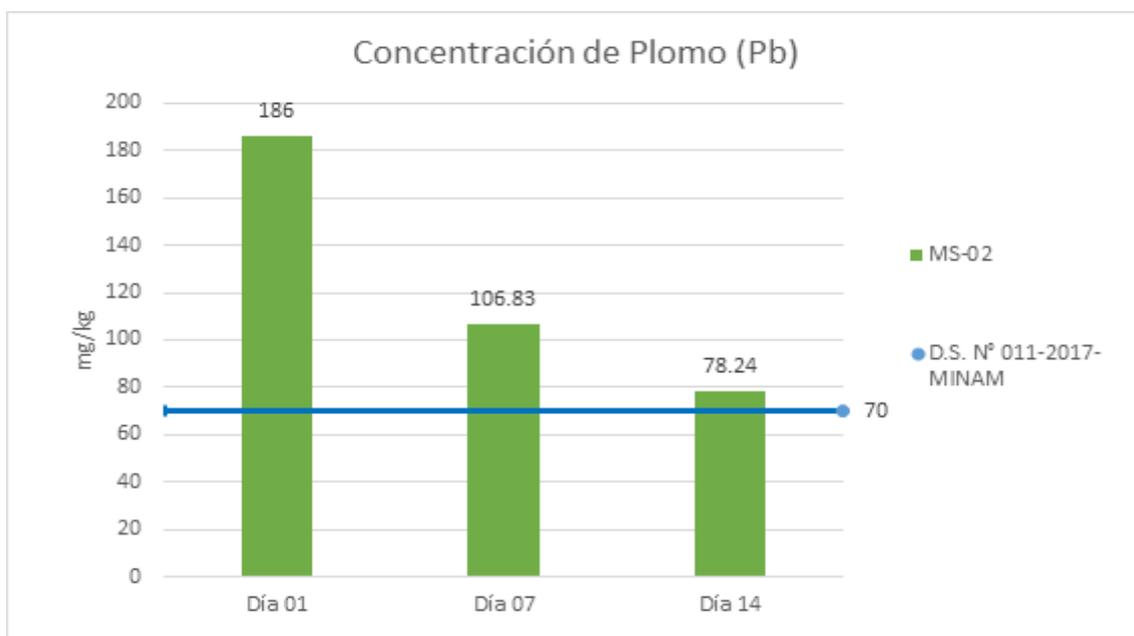
*Valores obtenidos del metal Plomo (Pb)*

Parámetro	Plomo		
	Día 01	Día 07	Día 14
MS-02	186 mg/kg	106.83 mg/kg	78.24 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 9**

*Valores obtenidos del metal plomo (Pb)*



Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los valores de plomo disminuyeron de 186 mg/kg a 78.24 mg/kg, demostrando que a medida que pasan los días la biorremediación es efectiva en este metal.

Aunque los valores hayan disminuido, aún se encuentran por encima de los valores máximos permisibles, lo que podría indicar que a mayor cantidad de tiempo mayor reducción de este metal.

### Verificación de la eficacia

**Tabla 20.**

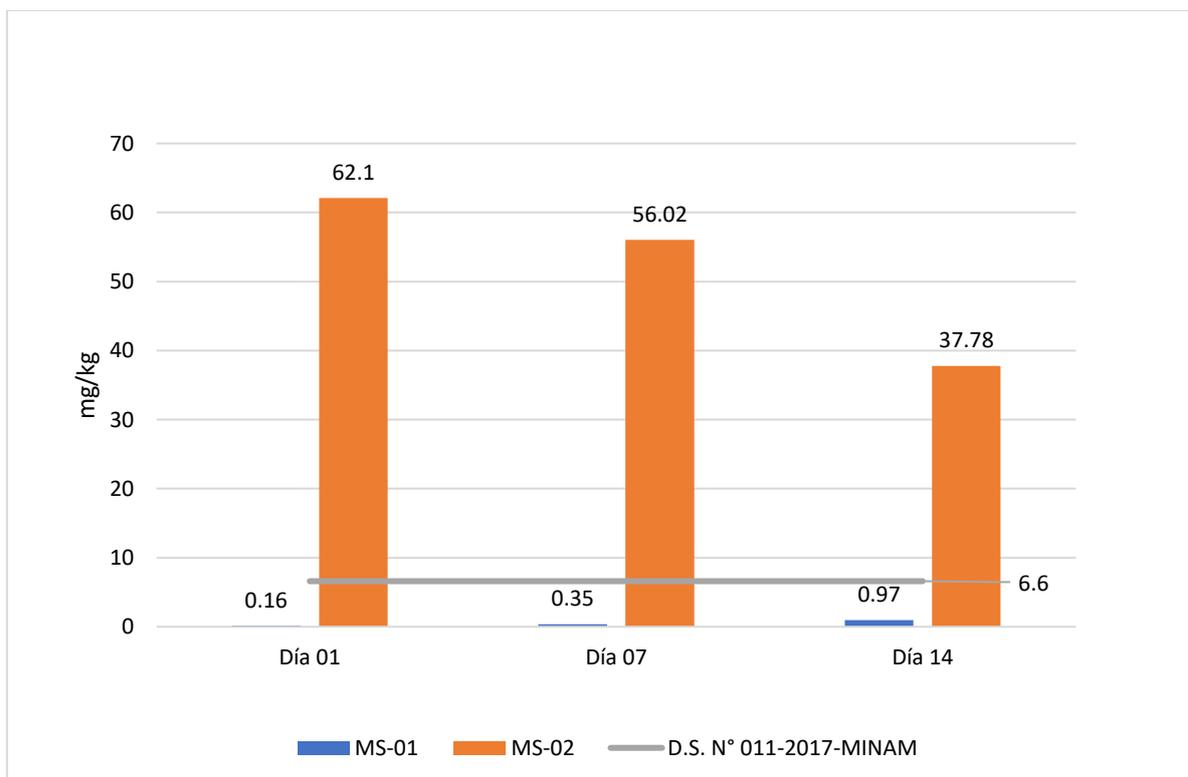
*Eficacia del compost y vermicompost - Mercurio*

Parámetro	Mercurio		
	Día 01	Día 07	Día 14
MS-01	0.16 mg/kg	0.35 mg/kg	0.97 mg/kg
MS-02	62.1 mg/kg	56.02 mg/kg	37.78 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 10**

*Eficacia del compost y vermicompost - Mercurio*



Fuente: elaboración propia

Para calcular la eficacia de la biorremediación se hizo mediante el ANOVA. Para analizar si existen diferencias significativas en los valores de mercurio, utilizando compost y vermicompost.

Probando la hipótesis:

H<sub>0</sub>: Las variaciones de mercurio son iguales en el compost y vermicompost

H<sub>1</sub>: Las variaciones de mercurio son diferentes en el compost y vermicompost

**Tabla 21.**

*ANOVA - Mercurio*

Variable dependiente: Mercurio					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	561,247 <sup>a</sup>	1	561,247	2,589	,183
Intersección	10733,202	1	10733,202	49,508	,002
Biorremediación	561,247	1	561,247	2,589	,183
Error	867,182	4	216,795		
Total	12161,631	6			
Total corregido	1428,429	5			
a. R al cuadrado = ,393 (R al cuadrado ajustada = ,241)					

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que el nivel de significancia es mayor a 0.05, lo que indica que existen diferencias en los niveles de mercurio en el compost y vermicompost, lo que indica que la biorremediación es eficaz.

**Tabla 22.**

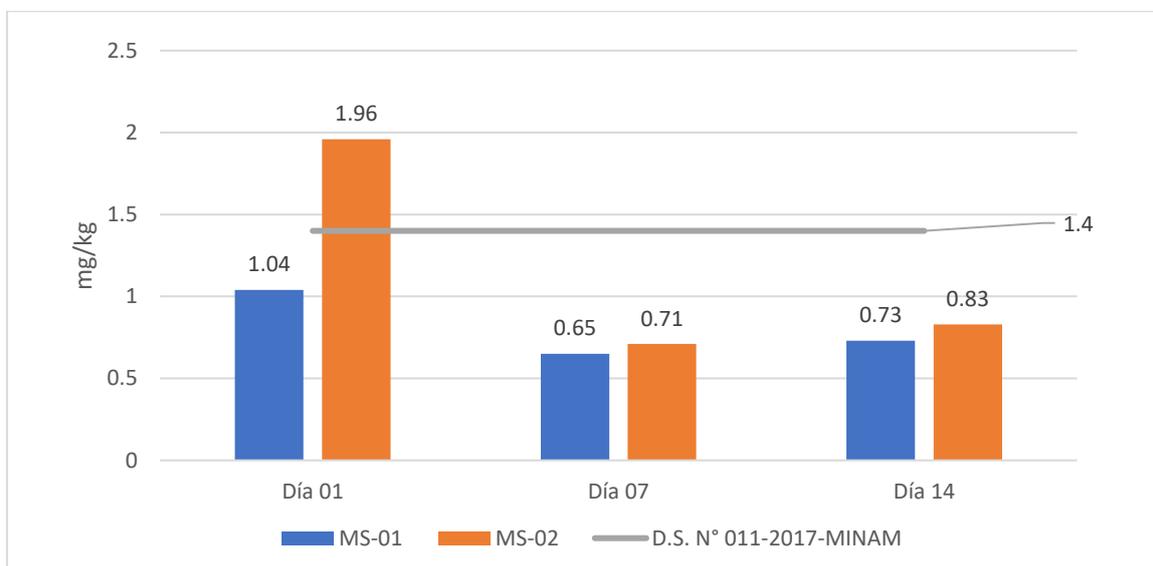
*Eficacia del compost y vermicompost - Cadmio*

Parámetro	Cadmio		
	Día 01	Día 07	Día 14
MS-01	1.04 mg/kg	0.65 mg/kg	0.73 mg/kg
MS-02	1.96 mg/kg	0.71 mg/kg	0.83 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 11**

*Eficacia del compost y vermicompost - Cadmio*



Fuente: elaboración propia

Para calcular la eficacia de la biorremediación se hizo mediante el ANOVA. Para analizar si existen diferencias significativas en los valores de cadmio, utilizando compost y vermicompost.

Probando la hipótesis:

H<sub>0</sub>: Las variaciones de cadmio son iguales en el compost y vermicompost

H<sub>1</sub>: Las variaciones de cadmio son diferentes en el compost y vermicompost

**Tabla 23.***ANOVA - Cadmio*

Variable dependiente: Cadmio					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2090,667 <sup>a</sup>	1	2090,667	,415	,555
Intersección	99330,667	1	99330,667	19,694	,011
Biorremediación	2090,667	1	2090,667	,415	,555
Error	20174,667	4	5043,667		
Total	121596,000	6			
Total corregido	22265,333	5			
a. R al cuadrado = ,094 (R al cuadrado ajustada = -,133)					

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que el nivel de significancia es mayor a 0.05, lo que indica que existen diferencias en los niveles de cadmio en el compost y vermicompost, lo que indica que la biorremediación es eficaz.

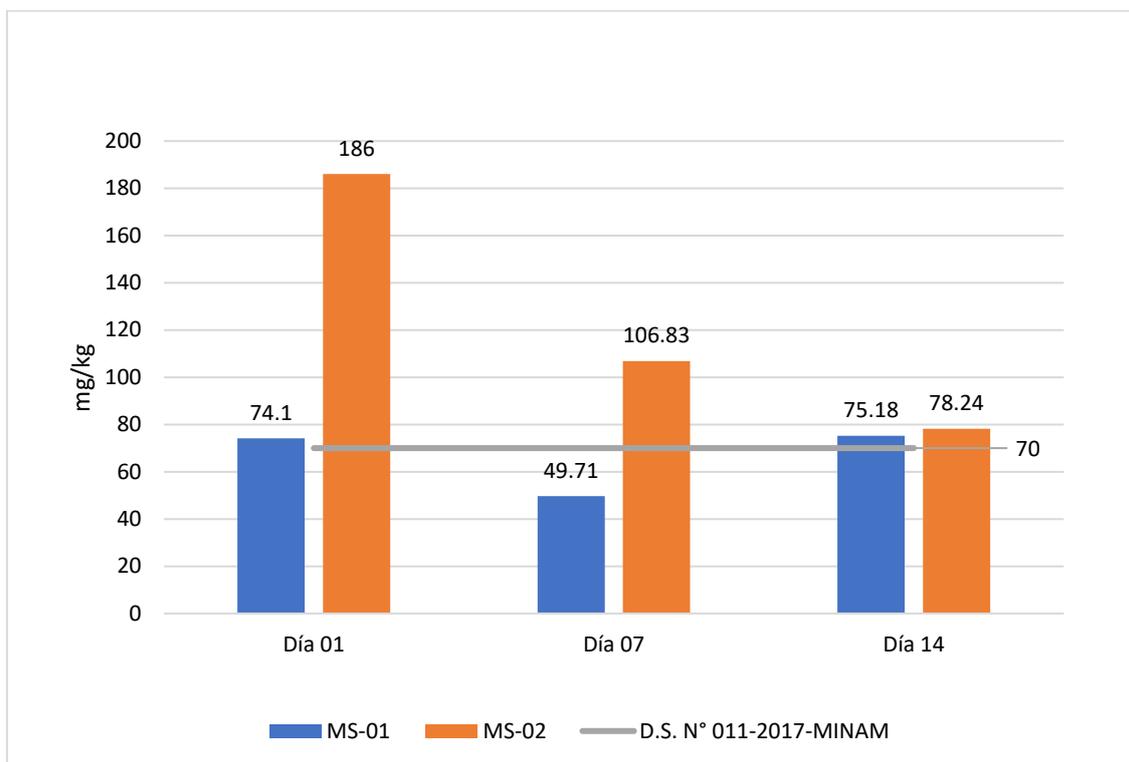
**Tabla 24.***Eficacia del compost y vermicompost - Plomo*

Parámetro	Cadmio		
	Día 01	Día 07	Día 14
MS-01	74.1 mg/kg	49.71 mg/kg	75.18 mg/kg
MS-02	186 mg/kg	106.83 mg/kg	78.24 mg/kg

Fuente: elaboración propia

**Figura 12**

*Eficacia del compost y vermicompost - Plomo*



Fuente: elaboración propia

Para calcular la eficacia de la biorremediación se hizo mediante el ANOVA. Para analizar si existen diferencias significativas en los valores de plomo, utilizando vermicompost.

Probando la hipótesis:

H<sub>0</sub>: Las variaciones de plomo son iguales en el compost y vermicompost

H<sub>1</sub>: Las variaciones de plomo son diferentes en el compost y vermicompost

**Tabla 25.**

ANOVA - Plomo

Variable dependiente: Plomo					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	42650,167 <sup>a</sup>	1	42650,167	1,040	,365
Intersección	239820,167	1	239820,167	5,852	,073
Biorremediación	426508,167	1	426508,167	1,040	,365
Error	163978,667	4	409934,667		
Total	446547,000	6			
Total corregido	206626,833	5			
a. R al cuadrado = ,206 (R al cuadrado ajustada = ,008)					

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que el nivel de significancia es mayor a 0.05, lo que indica que existen diferencias en los niveles de plomo en el compost y vermicompost, lo que indica que la biorremediación es eficaz.

## V. DISCUSIÓN

La biorremediación utilizando compost y vermicompost se ha convertido en una técnica atractiva y sostenible para abordar la contaminación de suelos por metales pesados. Estos materiales orgánicos han demostrado ser eficaces en la reducción de la concentración y la biodisponibilidad de los metales pesados, lo que contribuye a la restauración de la calidad del suelo y al alivio de los efectos adversos en los ecosistemas.

En el estudio de García et al. (2018), se evaluó el uso de compost en la biorremediación de suelos contaminados con plomo. El compost, al ser rico en materia orgánica, nutrientes y microorganismos beneficiosos, se ha encontrado que puede estabilizar el plomo en formas menos tóxicas y menos solubles, reduciendo así su disponibilidad para las plantas y otros organismos. Además, la aplicación de compost puede mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, como la capacidad de retención de agua y nutrientes, promoviendo así la recuperación de los suelos contaminados.

En otro estudio realizado por Singh et al. (2019), se investigó el uso de vermicompost para remediar suelos contaminados con cadmio. El vermicompost, producido mediante la acción de las lombrices de tierra, contiene enzimas y microorganismos que pueden transformar los metales pesados y promover procesos de inmovilización. La presencia de sustancias orgánicas en el vermicompost también puede formar complejos con los metales pesados, reduciendo su movilidad y biodisponibilidad en el suelo. Estos efectos combinados ayudan a disminuir la concentración de cadmio en el suelo y minimizar los riesgos asociados a su exposición.

Asimismo, el estudio de Li et al. (2020) se centró en la biorremediación de suelos contaminados con mercurio utilizando compost y vermicompost. Se encontró que estos materiales orgánicos no solo redujeron la concentración de mercurio en el

suelo, sino que también mejoraron la actividad microbiana y la descomposición de los contaminantes. La presencia de microorganismos en el compost y vermicompost puede promover procesos de biodegradación y bioacumulación de metales pesados, facilitando su transformación en formas menos tóxicas y más estables.

La utilización de compost y vermicompost en la remoción de metales pesados en suelos contaminados ha demostrado ser una estrategia eficaz y de gran importancia. Estos materiales orgánicos desempeñan un papel fundamental en la reducción de la biodisponibilidad de los metales pesados, mejorando las propiedades del suelo y estimulando la actividad microbiana. A continuación, se discuten los puntos clave que destacan su importancia:

Uno de los principales beneficios de utilizar compost y vermicompost en la remediación de suelos contaminados es la reducción de la biodisponibilidad de los metales pesados. Estos materiales tienen la capacidad de retener y fijar los metales en su estructura orgánica, impidiendo su liberación al suelo y su absorción por las plantas y otros organismos. Al disminuir la disponibilidad de los metales pesados, se reduce el riesgo de toxicidad y se protege la salud de los ecosistemas.

Además, el compost y el vermicompost mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo. Estos materiales orgánicos aportan materia orgánica al suelo, lo que mejora su estructura, aumenta su capacidad para retener agua y nutrientes, y promueve la formación de agregados estables. Esto favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas en suelos contaminados, facilitando la recuperación de la vegetación y restaurando la funcionalidad del ecosistema.

Otro aspecto importante es la estimulación de la actividad microbiana en el suelo. Tanto el compost como el vermicompost contienen una diversidad de microorganismos beneficiosos, como bacterias y hongos, que desempeñan un papel clave en la biorremediación de suelos contaminados. Estos microorganismos

pueden participar en procesos de transformación y degradación de los metales pesados, convirtiéndolos en formas menos tóxicas y más estables. Además, la presencia de microorganismos enriquece la diversidad biológica del suelo, lo que contribuye a su salud y fertilidad a largo plazo.

La utilización de compost y vermicompost en la remoción de metales pesados también se destaca por su sostenibilidad y bajo impacto ambiental. Estos materiales se obtienen a partir de la descomposición de residuos orgánicos, lo que ayuda a reducir la cantidad de desechos y promueve la economía circular. Al utilizar estos materiales, se evita la necesidad de recurrir a métodos más agresivos y costosos, como la remoción y reemplazo del suelo contaminado, lo que hace que la técnica sea más accesible y viable.

En conclusión, la utilización de compost y vermicompost en la remoción de metales pesados en suelos contaminados es una estrategia de gran importancia. Estos materiales orgánicos reducen la biodisponibilidad de los metales pesados, mejoran las propiedades del suelo, estimulan la actividad microbiana y promueven la sostenibilidad en los procesos de remediación. Su aplicación adecuada puede ayudar a restaurar la calidad de los suelos contaminados, proteger la salud de los ecosistemas y contribuir a la recuperación ambiental. Es fundamental seguir investigando y promoviendo el uso de estos materiales en la remediación de suelos para lograr una gestión efectiva y sostenible de la contaminación por metales pesados

Es importante mencionar que, si bien la biorremediación utilizando compost y vermicompost ha demostrado ser prometedora, su eficacia puede variar según las características del suelo, los metales pesados presentes y las condiciones ambientales. Por lo tanto, es fundamental adaptar las estrategias de biorremediación a las condiciones específicas de cada sitio contaminado, teniendo en cuenta factores como la composición y calidad de los materiales orgánicos, las dosis de aplicación y los tiempos de tratamiento.

Ha demostrado ser una estrategia efectiva en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados. Los estudios mencionados respaldan la capacidad de estos materiales orgánicos para disminuir la concentración y biodisponibilidad de los metales pesados, mejorar las propiedades del suelo y promover procesos de biodegradación y bioacumulación. Sin embargo, se requiere una investigación continua y adaptación de las técnicas de biorremediación a las condiciones específicas de cada sitio para lograr una recuperación ambiental exitosa y sostenible.

## VI. CONCLUSIONES

1.- En el estudio realizado en Cocachacra, se determinó que los suelos de la zona presentaban niveles de contaminación por plomo, cadmio y mercurio que excedían los límites máximos permitidos establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Esta situación representa una preocupación tanto para la salud humana como para la conservación del medio ambiente, ya que estos metales pesados son conocidos por sus efectos tóxicos y sus consecuencias negativas a largo plazo. El plomo, el cadmio y el mercurio son metales pesados que se encuentran naturalmente en la corteza terrestre, pero su presencia en concentraciones elevadas en los suelos puede deberse a actividades humanas como la minería, la industria y el uso de productos químicos. Estos metales son altamente tóxicos y persistentes en el ambiente, lo que significa que pueden acumularse en los organismos vivos a lo largo de la cadena alimentaria y causar efectos perjudiciales en la salud.

2.- El estudio se enfocó en evaluar la eficacia del compost como elemento de biorremediación en la reducción de los metales pesados mercurio, cadmio y plomo en suelos contaminados. Demostrando que el compost, que es un producto derivado de la descomposición de materia orgánica, ha demostrado ser una opción prometedora para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. La presencia de materia orgánica en el compost mejora la estructura del suelo, aumenta su capacidad de retención de agua y nutrientes, y promueve la actividad microbiana, lo que a su vez contribuye a la reducción de la disponibilidad de los metales pesados y su toxicidad. Es importante destacar que la eficacia del compost como elemento de biorremediación puede depender de varios factores, como la concentración inicial de metales pesados en el suelo, el tipo de suelo, la composición del compost y las condiciones ambientales. Los valores de mercurio aumentaron de 0.16 mg/kg a 0.97 mg/kg, en el plomo aumentaron de 74.1 mg/kg a 75.18 mg/kg y en el cadmio disminuye de 1.04 mg/kg a 0.73 mg/kg. En el estudio se demostró que se requiere de un tiempo mayor para aumentar la eficacia.

3.- El estudio evidenció que el vermicompost puede ser eficaz en la biorremediación de suelos contaminados con los metales pesados mercurio, cadmio y plomo. Gracias a su contenido elevado de materia orgánica, nutrientes y microorganismos benéficos, el vermicompost mejora la estructura del suelo, reduce la disponibilidad y toxicidad de los metales pesados, y promueve la recuperación de los suelos afectados. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la efectividad del vermicompost puede variar según la concentración inicial de metales pesados en el suelo, el tipo de suelo y las condiciones ambientales. Los valores de mercurio arrojaron de 62.10 mg/kg a 37.78 mg/kg, en el plomo disminuyeron de 186.00 mg/kg a 78.24 mg/kg y en el cadmio de 1.96 mg/kg a 0.83 mg/kg. En el estudio demostró que se requiere de un tiempo mayor para aumentar la eficacia.

4.- El estudio evidenció que el vermicompost puede ser eficaz en la biorremediación de suelos contaminados con los metales pesados mercurio, cadmio y plomo. Gracias a su contenido elevado de materia orgánica, nutrientes y microorganismos benéficos, el vermicompost mejora la estructura del suelo, reduce la disponibilidad y toxicidad de los metales pesados, y promueve la recuperación de los suelos afectados. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la efectividad del vermicompost puede variar según la concentración inicial de metales pesados en el suelo, el tipo de suelo y las condiciones ambientales.

## VII. RECOMENDACIONES

1.- Antes de utilizar compost y vermicompost en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados, es fundamental realizar una evaluación exhaustiva del suelo. Esto incluye analizar la concentración y distribución de los metales pesados, así como la composición y características del suelo. Esta evaluación permitirá determinar la idoneidad del compost y vermicompost, y ajustar las dosis y tiempos de aplicación de manera adecuada.

2.- Realizar una elección adecuada del compost y vermicompost, ya que es importante seleccionar el tipo de compost y vermicompost adecuado para la biorremediación de metales pesados en el suelo. No todos los compost y vermicompost tienen la misma capacidad de retención y reducción de metales pesados. Se recomienda elegir aquellos que hayan sido producidos con materiales orgánicos de calidad, libres de contaminantes y con una alta concentración de microorganismos beneficiosos. Además, se debe considerar la madurez del compost y vermicompost, ya que los productos más maduros tienden a tener una mayor capacidad de retención de metales pesados.

3.- Se debe realizar un monitoreo y seguimiento continuo, ya que la biorremediación con compost y vermicompost es un proceso que requiere tiempo y seguimiento constante. Se recomienda establecer un plan de monitoreo para evaluar regularmente los niveles de metales pesados en el suelo y medir el progreso de la remediación. Esto permitirá realizar ajustes necesarios en las dosis y frecuencia de aplicación, así como en el manejo de los suelos, para asegurar una eficaz eliminación de los metales pesados. Además, es importante llevar un registro de los resultados obtenidos y compartirlos con la comunidad científica y las autoridades pertinentes para contribuir al conocimiento y la implementación de mejores prácticas en la biorremediación del suelo.

## REFERENCIAS

- ABDOLLAHINEJAD, B., PASALARI, H., JONIDI, A., ESRAFILI, A., & FARZADKIA, M. 2020. Bioremediation of diesel and gasoline-contaminated soil by co-vermicomposting amended with activated sludge: Diesel and gasoline degradation and kinetics. *Environmental Pollution*, 263. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114584>
- ALANYA, V., CLEMENTE, O., CASTAÑEDA, C., ANCCASI, C., & RAMOS, V. 2023. Uso de estiércol y aserrín en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo, Huancavelica, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 7(1), 785-801. [https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4430](https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4430)
- ALI, N., DASHTER, N., & KHANAFER, M. 2020. Bioremediation of soils saturated with spilled crude oil. *Scientific reports*, 10(1), 1-9.
- ARENAZA, S. 2021. Aplicación de Vermicompost para la remediación de suelos contaminados por metales pesados: Revisión Sistemática. [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]: Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75963>
- ARIAS, F. 2019. *Cómo hacer Tesis Doctorales y Trabajos de Grado: Investigación Científica y Tecnológica*. (1st ed.). : Editorial Episteme.
- BHARAGAVA, R., SAXENA, G., & MULLA, S. 2019. Introduction to Industrial Wastes Containing Organic and Inorganic Pollutants and Bioremediation Approaches for Environmental Management. *Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety*, 1-18.
- BOHÓRQUEZ, W. 2019. *El proceso de compostaje*. Ediciones Unisalle, Bogotá, D.C. <https://doi.org/https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=libros>
- CANALES, A., BELIZARIO, G., CHUI, H., & ROQUE, B. 2022. Remoción de plomo en suelos contaminados con relaves mineros a través del vermicompostaje. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 48(3), 167-173. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1669-](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-)

23142022000300267

- CHACÓN, M., & MARCATOMA, R. 2021. Revisión sistemática: Biorremediación de suelos contaminados por metales pesados (Pb, Cd, As, Ag, Cu, Ni, Zn) usando plantas nativas en zonas altoandinas. [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]: Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/103046>
- CHERNYSH, Y., PLIATSUK, L., ROUBIK, H., YAKHNENKO, O., SKVORTSOVA, P., & BATALTSEV, Y. 2021. Application of technological solutions for bioremediation of soils contaminated with heavy metals. *Journal of Engineering Sciences*, , Vol. 8(2), (pp. H8-H16, ). [https://doi.org/10.21272/jes.2021.8\(2\).h2](https://doi.org/10.21272/jes.2021.8(2).h2)
- COLOMA, J., & PAIMA, A. 2022. Efectividad del compost en la biorremediación de suelos contaminados con aceite automotriz, Arequipa 2022. [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]: Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91613>
- COLVÉE BOSCH, C. L. 2020. History and uses of bioremediation . (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10251/149980>
- CONTRERAS, M., CUBA, S., & ROJAS, A. 2020. Eficiencia del compostaje y vermicompostaje en la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga-Canta. [tesis de licenciatura, Universidad del Callao]: Repositorio Institucional Digital Universidad del Callao. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6830>
- CRUZ, Y. 2022. Estrategias de biorremediación basadas en compostaje y vermicompostaje en suelos contaminados con elementos potencialmente tóxicos: Revisión sistemática. [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]: Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91347>
- EISSA, M. A. 2019. Effect of compost and biochar on heavy metals phytostabilization by the halophytic plant old man saltbush [*Atriplex nummularia* Lindl]. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*,

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15320383.2018.1551325>

- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, R., & BAPTISTA, P. 2014. Metodología de la investigación.
- KAPARWAN, D., RANA, N., & DHYANI, B. 2020. Heavy Metals Toxicity in Agricultural Soils – Critical Review of Possible Sources, Influence on Soil Health and Remedial Measures to Remove, Reduce and Stabilize Contaminants in Soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(6), 1467-1482. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83093502/Dimple\\_20Kaparwan2\\_\\_20et\\_20al-libre.pdf?1648922772=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHeavy\\_Metals\\_Toxicity\\_in\\_Agricultural\\_So.pdf&Expires=1677040111&Signature=U2BboJ~z9qIMLkS8SExSC7TKkE5DHyWG](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/83093502/Dimple_20Kaparwan2__20et_20al-libre.pdf?1648922772=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHeavy_Metals_Toxicity_in_Agricultural_So.pdf&Expires=1677040111&Signature=U2BboJ~z9qIMLkS8SExSC7TKkE5DHyWG)
- KOOLIVAND, A., SAEEDDI, R., COULON, F., KUMAR, V., VILLASEÑOR, J., ASGHARI, F., & HESAMPOOR, F. 2020. Bioremediation of petroleum hydrocarbons by vermicomposting process bioaugmented with indigenous bacterial consortium isolated from petroleum oily sludge. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 198. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110645>
- KOŠNÁŘ, Z., WIESNEROVÁ, L., ČÁSTKOVÁ, T., KROULÍKOVÁ, S., BOUČEK, J., MERCL, F., & TLUSTOŠ, P. 2019. Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) present in biomass fly ash by co-composting and co-vermicomposting. *Journal of Hazardous Materials*, 369(5), 79-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.02.037>
- LI, G., LIU, J., & GADD, G. 2020. Fungal bioremediation of soil co-contaminated with petroleum hydrocarbons and toxic metals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104.
- LIN, C., KIPROTICH, N., THANH, X., & HAO, H. 2022. Composting and its application in bioremediation of organic contaminants. *Bioengineered*, 13(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/21655979.2021.2017624>
- LIU, J., LI, N., ZHANG, W., WEI, X., TSANG, D., SUN, Y., LUO, X., BAO, Z., ZHENG, W., WANG, J., XU, G., HOU, L., CHEN, Y., & FENG, Y. 2019.

Thallium contamination in farmlands and common vegetables in a pyrite mining city and potential health risks. *Environmental Pollution*, 248, 906-915. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.092>

LÓPEZ, M., & MORALES, O. 2022. Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados: una revisión. *El Higo Revista Científica*, 12(2), 15-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i2.15197>

MUDHOO, A., LAKSHMI, D., BHATNAGAR, A., USMAN, M., & SILLANPÄÄ, M. 2020. An analysis of the versatility and effectiveness of composts for sequestering heavy metal ions, dyes and xenobiotics from soils and aqueous milieus. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 197(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110587>

MUNIVE, R., GAMARRA, G., MUNIVE, Y., PUERTAS, F., VALDIVIEZO, L., & CABELLO, R. 2020. Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado, remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 177-186. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.04>

NASSER, A., ANDLEEB, S., BASIT, A., ALI, S., SIRAJ, M., MAZHAR, N., LIAQAT, I., & NAZIR, A. 2022. Efficacy of cow and buffalo dung on vermiremediation and phytoremediation of heavy metals via Fourier-transform infrared spectroscopy and comet assay. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-17. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-24714-x>

NIEVES, Y., PARRA, N., VILLANUEVA, S., & HENRÍQUEZ, M. 2019. Tech note: bioremediation, enemy of cadmium. *Revista Ingeniería UC*, 26(1), 96-104. [https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Villanueva-Velasquez/publication/332856216\\_Tech\\_note\\_bioremediation\\_enemy\\_of\\_cadmium/links/5e586c3a299bf1bdb840b048/Tech-note-bioremediation-enemy-of-cadmium.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Samuel-Villanueva-Velasquez/publication/332856216_Tech_note_bioremediation_enemy_of_cadmium/links/5e586c3a299bf1bdb840b048/Tech-note-bioremediation-enemy-of-cadmium.pdf)

NOBILI, S. M., ZALAZAR, C. S., & LESCANO, M. R. 2022. Bioremediation of hydrocarbon contaminated soil using local organic materials and earthworms. *Environmental Pollution*, 314, 120169. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749122013835>

ÑAUPAS, H., MEJÍA, E. M., RAMÍREZ, E., & PAUCAR, A. 2018. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. . Ediciones de la

U.

- OJHA, A., JAISWAL, S., THAKUR, P., & MISHRA, S. 2022. Bioremediation techniques for heavy metal and metalloid removal from polluted lands: a review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-22. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-022-04502-3>
- PEREYRA, L. E. (2022). Metodología de la investigación. .
- RAMÍREZ, R., GARCÍA, M., ÁLVAREZ, V., GONZÁLEZ, G., & HERNÁNDEZ, V. 2019. Potencial fitorremediador de la chicura (*Ambrosia ambrosioides*) en suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7), 1529-1540. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1731>
- RANI, N., & SINGH, M. 2022. Remediation of soil impacted by heavy metal using farm yard manure, vermicompost, biochar and poultry manure. En M. Aide, & I. Braden, *Soil Science: Emerging Technologies, Global Perspectives and Applications* (págs. 267-302). IntechOpen.
- RODRÍGUEZ, G. 2017. Remoción de hidrocarburos totales en suelos contaminados con petróleo mediante residuos de Cachaza y Bagazo de caña de azúcar. *UCV - SCIENTIA*, 9(1), 56-66. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7094397>
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, J., & DOMÍNGUEZ, J. 2019. Juan C. Sánchez-Hernández, Jorge Domínguez. [https://doi.org/https://inta.gob.ar/sites/default/files/libro\\_biorremediacion\\_de\\_los\\_recurso\\_naturales\\_1.pdf](https://doi.org/https://inta.gob.ar/sites/default/files/libro_biorremediacion_de_los_recurso_naturales_1.pdf)
- SAYARA, T., & SÁNCHEZ, A. 2020. Bioremediation of PAH-Contaminated Soils: Process Enhancement through Composting/Compost. *Applied Sciences*, 10(11). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app10113684>
- SEDANO, A., & SULLCA, J. 2022. Materiales Estabilizadores Empleados para Remediar Suelos Contaminados con Metales Pesados: Revisión sistemática. [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]: Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/99415>
- SHEHATA, S., BADAWEY, R., & ABOULSOUD, Y. 2019. Phytoremediation of some heavy metals in contaminated soil. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(189). <https://link.springer.com/article/10.1186/s42269-019-0214-7>

- TAUQEER, H., KARCZEWSKA, A., LEWIŃSKA, K., FATIMA, M., ALI, S., FARHAD, M., TURAN, V., ADNAN, P., & IQBAL, M. 2021. Environmental concerns associated with explosives (HMX, TNT, and RDX), heavy metals and metalloids from shooting range soils: Prevailing issues, leading management practices, and future perspectives. En M. Hasanuzzaman, & M. Vara, Handbook of Bioremediation (págs. 569-590). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819382-2.00036-3>
- VENTORINO, V., PASCALE, A., FAGNANO, M., ADAMO, P., FARACO, V., ROCCO, C., FIORENTINO, N., & PEPE, O. 2019. Soil tillage and compost amendment promote bioremediation and biofertility of polluted area. Journal of Cleaner Production, 239. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118087>
- WEI, Y., ZHAO, Y., ZHAO, X., GAO, X. Z., ZUO, H., & WEI, Z. 2020. Roles of different humin and heavy-metal resistant bacteria from composting on heavy metal removal. Bioresource technology, 296. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419316050>
- XIANG, M., LI, Y., YANG, J., LEI, K., LI, Y., LI, F., ZHENG, D., FANG, X., & CAO, Y. 2021. Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops. Environmental Pollution, 278(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116911>

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Matriz de operacionalización**

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de Medida</b>
Variable independiente: Eficacia de la biorremediación	Compost	Concentración de metales pesados	mg/kg de suelo
		Reducción de la concentración de metales pesados	%
		Velocidad de reducción de la concentración de metales pesados	mg/kg de suelo por día
	Vermicompost	Concentración de metales pesados	mg/kg de suelo
		Reducción de la concentración de metales pesados	%
		Velocidad de reducción de la concentración de metales pesados	mg/kg de suelo por día
Variable dependiente: Contaminación de suelos por metales pesados	Concentración de metales pesados	Concentración de metales pesados	mg/kg de suelo
	Extensión de la zona contaminada	Extensión de la zona contaminada	m <sup>2</sup>
	Grado de contaminación	Grado de contaminación	% de contaminación

## Anexo 2. Matriz de consistencia

Titulo: Eficacia de la biorremediación utilizando compost y vermicompost en la reducción de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra, 2023				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Variable independiente: Eficacia de la biorremediación	Enfoque: Cuantitativo
¿Cuál es la eficacia de la biorremediación utilizando compost y vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra?	Evaluar la eficacia de la biorremediación utilizando compost y vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra.	La biorremediación utilizando compost y vermicompost es eficaz en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra.	<b>Dimensiones</b>	Tipo: Básico
			Compost	Nivel: Comparativo
				Diseño: Cuasi experimental de corte longitudinal
PE1: ¿Cuál es el nivel de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra?	OE1: Determinar el nivel de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra.	HE1: El nivel de contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra disminuirá después de la aplicación de la biorremediación utilizando compost y vermicompost.	Vermicompost.	Población, muestra o unidad de estudio:
			<b>Variable dependiente:</b> Nivel de contaminación de los suelos por metales pesados	La muestra a usar será por conveniencia no probabilística
PE2: ¿Qué efecto tiene la biorremediación utilizando compost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados?	OE2: Evaluar el eficacia de la biorremediación utilizando compost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados.	HE2: La biorremediación utilizando compost tendrá un efecto significativo en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra.	<b>Dimensiones</b>	Técnica: Observación

PE3: ¿Cuál es la eficacia de la biorremediación utilizando vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra?	OE3: Identificar la eficacia de la biorremediación utilizando vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra.	HE3: La eficacia de la biorremediación utilizando vermicompost en la reducción de la contaminación de suelos por metales pesados en Cocachacra será mayor en comparación con otros métodos de biorremediación.	Concentración de metales pesados	Instrumento: Ficha de recolección
			Extensión de la zona contaminada	
			Grado de contaminación	Análisis: Estadística descriptiva e Inferencial



**Ficha de observación**  
**Muestras de suelo**

N° de muestra	Fecha	Coordenada

Metal pesado	Muestra inicial	Muestra 20	Muestra 45
Plomo			
Cadmio			
Arsenico			
Diferencia			

#### Anexo 4. Resultados por indicadores

Variables	Dimensión	Indicador	Unidad de Medida	Resultados obtenidos
Variable independiente: Eficacia de la biorremediación	Compost	Concentración de metales pesados	mg/kg de suelo	Los valores de mercurio iniciales fueron de 0.16 mg/kg, siendo el ECA de 6.6. En el plomo el valor inicial fue de 74.10 mg/kg y el valor ECA 70, en el cadmio se obtuvo 1.04 mg/kg y el valor ECA de 1.4
		Reducción de la concentración de metales pesados	%	El mercurio aumentó en la muestra 1: 0.81 mg/kg, el cadmio disminuyó 0.31 mg/kg mientras que el plomo aumentó a 75.18 mg/kg
		Velocidad de reducción de la concentración de metales pesados	mg/kg de suelo por día	El mercurio aumentó 0.06 mg/kg por día, al igual que el plomo a 0.08 mg/kg por día el cadmio disminuyó 0.02 mg/kg por día
	Vermicompost	Concentración de metales pesados	mg/kg de suelo	Los valores de mercurio iniciales fueron de 62.10 mg/kg, siendo el ECA de 6.6. En el plomo el valor inicial fue de 186.00 mg/kg y el valor ECA 70, en el cadmio se obtuvo 1.96 mg/kg y el valor ECA de 1.4
		Reducción de la concentración de metales pesados	%	El mercurio disminuyó 24.32 mg/kg, el cadmio, 1.13 mg/kg, y el plomo 107.76 mg/kg,
		Velocidad de reducción de la concentración de metales pesados	mg/kg de suelo por día	El mercurio disminuye 1.74 mg/kg por día, el cadmio 0.08 mg/kg por día y el plomo 7.70 mg/kg por día

Variable dependiente: Contaminación de suelos por metales pesados	Concentración de metales pesados	Concentración de metales pesados	mg/kg de suelo	Para la muestra 1: Los valores de mercurio iniciales fueron de 0.16 mg/kg, siendo el ECA de 6.6. En el plomo el valor inicial fue de 74.10 mg/kg y el valor ECA 70, en el cadmio se obtuvo 1.04 mg/kg y el valor ECA de 1.4
				Para la muestra 2: Los valores de mercurio iniciales fueron de 62.10 mg/kg, siendo el ECA de 6.6. En el plomo el valor inicial fue de 186.00 mg/kg y el valor ECA 70, en el cadmio se obtuvo 1.96 mg/kg y el valor ECA de 1.4
	Extensión de la zona contaminada	Extensión de la zona contaminada	m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>
	Grado de contaminación	Grado de contaminación	% de contaminación	El grado de contaminación del mercurio en la muestra 1 fue de 2.42, el de cadmio de 74.28% y el del plomo fue de 105.85. En la muestra 2 el mercurio tenía una concentración de 940.91, el cadmio 140 y el plomo 265.71







VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. Datos Generales

- 1.1. Apellidos y nombres: *NUÑEZ MATOS FELIPE ALEJANDRO*
- 1.2. Cargo e institución donde labora: *UNIVERSIDAD CONTINENTAL / USMP*
- 1.3. Especialidad o Línea de Investigación: *INGENIERO CIVIL*
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de la evaluación:
- 1.5. Autores del instrumento: *Alarcon Mora Gabriel Emmanuel y Velarde Espinoza Gabriela Paola*

II. Aspectos de validación

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLES						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1.- CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible													X	
2.- OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X	
3.- ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación													X	
4.- ORGANIZACION	Existe una organización lógica													X	
5.- SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X	
6.- INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar la validez de las hipótesis.													X	
7.- CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos teóricos y científicos													X	
8.- COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos y hipótesis variables o indicadores.													X	



9.- METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño para lograr las hipótesis.											X		
10.- PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.											X		

III. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%
-----

...23 de 09... del 2023

  
 -----  
 Firma del Experto Informante.  
 Especialidad





## Anexo 5. Resultados de laboratorios

### Día 1



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



### INFORME DE ENSAYO N° 2-01280/23

Página 1/3

DATOS DEL CLIENTE	
Cliente	: ALARCON MORA GABRIEL EMMANUEL
Domicilio legal	: AV. SEPÚLVEDA 837 - MARIANO MELGAR - AREQUIPA
Solicitado por	: PAZ LABORATORIOS S.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: SUELO
Lugar de Muestreo <sup>(A)</sup>	: EL CARRIZAL – COCACHARA – ISLAY - AREQUIPA
Fecha de Muestreo <sup>(A)</sup>	: 2023-05-28
Procedencia	: Proporcionada por el solicitante.
Cantidad recibida	: 02 muestras x 0.2 Kilogramos
Presentación y condición de recepción	: Pote
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica.
Fecha de recepción	: 2023-06-01
Fecha de Inicio del ensayo	: 2023-06-03
Fecha de término del ensayo	: 2023-06-13
Ensayo realizado en	: Laboratorio Metales Callao
Identificado con	: H/S 23004203 (EXMA-07253-2023)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para muestra descrita

Proyecto <sup>(A)</sup> : "MONITOREO AMBIENTAL – SUELOS DE MINERA."				
Puntos de muestreo <sup>(A)</sup>	Coordenadas UTM WGS 84 <sup>(A)</sup>		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones <sup>(A)</sup>
	ESTE	NORTE		
MS-02	231481	8115635	—	Altitud: 432 m.s.n.m. Zona: 19K
MS-01	231388	815616	—	Altitud: 418.8 m.s.n.m. Zona: 19K

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

**INFORME DE ENSAYO N° 2-01280/23**

Página 2/3

**RESULTADOS**

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo	
			MG-02	MG-01
			Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo
			2023-05-28 13:20	2023-05-28 13:32
			Tipo de Muestra	Tipo de Muestra
			Suelo	Suelo
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados
<b>Metales por ICP-OES (Callao)</b>				
Aluminio (Al)	0,5	mg/kg	5 857	12 292
Antimonio (Sb)	0,5	mg/kg	<0,50	<0,50
Arsénico (As)	0,6	mg/kg	42,9	13,0
(*) Azufre (S)	0,7	mg/kg	13 754	10 211
Bario (Ba)	0,1	mg/kg	68,4	49,9
Berilio (Be)	0,1	mg/kg	0,20	<0,10
(*) Bismuto (Bi)	0,5	mg/kg	19,2	3,89
Boro (B)	0,5	mg/kg	<0,50	<0,50
Cadmio (Cd)	0,1	mg/kg	1,96	1,04
Calcio (Ca)	1,0	mg/kg	57 326	46 406
Cobalto (Co)	0,1	mg/kg	10,6	24,0
Cobre (Cu)	0,1	mg/kg	1 211	268
Cromo (Cr)	0,1	mg/kg	5,17	6,96
Estaño (Sn)	0,2	mg/kg	<0,20	<0,20
Estroncio (Sr)	0,1	mg/kg	224	90,7
Fósforo (P)	0,4	mg/kg	692	1 657
(*) Galio (Ga)	0,8	mg/kg	<0,80	<0,80
Hierro (Fe)	0,2	mg/kg	24 233	27 298
(*) Indio (In)	1,5	mg/kg	<1,50	<1,50
Litio (Li)	0,3	mg/kg	11,5	16,0
Magnesio (Mg)	0,7	mg/kg	6 886	10 117
Manganeso (Mn)	0,1	mg/kg	746	575
Molibdeno (Mo)	0,1	mg/kg	<0,10	<0,10
Níquel (Ni)	0,1	mg/kg	3,35	5,47
Plata (Ag)	0,2	mg/kg	4,42	<0,20
Piomo (Pb)	0,2	mg/kg	186	74,1
Potasio (K)	1,8	mg/kg	1 092	1 551
Selenio (Se)	0,6	mg/kg	<0,60	<0,60
Silicio (Si)	0,5	mg/kg	88,9	87,4
Sodio (Na)	0,6	mg/kg	4 371	2 429
Talio (Tl)	0,3	mg/kg	<0,30	<0,30
Titanio (Ti)	0,1	mg/kg	12,4	234
Vanadio (V)	0,1	mg/kg	42,0	54,2
(*) Wolframio (W)	0,4	mg/kg	<0,40	<0,40
Zinc (Zn)	0,1	mg/kg	54,2	47,2
(*) Zirconio (Zr)	0,1	mg/kg	2,11	0,77
<b>Mercurio (Callao)</b>				
Mercurio	0,1	mg/kg	62,1	0,16

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA





**INFORME DE ENSAYOS N° 2720-2023**  
**PÁGINA 1 DE 2**

**SOLICITANTE** : GABRIEL ALARCON MORA  
**DIRECCIÓN** : AV. SEPULVEDA 837 - MARIANO MELGAR  
**PRODUCTO DECLARADO** : SUELO  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Polvo fino color café.  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : MSV-02  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha de muestreo: 06/06/2023 - Muestreado por: GAM  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 642 g aprox. para análisis FQ.  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En bolsa PET transparente con cierre hermético cerrada. A una temperatura de 20.7 °C.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO N°** : 0924-2023  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 06/06/2023

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	SUELO MSV-02	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	<0.2	<1.0	18.84633	mg/Kg
FQ	Al (Aluminio)	<0.2	<1.0	3534.17	mg/Kg
FQ	As (Arsénico)	<0.1	<0.5	54.43152	mg/Kg
FQ	B (Boro)	<0.1	<0.5	6.111	mg/Kg
FQ	Ba (Bario)	<0.2	<1.0	60.2271	mg/Kg
FQ	Be (Berilio)	<0.2	<1.0	0.20280	mg/Kg
FQ	Bi (Bismuto)	<0.1	<0.5	26.0666	mg/Kg
FQ	Ca (Calcio)	<0.2	<1.0	58136.98	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.05	<0.25	0.71043	mg/Kg
FQ	Ce (Cerio)	<0.05	<0.25	17.16272	mg/Kg
FQ	Co (Cobalto)	<0.05	<0.25	10.03701	mg/Kg
FQ	Cr (Cromo)	<0.15	<0.75	7.29314	mg/Kg
FQ	Cs (Cesio)	<0.01	<0.05	0.30669	mg/Kg
FQ	Cu (Cobre)	<0.05	<0.25	1579.805	mg/Kg
FQ	Fe (Hierro)	<0.3	<1.5	25202.0	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.05	<0.25	96.0253	mg/Kg
FQ	K (Potasio)	<0.01	<0.05	1352.19	mg/Kg
FQ	Li (Litio)	<0.01	<0.05	4.36808	mg/Kg
FQ	Mg (Magnesio)	<0.2	<1.0	6664.34	mg/Kg
FQ	Mn (Manganeso)	<0.2	<1.0	957.124	mg/Kg
FQ	Mo (Molibdeno)	<0.1	<0.5	1.4717	mg/Kg
FQ	Na (Sodio)	<0.01	<0.5	3066.44	mg/Kg
FQ	Ni (Niquel)	<0.1	<0.5	4.2177	mg/Kg
FQ	P (Fosforo)	<0.1	<0.5	618.78	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.02	<1.0	106.8324	mg/Kg
FQ	Sb (Antimonio)	<0.1	<0.5	3.1396	mg/Kg
FQ	Se (Selenio)	<0.1	<0.5	0.6953	mg/Kg
FQ	Si (Silicio)	<0.1	<0.5	880.85	mg/Kg
FQ	Sn (Estaño)	<0.1	<0.5	0.2431	mg/Kg
FQ	Sr (Estroncio)	<0.1	<0.5	158.9780	mg/Kg
FQ	Ti (Titanio)	<0.05	<0.25	15.6759	mg/Kg
FQ	Tl (Talio)	<0.05	<0.25	0.33711	mg/Kg
FQ	U (Uranio)	<0.05	<0.25	0.33240	mg/Kg
FQ	V (Vanadio)	<0.05	<0.25	26.0151	mg/Kg
FQ	Zn (Zinc)	<0.25	<0.2735	35.457	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : Digestión + EPA METHOD 8020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

OBSERVACIONES :

LC: Límite de cuantificación del método.

LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 06/06/2023 al 10/06/2023

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 12/05/2023



  
Bijo. Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico

Fin del informe

**SOLICITANTE** : GABRIEL ALARCON MORA  
**DIRECCIÓN** : AV. SEPULVEDA 837 - MARIANO MELGAR  
**PRODUCTO DECLARADO** : SUELO  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Polvo fino color café.  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : MSC-01  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha de muestreo: 06/06/2023 - Muestreado por: GAM  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 546 g aprox. para análisis FQ.  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En bolsa PET transparente con cierre hermético cerrada. A una temperatura de 20.7 °C.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO N°** : 0924-2023  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 06/06/2023

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso. No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	SUELO M3C-01	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	<0,2	<1,0	1,33473	mg/Kg
FQ	Al (Aluminio)	<0,2	<1,0	9038,07	mg/Kg
FQ	As (Arsénico)	<0,1	<0,5	16,69600	mg/Kg
FQ	B (Boro)	<0,1	<0,5	9,385	mg/Kg
FQ	Ba (Bario)	<0,2	<1,0	65,0672	mg/Kg
FQ	Be (Berilio)	<0,2	<1,0	0,20178	mg/Kg
FQ	Bi (Bismuto)	<0,1	<0,5	6,6982	mg/Kg
FQ	Ca (Calcio)	<0,2	<1,0	38282,75	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0,05	<0,25	0,55463	mg/Kg
FQ	Ce (Cerio)	<0,05	<0,25	17,30889	mg/Kg
FQ	Co (Cobalto)	<0,05	<0,25	22,19884	mg/Kg
FQ	Cr (Cromo)	<0,15	<0,75	7,30178	mg/Kg
FQ	Cs (Cesio)	<0,01	<0,05	1,31595	mg/Kg
FQ	Cu (Cobre)	<0,05	<0,25	212,108	mg/Kg
FQ	Fe (Hierro)	<0,3	<1,5	20025,94	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0,05	<0,25	0,3519	mg/Kg
FQ	K (Potasio)	<0,01	<0,05	1900,53	mg/Kg
FQ	Li (Litio)	<0,01	<0,05	9,12488	mg/Kg
FQ	Mg (Magnesio)	<0,2	<1,0	7900,10	mg/Kg
FQ	Mn (Manganeso)	<0,2	<1,0	511,500	mg/Kg
FQ	Mo (Molibdeno)	<0,1	<0,5	1,1732	mg/Kg
FQ	Na (Sodio)	<0,01	<0,5	1691,14	mg/Kg
FQ	Ni (Niquel)	<0,1	<0,5	7,7898	mg/Kg
FQ	P (Fosforo)	<0,1	<0,5	1363,22	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0,02	<1,0	49,7188	mg/Kg
FQ	Sb (Antimonio)	<0,1	<0,5	0,1173	mg/Kg
FQ	Se (Selenio)	<0,1	<0,5	0,9620	mg/Kg
FQ	Si (Silicio)	<0,1	<0,5	919,76	mg/Kg
FQ	Sn (Estaño)	<0,1	<0,5	0,1173	mg/Kg
FQ	Sr (Estroncio)	<0,1	<0,5	81,7697	mg/Kg
FQ	Ti (Titanio)	<0,05	<0,25	138,5509	mg/Kg
FQ	Tl (Talio)	<0,05	<0,25	0,05182	mg/Kg
FQ	U (Uranio)	<0,05	<0,25	0,51619	mg/Kg
FQ	V (Vanadio)	<0,05	<0,25	36,6262	mg/Kg
FQ	Zn (Zinc)	<0,25	<0,2735	42,703	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : Digestion + EPA METHOD 8020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

OBSERVACIONES :

LC: Límite de cuantificación del método.

LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 06/06/2023 al 10/06/2023

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 13/06/2023



  
**Bgo. Miguel Valdivia Martínez**  
 Gerente Técnico

Fin del Informe



**INFORME DE ENSAYOS N° 2915- 2023**

**PÁGINA 1 DE 2**

**SOLICITANTE** : GABRIELA PAOLA VELARDE ESPINOZA  
**DIRECCIÓN** : CALLE 17 DE ABRIL 105A CERRO COLORADO  
**PRODUCTO DECLARADO** : SUELO  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Polvo fino color café.  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : MS-01  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha de muestreo: 14/06/2023  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 412 g aprox. para análisis FQ.  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En bolsa PET transparente con cierre hermético cerrada. A una temperatura de 21.1 °C.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO N°** : 0995-2023  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14/06/2023

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

**Metales Totales por ICP-MS**

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	SUELO MS-01	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	<0.2	<1.0	1.35434	mg/Kg
FQ	Al (Aluminio)	<0.2	<1.0	8282.40	mg/Kg
FQ	As (Arsénico)	<0.1	<0.5	22.07851	mg/Kg
FQ	B (Boro)	<0.1	<0.5	2.893	mg/Kg
FQ	Ba (Bario)	<0.2	<1.0	55.0310	mg/Kg
FQ	Be (Berilio)	<0.2	<1.0	0.17665	mg/Kg
FQ	Bi (Bismuto)	<0.1	<0.5	4.5558	mg/Kg
FQ	Ca (Calcio)	<0.2	<1.0	33231.40	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.05	<0.25	0.73450	mg/Kg
FQ	Ce (Cerio)	<0.05	<0.25	14.32748	mg/Kg
FQ	Co (Cobalto)	<0.05	<0.25	15.23037	mg/Kg
FQ	Cr (Cromo)	<0.15	<0.75	8.28719	mg/Kg
FQ	Cs (Cesio)	<0.01	<0.05	0.88215	mg/Kg
FQ	Cu (Cobre)	<0.05	<0.25	292.459	mg/Kg
FQ	Fe (Hierro)	<0.3	<1.5	19059.9	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.05	<0.25	0.5711	mg/Kg
FQ	K (Potasio)	<0.01	<0.05	1650.63	mg/Kg
FQ	Lj (Litio)	<0.01	<0.05	8.56095	mg/Kg
FQ	Mg (Magnesio)	<0.2	<1.0	7308.88	mg/Kg
FQ	Mn (Manganeso)	<0.2	<1.0	465.083	mg/Kg
FQ	Mo (Molibdeno)	<0.1	<0.5	0.5091	mg/Kg
FQ	Na (Sodio)	<0.01	<0.5	732.44	mg/Kg
FQ	Ni (Niquel)	<0.1	<0.5	6.4876	mg/Kg
FQ	P (Fosforo)	<0.1	<0.5	1233.47	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.02	<1.0	75.1860	mg/Kg
FQ	Sb (Antimonio)	<0.1	<0.5	0.1240	mg/Kg
FQ	Se (Selenio)	<0.1	<0.5	0.7851	mg/Kg
FQ	Si (Silicio)	<0.1	<0.5	635.33	mg/Kg
FQ	Sn (Estaño)	<0.1	<0.5	0.0826	mg/Kg
FQ	Sr (Estroncio)	<0.1	<0.5	64.4421	mg/Kg
FQ	Ti (Titanio)	<0.05	<0.25	95.4442	mg/Kg
FQ	Tl (Talio)	<0.05	<0.25	0.11054	mg/Kg
FQ	U (Uranio)	<0.05	<0.25	0.36157	mg/Kg
FQ	V (Vanadio)	<0.05	<0.25	32.4380	mg/Kg
FQ	Zn (Zinc)	<0.25	<0.2735	49.587	mg/Kg

**ABREVIATURAS:**

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Metales Totales por ICP-MS

: Digestión + EPA METHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

**OBSERVACIONES :**

LC: Límite de cuantificación del método.

LD: Límite de detección del método.

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 14/06/2023 al 23/06/2023

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 23/06/2023



*[Firma]*  
Bgo. Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico

Fin del Informe

**SOLICITANTE** : GABRIELA PAOLA VELARDE ESPINOZA  
**DIRECCIÓN** : CALLE 17 DE ABRIL 105A CERRO COLORADO  
**PRODUCTO DECLARADO** : SUELO  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Polvo fino color café.  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : MS-02  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Fecha de muestreo: 14/06/2023  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 569 g aprox. para análisis FQ.  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En bolsa PET transparente con cierre hermético cerrada. A una temperatura de 21.1 °C.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO N°** : 0995-2023  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 14/06/2023

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

**Metales Totales por ICP-MS**

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	SUELO MS-02	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	<0.2	<1.0	11.37865	mg/Kg
FQ	Al (Aluminio)	<0.2	<1.0	3338.18	mg/Kg
FQ	As (Arsénico)	<0.1	<0.5	39.37016	mg/Kg
FQ	B (Boro)	<0.1	<0.5	2.041	mg/Kg
FQ	Ba (Bario)	<0.2	<1.0	51.3682	mg/Kg
FQ	Be (Berilio)	<0.2	<1.0	0.20167	mg/Kg
FQ	Bi (Bismuto)	<0.1	<0.5	14.0357	mg/Kg
FQ	Ca (Calcio)	<0.2	<1.0	44838.56	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.05	<0.25	0.63052	mg/Kg
FQ	Ce (Cerio)	<0.05	<0.25	17.30542	mg/Kg
FQ	Co (Cobalto)	<0.05	<0.25	7.62548	mg/Kg
FQ	Cr (Cromo)	<0.15	<0.75	4.63027	mg/Kg
FQ	Cs (Cesio)	<0.01	<0.05	0.58135	mg/Kg
FQ	Cu (Cobre)	<0.05	<0.25	1096.42	mg/Kg
FQ	Fe (Hierro)	<0.3	<1.5	17253.9	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.05	<0.25	37.7843	mg/Kg
FQ	K (Potasio)	<0.01	<0.05	1195.27	mg/Kg
FQ	Li (Litio)	<0.01	<0.05	4.58954	mg/Kg
FQ	Mg (Magnesio)	<0.2	<1.0	4597.92	mg/Kg
FQ	Mn (Manganeso)	<0.2	<1.0	647.104	mg/Kg
FQ	Mo (Molibdeno)	<0.1	<0.5	0.6177	mg/Kg
FQ	Na (Sodio)	<0.01	<0.5	2182.68	mg/Kg
FQ	Ni (Níquel)	<0.1	<0.5	3.9582	mg/Kg
FQ	P (Fosforo)	<0.1	<0.5	700.36	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.02	<1.0	78.2489	mg/Kg
FQ	Sb (Antimonio)	<0.1	<0.5	1.6703	mg/Kg
FQ	Se (Selenio)	<0.1	<0.5	0.8149	mg/Kg
FQ	Si (Silicio)	<0.1	<0.5	528.58	mg/Kg
FQ	Sn (Estaño)	<0.1	<0.5	0.0751	mg/Kg
FQ	Sr (Estroncio)	<0.1	<0.5	100.981	mg/Kg
FQ	Ti (Titanio)	<0.05	<0.25	7.0586	mg/Kg
FQ	Tl (Talio)	<0.05	<0.25	0.05120	mg/Kg
FQ	U (Uranio)	<0.05	<0.25	0.68757	mg/Kg
FQ	V (Vanadio)	<0.05	<0.25	25.0180	mg/Kg
FQ	Zn (Zinc)	<0.25	<0.2735	45.225	mg/Kg

**ABREVIATURAS:**

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Metales Totales por ICP-MS : Digestión + EPA METHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

**OBSERVACIONES :**

LC: Límite de cuantificación del método.

LD: Límite de detección del método.

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 14/06/2023 al 23/06/2023

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 23/06/2023



*[Signature]*  
**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio