



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la  
biorremediación de metales pesados en suelos contaminados  
con relaves mineros, Jangas – 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Toledo Gutierrez, Jhosmar Dari (orcid.org/0000-0002-5642-9573)

Tuesta Chacon, Dayana Asmeña (orcid.org/0000-0003-2793-5220)

**ASESOR:**

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (orcid.org/0000-0003-3536-881X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA - PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Agradezco a Dios por haberme otorgado unos padres maravillosos, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad, sacrificio y respeto; por otra parte, a mi hija y mi menor hermano por ser mi motivación, A todos ellos dedico el presente trabajo y espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

*Jhosmar Toledo*

A mi madre Maria Chacon por estar apoyándome siempre en cada paso y estar siempre a mi lado, por su amor incondicional por ser padre y madre para mi gracias por buscar la manera en cómo apoyarme y nunca negarme nada para poder culminar esta etapa universitaria. A mi abuelito que desde el cielo me guía siempre.

*Dayana Tuesta*

## **Agradecimiento**

En primer lugar, queremos agradecer a la Universidad César Vallejo por el apoyo dado, durante el contexto sanitario que atraviesa el país.

Al Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo nuestro asesor académico, por su comprensión, paciencia y orientación durante el proceso de desarrollo como profesionales.

Por último, a los maestros de la Universidad César Vallejo, quienes fueron marcando la diferencia con sus enseñanzas dentro de nuestra etapa universitaria.



**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, TUESTA CHACON DAYANA ASMEÑA, TOLEDO GUTIERREZ JHOSMAR DARI estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas - 2022

", 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>
DAYANA ASMEÑA TUESTA CHACON <b>DNI:</b> 73765815 <b>ORCID:</b> 0000-0003-2793-5220	Firmado electrónicamente por: DTUESTAC el 26-07-2022 17:37:35
JHOSMAR DARI TOLEDO GUTIERREZ <b>DNI:</b> 75921530 <b>ORCID:</b> 0000-0002-5642-9573	Firmado electrónicamente por: JTOLEDOG el 26-07-2022 17:39:40



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas - 2022

", cuyos autores son TUESTA CHACON DAYANA ASMEÑA, TOLEDO GUTIERREZ JHOSMAR DARI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 7.00%, 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, 25 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO <b>DNI:</b> 01066653 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3536-881X	Firmado electrónicamente por: JJAVEN el 25-07- 2022 16:30:11

Código documento Trilce: TRI - 0369531

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de autenticidad .....	iv
Declaratoria de originalidad .....	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.....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2. Variables y operacionalización .....	20
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis .....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
3.5. Procedimiento.....	23
3.6. Método de análisis de datos .....	42
3.7. Aspectos éticos.....	42
iv. RESULTADOS.....	43
v. DISCUSIÓN .....	63
vi. CONCLUSIONES .....	67
vii. RECOMENDACIONES .....	68
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS .....	76

## Índice de tablas

Tabla 1. Fases, tiempo y temperaturas del compostaje .....	11
Tabla 2. Fases y acción del compostaje en la biorremediación.....	12
Tabla 3. Taxonomía de la lombriz californiana ( <i>Eisenia Foetida</i> ) .....	15
Tabla 4. Morfología y fisiología de la <i>Eisenia Foetida</i> .....	16
Tabla 5. Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	22
Tabla 6. Puntos de muestreo, Distrito Jangas .....	25
Tabla 7. Acondicionamiento y aireación del compost.....	28
Tabla 8. Caracterización de suelo contaminado.....	29
Tabla 9. Determinación de densidad y porosidad.....	33
Tabla 10. Compostaje de <i>Cavia Porcellus</i> .....	35
Tabla 11. Compostaje de <i>Cavia Porcellus</i> más <i>Eisenia Foetida</i> .....	36
Tabla 12. Aplicación de (Sustrato + Estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + Suelo Contaminado).....	37
Tabla 13. Aplicación de (Sustrato + Estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + <i>Eisenia Foetida</i> + Suelo Contaminado).....	39
Tabla 14. Control de etapas de compostaje .....	40
Tabla 15. Clasificación de muestras.....	41
Tabla 16. Resultados de caracterización inicial del suelo.....	43
Tabla 17. Control del tratamiento M2SCEC .....	45
Tabla 18. Control del Tratamiento M3SCBF .....	46
Tabla 19. Resultados de metales pesados inicial .....	48
Tabla 20. Resultados de metales pesados del tratamiento (M2SCEC) .....	48
Tabla 21. Resultados de metales pesados del tratamiento (M3SCBF) .....	49
Tabla 22. Resultado de eficiencia del (Pb) .....	50
Tabla 23. Resultado de eficiencia del (As) .....	52
Tabla 24. Resultado de eficiencia del (Al) .....	54
Tabla 25. Resultado de eficiencia del (Sb) .....	56
Tabla 26. Resultado de eficiencia del (Fe) .....	58
Tabla 27. Resultado de eficiencia del (K) .....	59
Tabla 28. Resultado de eficiencia del (Ag) .....	61
Tabla 29. Control de porosidad y densidad del compost.....	62
Tabla 30. Control de porosidad y densidad del compost + <i>Eisenia Foetida</i> .....	62

## Índice de figuras

Figura 1. Factores que influyen en el compostaje .....	9
Figura 2. Fases de compostaje .....	11
Figura 3. Factores de la bacteria en la biorremediación.....	13
Figura 4. Pirámide textual del suelo .....	13
Figura 5. Clasificación estructural del suelo .....	14
Figura 6. Clasificación de porosidad .....	14
Figura 7. Mapa del distrito de Jangas .....	24
Figura 8. Excavación de muestra y medición de pH.....	25
Figura 9. Inciso de la muestra y medición de niveles .....	26
Figura 10.Extracción de muestra, cribado y sellado de muestra .....	26
Figura 11.Etiquetado y sellado .....	27
Figura 12.Estírcol de <i>Cavia Porcellus</i> .....	27
Figura 13.Pegajosidad y plasticidad.....	30
Figura 14.Consistencia y aplicación de consistencia .....	30
Figura 15.Consistencia seco y concisión de suelo .....	31
Figura 16.Estructura del suelo contaminado .....	31
Figura 17.Formación textual del suelo.....	32
Figura 18.Determinación de densidad y porosidad .....	33
Figura 19.Determinación de temperatura y pH .....	35
Figura 20.Mezcla del compostaje y tratamientos (M2SCEC) .....	38
Figura 21.Mezcla de compostaje más <i>Eisenia Foetida</i> -tratamiento (M3SCBF)....	40
Figura 22.Control de etapas de compostaje.....	41
Figura 23.Gráfico de niveles de temperatura y de niveles de pH (M2SCEC) .....	45
Figura 24.Niveles de temperatura y pH por periodo (M3SCBF) .....	47
Figura 25.Eficiencia de tratamientos (Pb).....	51
Figura 26.Eficiencia del tratamiento (As).....	53
Figura 27.Eficiencia del tratamiento (Al).....	55
Figura 28.Eficiencia del tratamiento (Sb) .....	56
Figura 29.Eficiencia del tratamiento (Fe).....	58
Figura 30.Eficiencia del tratamiento (K) .....	60



Figura 31.Eficiencia del tratamiento (Ag) .....	61
---	----

## Resumen

La presente investigación propuso utilizar la técnica de biorremediación de suelos contaminados empleando el compost de estiércol de *Cavia Porcellus* para reducir las concentraciones de los metales pesados. Por ello se tuvo como objetivo evaluar la influencia del compost de estiércol de *Cavia Porcellus* en la biorremediación de metales pesados en el distrito de Jangas - 2022. La metodología se basó en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño experimental. Se estableció 3 tratamientos que indicaron la preparación del compostaje en sustrato, distintas cantidades estiércol de *Cavia Porcellus*, suelo contaminado y *Eisenia Foetida*. En los resultados se demostró la eficiencia del proceso de biorremediación por compostaje. Así mismo el metal pesado que tuvo una menor eficiencia con el tratamiento del compostaje fue el Fe con un 18.88%. Por otro lado, el que dio una mayor efectividad fue el Al con un 94.48%. Finalmente, se concluye que el tratamiento del compostaje más el agregado de *Eisenia foetida* fue efectivo ya que favorece al proceso de biorremediación al actuar como sustrato y logró que el suelo contaminado baje sus concentraciones de metales pesados.

**Palabras Clave:** Biorremediación, compostaje, relave minero, metales pesados.

## Abstract

The present investigation proposed to use the bioremediation technique of contaminated soils using *Cavia Porcellus* manure compost to reduce the concentrations of heavy metals. Therefore, the objective was to delimit the effectiveness of *Cavia porcellus* manure compost in the bioremediation of heavy metals in the district of Jangas - 2022. An applied methodology was proposed with a quantitative approach to experimental. Three methods were established that indicate the preparation of composting in substrate, different quantities of *Cavia Porcellus* manure, contaminated soil and earthworm (*Eisenia Foetida*). In the results the efficiency of the bioremediation process with composting was demonstrated. Likewise, the heavy metal that had a lower efficiency with the composting treatment was Fe with 18.88 %. On the other hand, the one that gave a greater effectiveness was the Al with 94.48% efficiency. Finally, the composting treatment plus the addition of *Eisenia Foetida* was the most effective since it favors the biodegradation process by acting as a substrate and managed to make the contaminated soil lower its heavy metal concentrations.

**Keywords:** Bioremediation, composting, mining tailings, heavy meta

## i. INTRODUCCIÓN

En los últimos años no se ha tomado conciencia en torno al medio ambiente por ello se ha evidenciado un incremento notable en los controles sobre los metales pesados que están presentes en el distrito de Jangas, debido al grado de peligrosidad de estos residuos ya su desbordado aumento y persistencia en las fuentes de contaminación del suelo. Los impactos ambientales generalmente son ocasionados por la explotación minera se ha incrementado de sobre manera, los daños hacia los ecosistemas y la salud de la población que viven en los alrededores de la mina causados sobre todo de la mala gestión ambiental, llegando a concretarse el incumplimiento de los planes de salida, logrando la destrucción y deterioro de los ecosistemas. Entre las fuentes de contaminación principalmente de metales pesados se encuentra: la minería constituye una amenaza a la supervivencia de la agricultura debido a la contaminación y destrucción de los ecosistemas existentes. La contaminación de los suelos presentes en el distrito de Jangas están ocasionados por metales pesados ha ido incrementado en la última década en las cuales los principales contaminantes son generados por (Pb As, Sb, Fe, Al, K, y Ag) que afecta directamente a la población.

Así mismo, Zárate, R. (2019) indicó el mejoramiento del compostaje por medio del aumento de estiércol de vacuno y cuy para la reducción de la densidad de metales pesados en el CEPASC, tuvo como finalidad restablecer el compostaje en la reducción de metales pesados. Esto quiere decir que mediante el compostaje del estiércol de vacuno y cuy se reduce la densidad de metales pesados en la contaminación de suelos.

En la investigación se planteó como **problema general** : ¿De qué manera el compost de la *Cavia porcellus* en la biorremediación puede aminorar la contaminación de metales pesados en el distrito de Jangas? y como **problemas específicos** : ¿De qué manera el compost de la *Cavia porcellus* ayudará a reducir la contaminación de metales pesados en el distrito de Jangas - 2022? , ¿Cuál es la obtención adecuada de compost para disminuir la contaminación de suelos en el

distrito de Jangas - 2022? y ¿Cuál es la eficiencia de la biorremediación en la descontaminación de metales pesados en el distrito de Jangas - 2022?

La **justificación** de la presente investigación se basa en biorremediar suelos contaminados con relaves mineros que contengan elevadas concentraciones de metales pesados, por medio del tratamiento del compostaje se evaluará las concentraciones antes y después del tratamiento, consiste en aplicar compost preparado con estiércol animal *Cavia Porcellus* molido a fin de su pronta descomposición, el sustrato elaborado por cáscaras de vegetales y frutos agregando lombrices de tierra en un periodo prolongado será aprovechado por medio del compostaje para determinar su eficiencia al reducir sus concentraciones de estos metales. En el aspecto ambiental se va a realizar la biorremediación con compost de estiércol de *Cavia Porcellus* debido a su elevado contenido en materia orgánica, incrementando su técnica para detener el agua y progresando su uso, que resultará posible que el suelo contaminado reduzca sus concentraciones. En relación al aspecto económico es accesible encontrar el compost de estiércol del *Cavia Porcellus* a un buen precio y estudios demuestran lo eficaz que es en la reducción de los metales pesados en un suelo contaminado. En el aspecto social se busca generar conocimiento a la población de lo importante que es la biorremediación utilizando el tratamiento del compostaje del estiércol de *Cavia porcellus* y así poder contribuir nuevas enseñanzas en la ingeniería ambiental.

Por consiguiente, se plantea como **objetivo general** evaluar la influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en el distrito de Jangas - 2022, y como **objetivos específicos** estatuir concentraciones de contaminantes en la biorremediación del suelo contaminado por relaves mineros a través del compost de estiércol de la *Cavia Porcellus* en el distrito de Jangas - 2022, delimitar parámetros asociados en la obtención del compost idóneo para la biorremediación de contaminantes en suelos con relave minero, en el distrito de Jangas - 2022 e identificar la eficacia de la biorremediación de metales pesados en la contaminación de suelos por relave minero, en el distrito de Jangas - 2022.

Se planteó como **hipótesis general** , el compost de estiércol de *Cavia porcellus* minimiza la contaminación de metales en los suelos poluidos por los relaves mineros en el distrito de Jangas – 2022 , y como **hipótesis específicas**, mediante el compost la biorremediación disminuye la concentración de contaminantes asociados al relave minero, llegaran a estar por debajo de los ECA de suelos en el distrito de Jangas - 2022 , las características del compost idóneo sería asociado en la obtención orgánica ideal para la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados, relacionándose con indicadores de pH, la temperatura y humedad, en el distrito de Jangas - 2022 y se alcanzaría valores altos de eficiencia (superior a 75%) aplicando la biorremediación de sueloscontaminados por metales pesados.

## ii. MARCO TEÓRICO:

Se revisó artículos, libros, revistas y proyectos de diversos autores para el desarrollo de la investigación, se acotó autores nacionales e internacionales con el fin de autenticar y correlacionar el presente trabajo. Así mismo, según Alcántara (2019), el potencial de maleza del *Cavia porcellus* para remediar contaminación con hidrocarburos de petróleo fue la determinación del efecto que posee el estiércol de *Cavia porcellus* para la aplicación y uso potencial para minimizar el impacto de contaminación por hidrocarburos de petróleo. Demostraron que, al incrementar el potencial de las malezas, observaron un crecimiento de áreas verdes en las zonas remediadas con el estiércol de cuy. Así mismo se puede determinar que el efecto del estiércol de *Cavia porcellus* es eficiente en la remediación de suelos contaminados (p.57).

El tratamiento de pasivos ambientales indicó Cuba & Contreras, (2021), para biorremediar suelos contaminados por cadmio y plomo con el compostaje, mencionaron encontrar tecnologías para una eficiente biorremediación en la contaminación de suelos, usaron métodos de compostaje, agregaron sustratos, por ello los resultados finales fueron que el tratamiento por compostaje fue altamente eficiente en el tratamiento y biorremediación de suelos contaminados por cadmio y plomo (p.85).

Por lo tanto, podemos decir que el vermicompostaje es eficiente para la descontaminación de (cd) y (pb) en los suelos, aumentando su fiabilidad usando sustratos.

En metales tóxicos y sus tratamientos de biorremediación, Vásquez, (2018) indicó tratar los suelos contaminados con la producción de compostaje y a través de lombrices de tierra. El tratamiento consistió en introducir M.O para la producción de compost, así mismo trataron y removieron el suelo contaminado con el compost y a su vez introdujeron lombrices de tierra para que actúen en la descontaminación del suelo contaminado. Finalmente llegaron a los resultados del T1 (compost) y T2 (compost con lombrices), donde el T1 redujo un 42% de contaminantes y el T2 redujo hasta un 72% de los contaminantes tóxicos en los suelos (p.59-112).

Asimismo, notamos la eficacia del compost en la reducción de contaminantes en los suelos y la eficiencia de las lombrices para la efectividad del tratamiento, aumentando este mismo con la incorporación de materia orgánica en el tratamiento.

Se estudió la eficiencia del compostaje para tratar metales con heces de animal de la contaminación de relaves mineros. (p. 20). El compost de estiércol de animal ha reducido los niveles de contaminación de los metales presentes en las viviendas aldeanas que se encuentran en los alrededores de los centros de contaminación. Mencionando la eficiencia del compost de estiércol de animal para el tratamiento. Hormaza, (2020)

El tratamiento de compost de Stevia y biorremediación para recuperar suelos degradados por metales pesados emplean la aplicación de la técnica de biorremediación utilizando plantas con fines de observación y da una eficacia en las mejoras orgánicas, utilizando maíz y girasoles como vegetación de biorremediación (p.79).

Se determinó la eficiencia y mejoras en la técnica de la biorremediación al implementar plantas utilizando el maíz y el girasol. Munive, (2018)

Vilca (2016) utilizó biocatalizadores naturales para producir compost de calidad que se aplica a sustratos de origen animal y vegetal, es una buena opción para los agricultores utilizar este tratamiento orientada a reducir estos residuos en un beneficio que se utiliza para restaurar la fertilidad de suelos agrícolas. De la misma forma Álvarez, (2017) mencionó que para el tratamiento de suelos contaminados es necesario utilizar biocatalizadores o sustratos que nos ayuden a potenciar el desarrollo de materia orgánica, es una alternativa la evaluación del tratamiento de suelos con superficie media mediante el uso de biorremediación como coagulante orgánico en la reducción de parámetros físico químicos en la superficie media del distrito Bermejo Uruguay 2017 (p.69).



La utilización de los desechos de animales como coagulantes para la biorremediación ayudan de manera eficiente para la disminución de parámetros fisicoquímicos en los suelos contaminados.

Por lo tanto, la aplicación de sustratos de origen animal o vegetal potencian la productividad del compost y su calidad, siendo utilizados como biocatalizadores naturales siendo un beneficio para la agricultura y la fertilidad de los suelos.

Villacrés, (2017) determinó la eficacia de un coagulante a base de heces de animales para tratar suelos contaminados por petróleo, es una buena opción para la disminución de contaminantes en los suelos contaminados mediante las heces de animales ya que estudios previos lograron la reducción de la contaminación de suelos por hidrocarburos (p.63).

Concluyendo y dando a conocer la eficacia de las heces de animales como coagulante, resultando como una alternativa para la reducir el impacto de contaminación de suelos.

Barreros, (2017) determinó la medición de la descomposición del abono de cuy y controlar el efecto (carbono/nitrógeno), se obtuvo un fertilizante orgánico, sin exposición de ataque de plagas y enfermedades a las plantas que lo utilizan, pero contribuye a una cosecha limpia, libre de patógenos que puedan afectar el estómago. con fertilizantes orgánicos que se hayan descompuesto adecuadamente pueden causar trastornos intestinales (p.92).

Se manifiesta la fiabilidad de la descomposición del abono de *Cavia porcellus* para la utilizar en suelos agrícolas.

Fernández, (2016) determinó la biodegradación a través de las heces de equino y humus para tratar suelos contaminados con petróleo, por ello se realizó un monitoreo de para poder reducir los contaminantes totales de petróleo. Además, se realizó análisis de varianza para un diseño aleatorizado de bloque completo, estableciendo comparaciones de medidas mediante las pruebas en las cuales

redujo el nivel de contaminación en los suelos (p.68). De la misma forma, Pascal (2020) indicó que la biodegradación mediante los microorganismos provenientes de las heces de *Cavia Porcellus* para reducir contaminantes de petróleo, usó una cierta cantidad de estiércol de cuy mediante la aplicación de biorreactores para lograr finalmente durante 7 días el hallazgo de los microorganismos alejados que muestra un potencial a la técnica de biodegradación del petróleo (p.61).

El desecho de equino y el humus líquido en la biorremediación ayuda a disminuir los contaminantes en los suelos una vez tratados, siendo fundamental en el proceso eficiente.

Por otra parte, según Layme (2021) mencionó que en la aplicación de enmiendas se logró reducir metales pesados mediante la absorción, indicó que debido a la aplicación de biocarbón mediante el estiércol de distintos animales puede variar los resultados debido a la variación de pH que puede presentar dicho suelo contaminado por ello se tiene que realizar un buen control sobre las condiciones ambientales del suelo. De la misma forma ZHOU & WEI (2017) obtuvo que todas las enmiendas alcanzaron una disminución en los metales pesados, los agregados de Compostaje y lodo rojo lograron el mayor % de reducción de metales pesados. Finalmente se puede utilizar ya que estudios previos determinan lo eficiente que es el tratamiento y económico.

El estiércol de animales sirve para la adsorción de metales pesados y poder tratarlo como descontaminante natural en condiciones de suelos y ambientales.

Sin embargo, Díaz (2017) indicó que preparó el compostaje empleando agregados de 40% de residuos rurales orgánicos y 40% de estiércol de *cavia porcellus*. Por último, el compostaje alcanzado se le caracterizó fisicoquímicamente para que se hallen en los parámetros establecidos por la norma de fertilizantes rurales. De la misma forma Pérez (2018) indicó que el compostaje de estiércol de oveja y gallinaza fue un desarrollo en la dirección agronómica de estiércol por medio del procedimiento de compost con desechos provenientes de la vida como estructurante. Se concluye que ocurrió una reducción en un sitio contaminado.

Así mismo, Asunción (2021) determinó que los microorganismos logran disminuir cantidades de metales tóxicos en sedimentos contaminados Finalmente se indica que debido a las técnicas de biorremediación se puede reducir contaminantes tóxicos usando los microorganismos.

Barbaran (2017) indicó que logró disminuir las grandes concentraciones de Cr empleando la técnica de compost utilizando la lombriz *Eisenia foetida*. De la misma forma, Zapata (2017) nos dice que en los efectos de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), se logró determinar que las lombrices se alimentan de la M.O accesible en el suelo, motivando el desarrollo de los microorganismos en los procedimientos correspondientes, logrando así la calidad del suelo. Por otro lado, Mosquera (2016) mencionó que el uso combinado de lombriz roja californiana y compostaje son una elección competente para la biorremediación de suelos contaminados. Similarmente, Rojas (2021) determinó el desarrollo de lombrices, controlando la temperatura, pH y humedad. Finalmente indicó que la lombriz *Eisenia foetida* es eficaz en la remoción de los metales pesados presentes.

Sin embargo, Cruz (2022) determinó que las estrategias de biorremediación utilizando los procedimientos de compostaje y vermicompostaje son eficientes debido a la cantidad de materia orgánica que poseen y tiene la capacidad de retención del agua lo cual logra reducir las concentraciones de los metales pesados. De la misma forma, Molocho (2016), demostró que la técnica de la biorremediación es eficaz en biorremediar suelos contaminados con hidrocarburos o con otro elemento tóxico.

**El estiércol de cuy** para biodegradar el petróleo mediante biorreactores, tuvo un grado de satisfacción alto, en la cual se potencia la técnica al aplicarlo con microorganismos eficientes para el tratamiento.

Por otra parte, los usos que se le puede dar al **estiércol** de animales son ilimitado, ya que cuenta con diversos mecanismos y tratamientos para minimizar el impacto de contaminación en suelos. Según Ayala, (2019) mencionó en reducir la contaminación de residuos aceitosos con la biorremediación del estiércol de animal.

Se pudo precipitar la duración de análisis del fertilizante del cual mediante el estudio de los residuos con el fin de que se convierta en un abono económico para ser aplicado a los suelos agrícolas (p.72)

Se desarrolló la **efectividad del estiércol** en la biorremediación como descontaminante económico para suelos agrícolas en el tratamiento de residuos de aceites de vehículos. Por consiguiente, según Flores (2017) en la aplicación de la biorremediación con heces de cuy, porcino y vacuno para tratar suelos contaminados, mencionó que gracias al compostaje del estiércol de los animales mencionados lograron reducir el suelo contaminado provocado por los hidrocarburos y también es un método efectivo y de muy bajo costo ya que no implica muchos gastos en equipo, dándole un valor agregado a los residuos.

El valor agregado como los **sustratos** potencian la biorremediación con mayor efecto el estiércol de cuy, sin embargo, el estiércol de porcino y de vacuno son catalizadores como descontaminantes de hidrocarburos. El estiércol de cuy es un descontaminante más efectivo y con bajo costo para la biorremediación.

El **compost** es un proceso de conversión natural de desechos orgánicos a través de un proceso de oxidación biológica (**Figura 1**) que lo convierte en compost rico en nutrientes y se utiliza para fertilizar el suelo (Pueyrredón,2020)



*Figura 1. Factores que influyen en el compostaje*

Las adiciones de enmiendas se usan para reducir la solubilidad y biodisponibilidad de nutrientes y micro elementos en los suelos. El estudio de tipos

de material orgánico de diferentes desechos como fuente de material orgánico al suelo es un procedimiento común para establecer las propiedades del suelo y podría ser una visión más ecológica y productiva para proteger grandes áreas con niveles moderados de contaminación. (Madejón, 2016)

Es el punto de partida la **fase de mesófitas** donde el material comienza el proceso de compostaje en la cual la temperatura oscila entre 10 °C mínimo y 40 °C máximo. El aumento se debe a la actividad de los microorganismos presentes, en esta fase se utilizan fuentes como carbonados y nitrogenados presentes. Esta descomposición genera ácidos orgánicos, en consecuencia, el pH puede llegar a un mínimo de 4.0 o 4.5. Este proceso tiene una durabilidad de 7 a 10 días hábiles (Quevedo, 2017).

Si en caso el material llega a sobrepasar temperaturas de 40 °C (**Tabla 1**) a más la fase se llama **termófila**, llegan a reemplazar los microorganismos que se desarrollaron en medianas temperaturas con los que crecen en mayores temperaturas. (microorganismos mesófilos por bacterias termófilas) generando mayor degradación en fuentes con carbonatos, se adquiere que los microorganismos actúan sobre los nitrógenos y los transforman en amoníaco. (Alcántara, 2020).

Una vez que las fuentes de carbonos y nitrógenos se consumen o se agotan en el compost, comienza a descender la temperatura hasta la fase inicial en la cual se llega a la fase de enfriamiento o mesófitas II (**Tabla 1**), en esta fase la degradación continua, sin embargo, ya aparecen nuevos microorganismos como los hongos visibles, manteniéndose el pH alcalino bajo. (Alcantara,2020).

La **fase de maduración (Figura 2)** o proceso en la cual su durabilidad es de varias semanas en temperatura ambiente en las cuales como acciones secundarias puede tener reacciones de condensación o polimerización para los carbonados (Morad, 2008).



Figura 2. Fases de compostaje

El estiércol de *Cavia porcellus* es fundamental como abono ya que tiene un empleo acertado entre las mejores propuestas que presenta la mejor caracterización al suelo, agregándole nutrientes, condiciones estructurales y texturales.

Tabla 1. Fases, tiempo y temperaturas del compostaje

Fases del compostaje	Duración	Temperaturas
Mesófila	5 días a 7 días	T. Ambiente a 40 °C
Termófila	7 días a 15 días	40°C a 60°C
Enfriamiento	15 días a 30 días	40°C a Ambiente
Maduración	30 días a mas	Ambiente

Fuente: Datos tomados de Alcántara (2018)

La **biorremediación** y sus etapas (**Tabla 2**) es un proceso de mineralización, este proceso sirve para establecer lodos residuales de los que se extrae el humus como producto que mejora las propiedades físicas de un suelo (HAGH, 2017).

Tabla 2. Fases y acción del compostaje en la biorremediación

Fases de compostaje	Componentes/Acción
Mesófila	Bacterias/ Degradación de carbohidratos y aminoácidos
Termófila	Hongos, actinomicetos, mesofauna/ Formación de ácidos húmicos
Enfriamiento	Bacterias /Degradación de polímeros
Madurez	Compost estable y maduro

Fuente: Datos tomados de HAGH (2017)

La **tecnología de biorremediación** en los suelos incluye superficies complejas y la micro precipitación como posibles soluciones para el procedimiento de los metales pesados. Los microorganismos que se utilizan como biosorbentes puesto que se conservan los metales pesados en espacios de períodos reducidos cuando entran en relación con soluciones metálicas, esto reduce los valores en el desarrollo de restauración, ya que no se requiere aporte de nutrientes al sistema. (Rajendran, 2003).

La **biorremediación** también se aplica mediante biopilas, técnica que apila un suelo contaminado, ayuda en la eficiencia microbiana, agrega H<sub>2</sub>O a una temperatura ambiente de más de 15 ° C. La recuperación de suelos se da en áreas que están en desarrollo de desertificación, en las que se ha dañado el ecosistema y existen desarrollos de segmentación.

El muestreo en el **suelo** se procede a realizar mediante un muestreo de control de rehabilitación. Para zonas regularmente contaminadas. Obtiene una estructura de un rectángulo con un número de muestras correspondientes a la zona de muestreo.

Es un **desarrollo biológico (Figura 3)** controlado en el que los contaminantes orgánicos se biodegradan y mineralizan. El desarrollo radica en amontonarse con el suelo contaminado y establecer la eficacia microbiana, añadiendo nutrientes y humedad. (Iturbe, 2001).

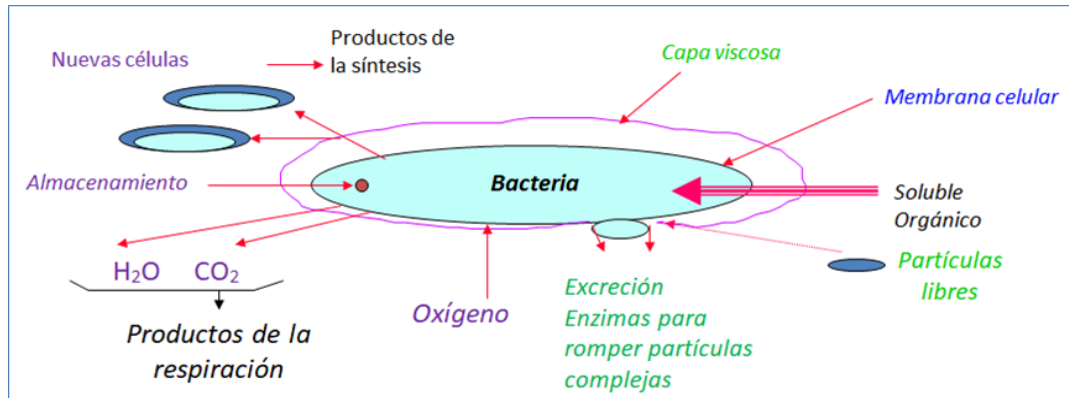


Figura 3. Factores de la bacteria en la biorremediación

La cantidad **textual** de arena, limo y arcilla (**Figura 4**) que se encuentra en el suelo. La textura es una propiedad que afecta a la propiedades físicas y químicas del suelo.

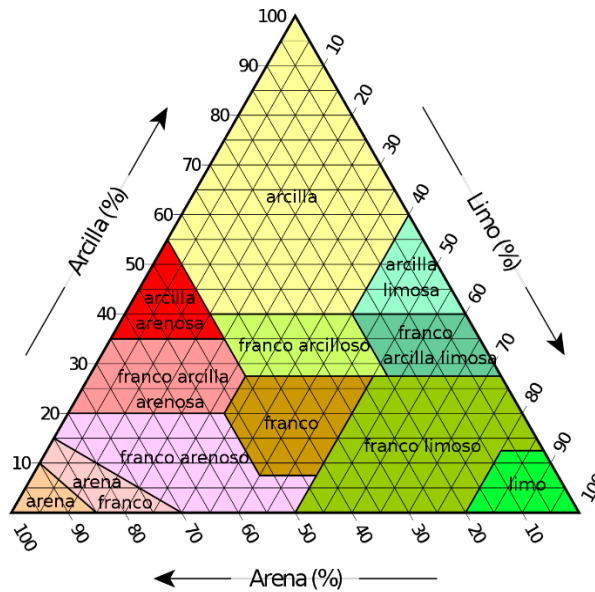
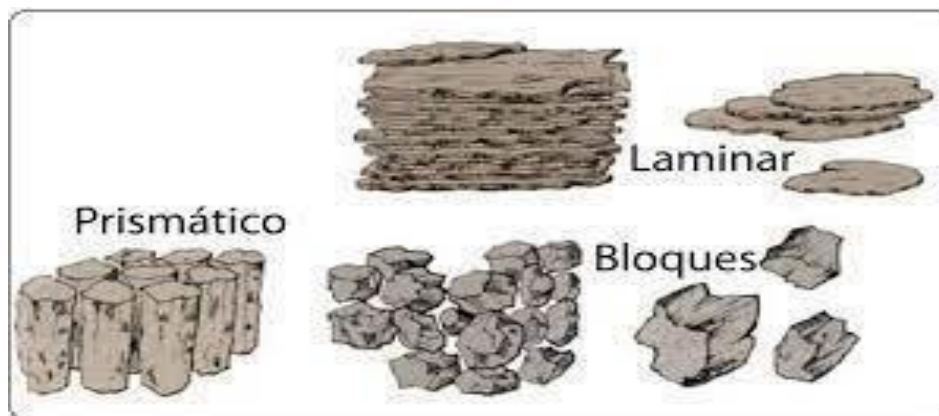


Figura 4. Pirámide textural del suelo

El **suelo** viene a ser parte del área superficial de la corteza en la cual por generaciones está constituida por la erosión de los residuos de las rocas, provocando diversas alteraciones en parámetros químicos, físicos y en la MO de las diversas actividades de la superficie terrestre.

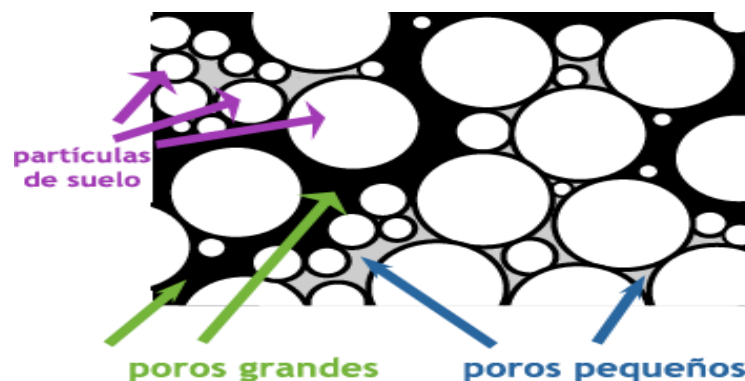


Se establece por la **estructura** en que se conglomeran los fragmentos particulares de arena, limo y arcilla (**Figura 5**). Se llega a formar mediante los agregados y resulta la unión de arena, limo y arcilla. Debido en que se conglomeran los fragmentos particulares. Finalmente, lo que se caracteriza en la estructura es cuando está seco y húmedo así se lograra ver las características que se pueda presentar.



*Figura 5. Clasificación estructural del suelo*

La **porosidad** indica el porcentaje del volumen del suelo que no está ocupado por sólidos (**Figura 6**). Se define por el número de vacíos presentes para ese volumen total. Indica el porcentaje del volumen del suelo que no está tomado por sólidos. Finalmente, uno de las mejoras de la porosidad que se pueda presentar en el suelo es que incrementa la cubierta de los suelos, es beneficioso en el crecimiento de la cubierta vegetal.



*Figura 6. Clasificación de porosidad*

Agregando la participación en nutritivos proveniente por la mezcla del compost, en ambiente contaminado produce impactos amplios con respecto a la comunidad microbiana.

El suelo cuenta con dos **densidades** una de ellas es la densidad real y densidad aparente que indica el volumen de poros del suelo. Finalmente, para poder hallar la densidad se necesita obtener la porosidad en global del suelo.

Por otra parte, el vermicompostaje es un desarrollo porque se fundamenta desde la variación por la sustancia orgánica por medio del acto descomponedor de las lombrices ***Eisenia Foetida***, por medio del sistema digestivo, interrumpen los residuos quitando un rendimiento permanente, nombrado vermicompost.

Asimismo, mediante investigaciones realizadas se redacta que la **lombriz roja californiana (Tabla 3)** es una de las principales especies utilizadas para la vermicultura, no obstante, son componentes de un ecosistema terrestres por la cantidad de abono orgánico que produce enriqueciendo los suelos, con una capacidad de ingerir M.O similar a su propio peso y llegar a reproducirle de 7 a 10 ya que cada lombriz cuenta con sistema reproductor femenino y masculino, produciendo entre 2 a 21 lombrices.

*Tabla 3. Taxonomía de la lombriz californiana (Eisenia foetida)*

<b>Taxonomía de la lombriz de tierra (californiana)</b>	
Reino	Animal
División	Anélidos
Clase	Clitelados
Género	Eisenia
Especie	Foetida
Familia	Lombricidos

*Fuente: Elaboración propia*

Un procedimiento de **compostaje**, es el vermicompostaje aprovecha los residuos orgánicos para la capacidad degradativa de las lombrices *Eisenia foetida*.

Ayuda a disminuir relativamente la cantidad de residuos orgánicos domésticos y a transformarlos en abono para nuestras plantas.

En la digestión de las **lombrices californianas** dividen los iones de metales pesados. La *Eisenia foetida* (**Tabla 4**) como biorremediador puede cambiar las propiedades fisicoquímicas en el suelo, por otra parte, tienen la capacidad de mineralizar los contaminantes (Monard, 2008).

*Tabla 4. Morfología y fisiología de la Eisenia foetida*

<b>Características</b>	<b>Atributo</b>
Color	Rojo pardo
Tamaño(cm)	8 - 10
Peso adulto(gr)	1.5 – 2.3
Reproducción	Muy alta
Capsulas, capullos o cocones	1 cada 7 días
Numero de lombrices	De 6 a 8
Ciclo de vida	90 a 150 días
Adaptabilidad	De 0 a 4000 msnm
Voracidad	Alta

*Fuente: Elaboración propia*

La abundancia de **residuos orgánicos** que se genera es muy alta, alrededor de 25 millones de toneladas por año. Alrededor del 20% de los residuos se pueden tratar, mientras que el 80% restante consiste en residuos difíciles de separar o más complejos. Estos últimos, son enviados a un vertedero moderado por no ser aptos para su reciclaje o tratamiento. Para prevenir que la mayoría de dichos residuos acaben en vertederos, se indaga una forma de tramitarlos para poder beneficiarse de ellos, el denominado reciclaje de residuos. Los residuos orgánicos son residuos biodegradables de origen vegetal o animal, susceptibles de degradación biológica generada en el medio doméstico y comercial. La fracción orgánica se compone principalmente de residuos de alimentos y huertos que se producen a diario en el hogar y en los comercios.

La biorremediación se ha adaptado en una opción favorable a los procedimientos físico-químicas en restauración por agregados que desechan un delimitado sitio, colabora un instrumento que facilita recuperar sedimentos contaminados debido a la actividad de la mina, disminuyendo contaminantes sin dañar el medioambiente. (Mosquera Córdoba, 2016)

Es un método en el cual se elaboran los microorganismos como microbios, protozoos y mohos, se responsabiliza en destituir agregados venenosos. Existiendo el vermicompostaje el procedimiento como procede la lombriz *Eisenia foetida*, postergando la sustancia orgánica al digerir, los organismos efectúan la eficacia en detoxificar los desechos orgánicos contaminados. (Córdoba, 2016).

El enfoque por la  **biorremediación mediante el compost**  se lleva a cabo desde la preparación y mezcla por la composición del procedimiento del compost (magnitud y componentes de los nutrientes) del sedimento contaminado desde la finalidad que establezca el compost maduro en los agentes son limitados en la microflora que se sitúa efectiva en el compost.

En los  **metales pesados** , El compostaje es habitualmente insertado en sedimentos contaminados de origen fundamental en materias de humus apropiadas en disminuir valores disponibles de los metales como resultado logra durante los crecimientos de la determinación en el pH.

La disposición en  **concentraciones nocivas**  en los suelos representa un tipo especial de degradación llamado contaminación. Los elementos de origen geogénico provienen del lecho rocoso, la actividad volcánica o la lixiviación de mineralización.

La  **minería**  descuidada mantiene una prolongada categoría de efectos medioambientales y socioeconómicos, puesto que la mina incrementa un periodo limitado, se sustrae los recursos no renovables del suelo, produciéndose una variación irreparable a nuestro ecosistema. Una muestra es el daño al suelo productivo, es decir sepultar residuos tóxicos que genera la mina o por la erosión de suelo que se puede presentar o contaminación directa al suelo.

En el instante cuando los **metales pesados** en el sedimento igualan los (LMP) crean consecuencias en impedir el desarrollo vegetal, así como la pérdida microbiana del suelo. Es decir, los metales pesados incluidos al sedimento logran estudiar 4 distintas direcciones: logran permanecer detenidos en el sedimento, es decir diluidos al periodo agudo del sedimento, establecen lugares de cambios detenidos además de constitutivos inorgánicos del sedimento, logran ser retenidos durante la cubierta vegetal tal cual, agregando a las secuencias, desplazan los fluidos triviales. A fin de interpretar la conducta en los metales pesados en sedimentos y evitar peligros venenosos.

Por consiguiente, el Pb determinó en mantenerse por estructuras indisolubles en los estratos triviales del sedimento. El pH elevado en el plomo logra acelerar el OH, PO<sub>4</sub> y C, el pH bajo tiene una solubilidad muy lenta. La disposición del plomo en el estado sólido del sedimento requiere fundamentalmente del pH. La sustancia orgánica se presenta en el estado sólido de más dominio en el desarrollo de adsorción de este elemento. Así mismo el pH se utiliza para lograr la medición del grado de la alcalinidad de una sustancia y poder delimitar la densidad del H en una disolución. Finalmente es importante para poder evaluar si una sustancia es alcalina o neutra ya que tiene una escala de medición del 1 al 14. Por otra parte, la temperatura se define como el tamaño que determina la energía de calor o frío promedio que presenta un cuerpo debido a que se requiere de la rapidez y la masa de cada una de sus partículas.

Asimismo, El Cd es el elemento mayor inestable que el Pb y Cu, adecuado en su pérdida de semejanza debido a sus estructuras de adsorción. Las estructuras mayor frecuencia de cadmio son disolubles en el estado sólido del sedimento previniendo la aceleración. Generalmente la adsorción del cadmio se incrementa a disposición que se eleva el pH, por ello son la disposición en sustancia orgánica y del estado homogéneo del sedimento ya que realizan considerablemente.

Por otra parte, la **utilización de residuos orgánicos** se da mediante el uso de biofermentadores, es posible convertir los residuos orgánicos en energía. Un biofermentador es un reactor hermético que permite descomponer sustancias en un ambiente sin oxígeno, generando así un gas que luego se puede convertir en

energía. Independientemente del proceso elegido y del recurso de nueva creación, el tratamiento de este tipo de residuos evita que millones de toneladas de residuos orgánicos acaben en vertederos, contribuyendo así a un bajo impacto ambiental.

Para mantener parámetros adecuados a la producción y la gestión de su contaminación en el Perú se rige a través del ministerio del ambiente (MINAM), actualizando normativas para el control de suelos y regulando criterios de lugares contaminados. Los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos tiene valores actualizados en el 2017, simplificando y adaptando normativas estatales y medioambientales. El DS N° 011-2017.MINAM. adquiere elementos, niveles de parámetros químicos, físicos y biológicos en la cual presenta la condición de un cuerpo para regularizar significativamente el impacto o riesgo para la sociedad y ecosistemas existentes. Constituyendo la aplicación, el diseño de gestión y aplicación ambiental constatan en cuanto a los parámetros de productividad y a los servicios.

### iii. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

##### 3.1.1. Tipo de investigación:

La investigación presentó un enfoque cuantitativo de tipo aplicada, con un objetivo específico y práctico, aplicando el estiércol de *Cavia porcellus* para el tratamiento. Por otra parte, se aplicó estrategias ya que se basa en manipular variable no comprobadas, con el propósito de explicar cómo se ocasiona una posición o suceso en especial. Se aplica, debido a que fracción del conocimiento es originado por investigaciones posteriores. Estable la eficacia del estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación para reducir metales pesados.

##### 3.1.2. Diseño de investigación:

La investigación fue de diseño experimental porque presentó un adecuado control de variables e indicadores a nivel experimental, teniendo un control mínimo para poder desarrollarlo con las investigaciones existentes y por lo posterior ser complementaria.

#### 3.2. Variables y operacionalización

En la presente investigación trabajó con dos variables: independiente y dependiente, las cuales se encuentran en la matriz de operacionalización de variables (**Anexo 1**).

*i. Variable Independiente: Cavia porcellus*

**Dimensiones:**

1. Compost ideal
2. Control de compostaje

*ii. Variable Dependiente: Biorremediación de metales pesados*

**Dimensiones:**

1. Caracterización suelos contaminados
2. Disminución de concentraciones de metales

### **3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis**

#### **3.3.1. Población:**

Son los suelos contaminados por relaves mineros en el distrito de Jangas.

#### **3.3.2. Muestra:**

Es la representación de cantidad de suelos contaminados con metales pesados por los relaves mineros en el distrito de Jangas expresados en gramos.

#### **3.3.3. Muestreo:**

Los suelos contaminados por relaves mineros dejaron una gran cantidad de suelo infértil en el distrito de Jangas perteneciente a la ciudad de Huaraz, debido a la explotación de minerales, teniendo presentes metales pesados como (Pb, As, Al, Sb, Fe, K y Ag) con muchas concentraciones, sin embargo, solo se tomó en cuenta 6 puntos de muestreo a considerar posteriormente a homogeneizar.

Se deslindó la eficiencia del compostaje mediante la *Cavia porcellus* en la biorremediación de los suelos contaminados por relaves mineros en el distrito de Jangas - Huaraz, la cual se analizó las concentraciones y el tiempo para la estimación de los tratamientos, para la cual se determinó la eficiencia del agregado de *Eisenia foetida* para mejorar las características físicas del suelo.

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

Para la investigación se emplea la técnica de la recolección de información, observación y de análisis experimental (**Tabla 5**) para delimitar los caracteres químicos y físicos de los suelos contaminados mediante fichas de recolección de datos en el distrito de Jangas.

La validez y confiabilidad de la investigación se determinó por tres expertos en la línea de investigación, se presenta la validez porcentual de los instrumentos del presente estudio, la confiabilidad se demostró con las fichas de recolección de datos, para su mayor sustento en la investigación (**Anexo 2**).



Tabla 5. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Etapa	Fuente	Técnica	Instrumento	Resultado
Investigación científica e información del proyecto	Tesis, artículos científicos, libros, revistas	Revisión bibliográfica	Fichas Referencias bibliográficas	Estudios metodológicos para la descontaminación de suelos a través de la <i>Cavia porcellus</i>
Compendio experimental de la muestra	Antecedentes y revisión presencial	Observación y análisis de datos	Fichas de registro	Obtención de muestras aleatorias
Producción de compost de <i>Cavia porcellus</i> y sustratos	Investigador	Experimental y observación	Ficha de registro: Fases de compostaje	Obtención de compost fresco y efectivo
Proceso de biorremediación de suelos	Investigador	Experimental y observación	Ficha de registro: Comportamientos pH y temperatura	Disminución de los metales pesados en los suelos contaminados
Incorporación de <i>Eisenia Foetida</i>	Investigador	Experimental y observación	Ficha de registro: control de etapas	Nutrir y elevar la cantidad de nutrientes del suelo fértil
Delimitar la eficacia y eficiencia de la <i>Cavia porcellus</i>	Análisis de laboratorio e investigador	Experimental	Hojas de calculo	Eficiencia de la <i>Cavia porcellus</i> para la descontaminación de suelos.

Fuente: Elaboración propia



## Recolección de muestra de suelo contaminado:

### Ubicación del lugar:

La recolección de muestras de suelos contaminados por relaves mineros se realizó en el distrito de Jangas, provincia de Huaraz en el departamento de Ancash, teniendo distritos vecinos a Yungar, Independencia, Tarica (**Figura 7**). Coordenadas 9°24'00" S 77°34'59" O, altitud 2825 m.s.n.m.

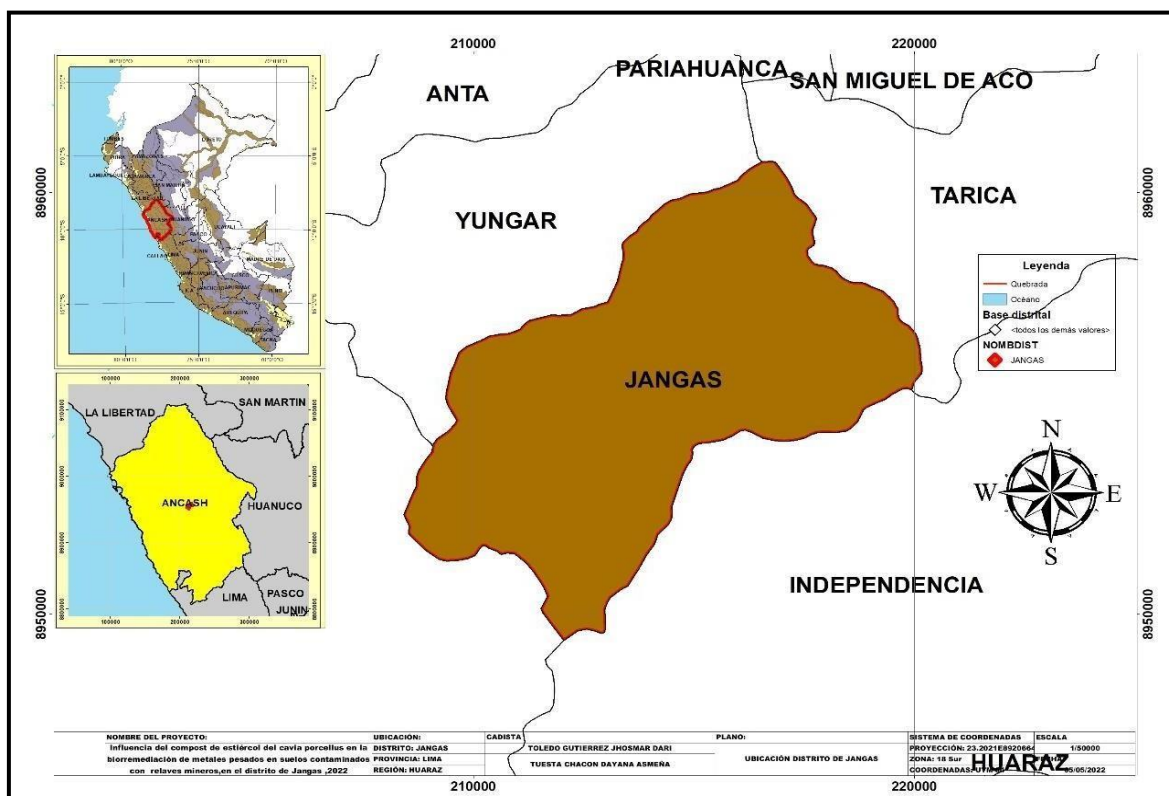


Figura 7: Mapa del distrito de Jangas (Desarrollado en el programa ArcGIS)

En la **Tabla 6**, se observa la lista de los puntos de muestreo, así como también los datos de la elevación y coordenadas obtenidos en el distrito de Jangas.

Tabla 6: Puntos de muestreo, distrito Jangas

Coordenadas UTM de puntos de muestreo		Elevación
M - 1	232021.983E 8920664.739N 18L	3483.5m
M - 2	232097.023E 8920742.021N 18L	
M - 3	232289.001E 8921411.514N 18L	
M - 4	232322.105E 8921902.902N 18L	
M - 5	232380.273E 8922631.716N 18L	
M - 6	232461.802E 8924015.006N 18L	

Fuente: Aplicativo MGRS UTM GPS

Para la toma de muestra (**Figura 8**) se delimitó 6 puntos de los alrededores del relave minero del distrito de Jangas, los puntos de muestreo fueron seleccionados de manera aleatoria con la finalidad de lograr una muestra compuesta y/o homogénea. Para la delimitación de los puntos, la toma de muestra y manejo de materiales se utilizó la guía para muestreo de suelos del Decreto Supremo N.º 35 002-2013-MINAM. **a) Excavación de muestra y b) Medición de pH**

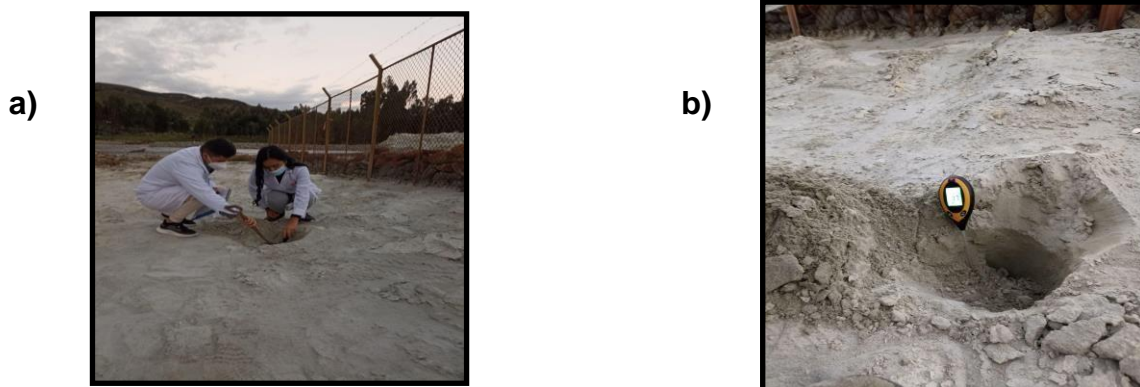
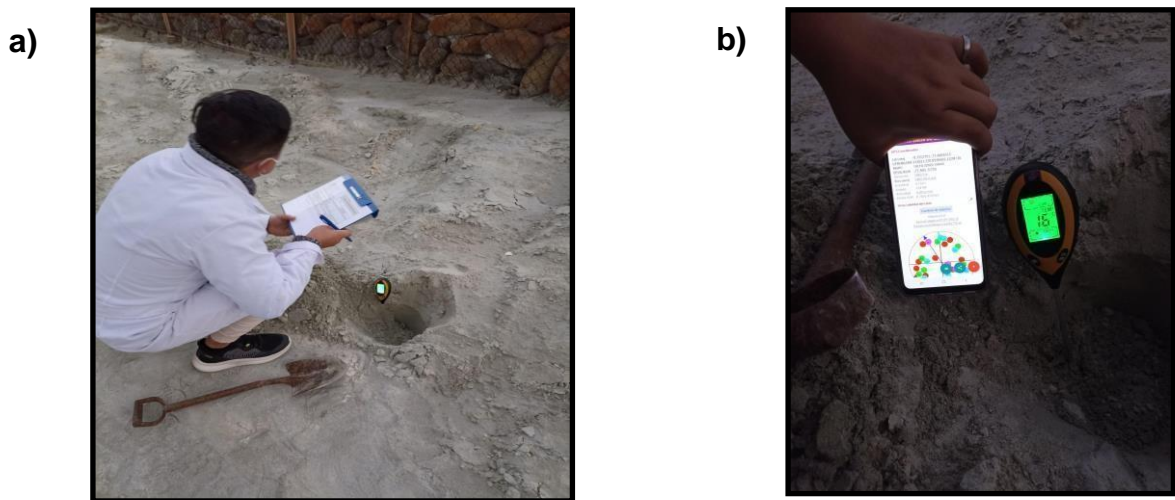


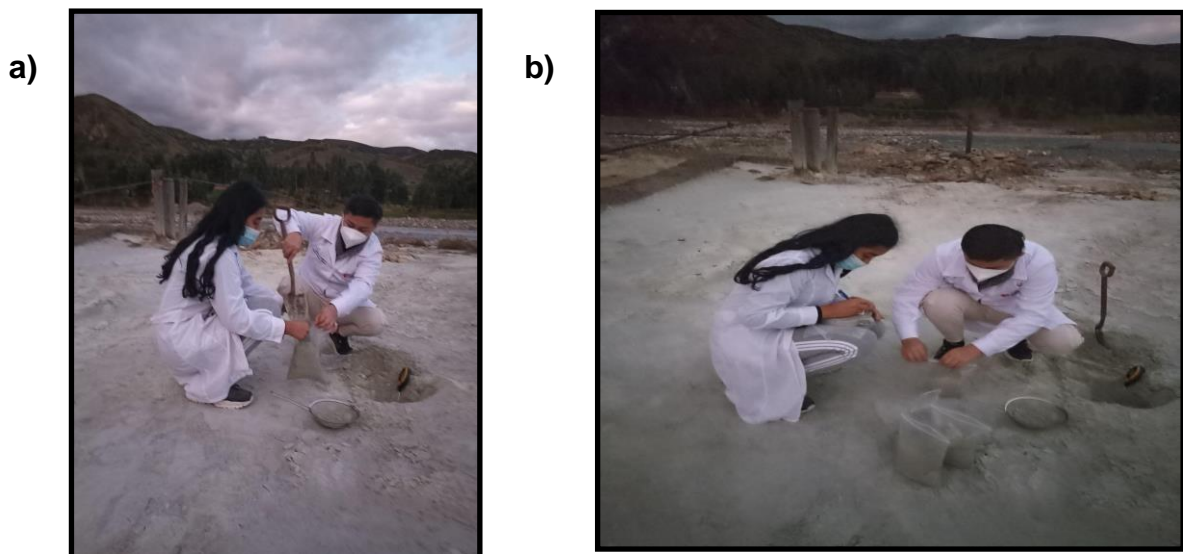
Figura 8: Excavación de muestra y medición de pH

Para la medición se utilizó un instrumento de levantamiento de suelos temperatura y pH (**Figura 9**) a) **Inciso de la muestra** b) **Medición de niveles**



*Figura 9. Inciso de la muestra y medición de niveles*

Por otra parte, para el manejo de la muestra (**Figura 10**) se tomó en cuenta el tipo de recipiente conveniente para el parámetro metales pesados en el suelo, en la cual se utilizó bolsas de polietileno densas. a) **Extracción de muestra**, b) **Cribado y sellado**



*Figura 10. Extracción de muestra, cribado y sellado de muestra*

Asimismo, se utilizó etiquetas adheribles para el etiquetado de las muestras (Figura 11) y descripción con marcador indeleble a) **Etiquetado**, b) **Sellado**

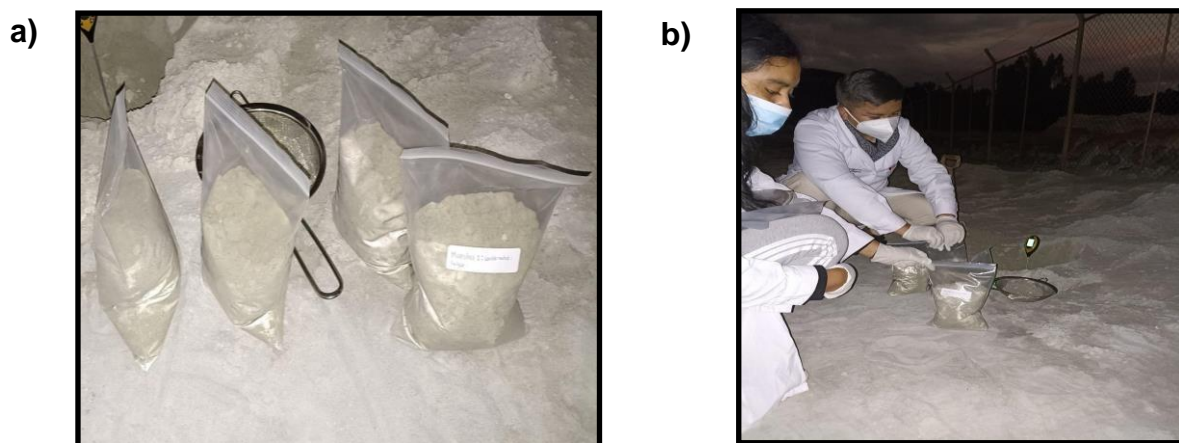


Figura 11. Etiquetado y sellado

### Recolección de estiércol de *Cavia Porcellus*





En la obtención del estiércol de *Cavia Porcellus*, se recolectó de un criadero proveniente del distrito de Jangas de uno de los pobladores, aprovechando los recursos de los pobladores para poder tratar el suelo contaminado.



Figura 12. Estiércol de *Cavia Porcellus*

Se utilizó 2 recipientes de 40cm de ancho y 30 cm de largo, la cual se aplicó con sustratos (cascara de plátano, palta, residuos de tomate, lechuga y pepino), en descomposición, por otra parte, se aplicó el estiércol de *Cavia Porcellus* (Tabla 7) con un peso a criterio propio como punto de inicio del proceso.

Tabla 7: Acondicionamiento y aireación del compost

Acondicionamiento del estiércol de <i>Cavia Porcellus</i>	
<p>a) Se introdujo estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> en cada recipiente. (2 recipientes)</p>	
<p>b) Se le regó 2.5 litros de agua para oxigenar las heces de <i>Cavia Porcellus</i>.</p>	
<p>c) Para que se activen y oxigenen los microorganismos presentes en el estiércol de <i>Cavia Porcellus</i>, se trituró manualmente.</p>	
<p>d) Se dejó secar aproximadamente 1 semana, se mezcló con los sustratos para su descomposición, se mezcló, se agregó 2 litros de agua.</p>	

Fuente: Elaboración propia

## Caracterización del suelo contaminado

Para la identificación de características del suelo se realizaron los siguientes métodos (**Tabla 8**).

*Tabla 8: Caracterización suelo contaminado*

Suelo contaminado (M1SC)	
Características	Método
✓ Consistencia	En mojado, húmedo y seco
✓ Estructura	Forma, tamaño y grado de desarrollo
✓ Textura	Por tacto
✓ Densidad	Formula Dr. y Da
✓ Porosidad	Formula PT (%)
✓ Color	Observación
✓ pH	Medidor de pH
✓ Temperatura	Medidor de T°C

*Fuente: Elaboración propia*

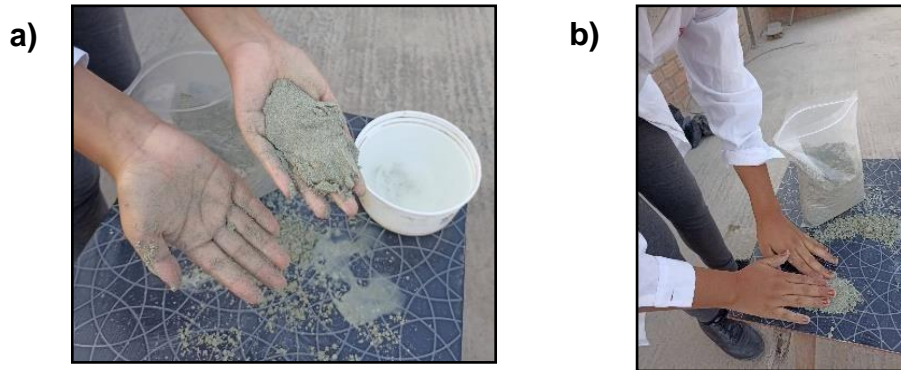
### Determinación de consistencia

Para determinar la consistencia en el suelo contaminado se desarrollaron tres procesos de identificación:

#### a) Consistencia en mojado

Se determinó si la consistencia en mojado es pegajosa (No pegajoso, ligeramente pegajoso, pegajoso o muy pegajoso) y su plasticidad (No plástico, ligeramente plástico, plástico o muy plástico) (**Figura 13**).





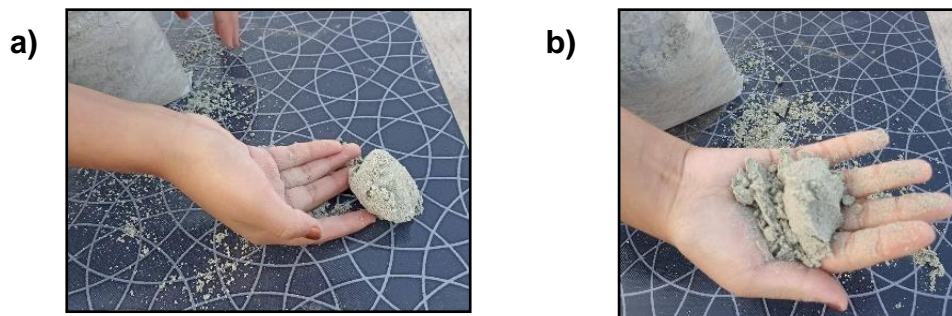
*Figura 13. Pegajosidad y plasticidad*

Para la pegajosidad se sustrajo una cantidad de 80gr del suelo contaminado para la manipulación, donde se buscó la cualidad de adherencia con las manos.

Por otra parte, para la plasticidad se trabajó con la misma cantidad de 80gr donde se buscó moldear el suelo contaminado de manera circular tratando de darle forma de embudo.

#### **b) Consistencia en húmedo**

Se determinó si la consistencia en húmedo es suelto, muy friable, friable, firme, muy firme o extremadamente firme (**Figura 14**).

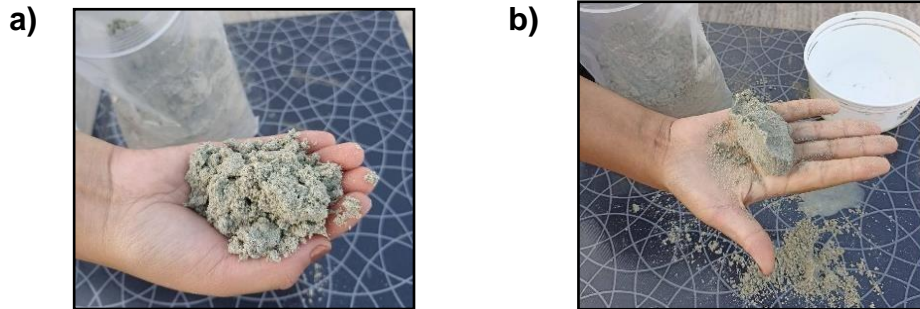


*Figura 14. Consistencia y aplicación de consistencia*

Para determinar la consistencia en húmedo se extrajo 60gr de suelo contaminado, la cual se realizó una moderada presión entre el pulgar y el índice, con este proceso se mide la fuerza (ligera, moderada, fuerte) que aplicamos.

### c) Consistencia en seco

Determinamos si la consistencia en seco es suelto, blando, ligeramente duro, duro o muy duro (**Figura 15**).



*Figura 15. Consistencia Seco y concisión de suelo*

Para determinar la consistencia en seco sustrajo 60gr de suelo contaminado para manipulación, se aplicó presión con la palma de la mano para delimitar si la condición del suelo tiene dificultad en deshacerse o romperse.

### Determinación de estructura

En la determinación de estructura se definió por su forma (migajosa, granular, angular, subangular, prismática, columnar, laminar, sin estructura), tamaño (gruesa, mediana, fina, muy fina) y su grado de desarrollo (fuerte, mediana, débil, nula) (**Figura 16**).



*Figura 16: Estructura del suelo contaminado*

Para la determinación de la estructura se sustrajo 60gr de suelo contaminado para la manipulación y observación, en el proceso de la observación e identificación de clase de estructural, utilizamos una lupa para determinar sus características estructurales.

### **Determinación de textura**

Se realizó la determinación de las texturas del suelo contaminado por tacto, en la cual se utilizó los datos de la consistencia seca y húmeda para determinar la característica textural con la formación de cintas largas (**Figura 17**).






*Figura 17: Formación textural del suelo*

### **Proceso de determinación de densidad y porosidad**

Las propiedades reflejan el comportamiento del suelo, la manera de entender el estudio y la importancia de sus características para finalmente poder tener un adecuado manejo, sin embargo, algunas propiedades pueden afectar el comportamiento de otros fenómenos en un posible tratamiento.

Se halló la porosidad con el fin de representar la existencia de huecos presentes en el volumen total, donde delimitamos la dependencia textural y estructural del suelo contaminado, así mismo, la densidad para la variabilidad del suelo (**Tabla 9**).

Tabla 9. Determinación de densidad y porosidad

Densidad aparente, densidad del sólido, densidad real y porosidad		
<p><b>Para densidad real:</b> Con ayuda de la balanza gramera, se pesó la fiola de 50 ml aforada vacía para obtener el peso número uno, por consiguiente, se pesó la fiola de 50ml incrementando 10g de suelo suelto seco para obtener el peso número dos, así mismo, se pesó la fiola de 50ml más los 10g de suelo más 20ml de H<sub>2</sub>O agitando durante 5 minutos y moviéndolo de forma circular para liberar el aire, agregamos H<sub>2</sub>O hasta aforar la fiola y se pesó para obtener el peso número tres, finalmente se lavó la fiola de 50ml para aforarla con H<sub>2</sub>O y pesar para obtener el peso número cuatro.</p> <p><b>Para la densidad aparente:</b> Con ayuda de la balanza gramera, se pesó la probeta vacía de 100ml para poder hallar primero peso (136.8gr), por consiguiente, se pesó la probeta incrementado suelo hasta llegar a los 90ml para obtener el peso número dos (239.2gr), teniendo de volumen 90ml.</p> <p><b>Porosidad:</b> Una vez tenido el peso numero dos agregamos H<sub>2</sub>O hasta los 100ml, se palmó 5 veces en la base de la probeta y se esperó 5 minutos, se procedió a pesarlo y obtener el peso número tres (256gr), donde se restó el peso número tres con el número dos, se pasó a convertir en centímetros cúbicos y se obtuvo la masa del agua, finalmente se dividió la masa del agua entre el volumen total, a ese resultado multiplicado por cien para obtener el porcentaje de porosidad.</p> <p><b>Para densidad solido:</b> Se realizó la resta del volumen total menos la masa de agua (para este procedimiento convertimos a centímetros cúbicos) y obtuvimos el volumen del sólido, finalmente se dividió la masa de arena entre el volumen del sólido para obtener la densidad del sólido.</p>		
		
<p>Figura 18. Determinación de densidad y porosidad</p> <p>Fuente: Elaboración propia</p>		

### **Fórmula para la densidad real: (Método del picnómetro)**

$$D_r = D_w (P_2 - P_1) / (P_4 - P_1) - (P_3 - P_2)$$

Donde:

$D_w$  = Densidad del agua

$P_1$  = Peso del matraz aforado vacío de 50ml

$P_2$  = Peso del matraz + 10g de suelo contaminado

$P_3$  = Peso del matraz + 10g de suelo contaminado + H<sub>2</sub>O

$P_4$  = Peso del matraz aforado con H<sub>2</sub>O

### **Fórmula para la densidad aparente: (Método de la probeta)**

$$D_a = \text{Masa/Volumen total} = (P_2 - P_1) / V$$

Donde:

$P_1$  = Peso de probeta vacía

$P_2$  = Peso de probeta + peso de suelo

$V$  = Volumen total

### **Fórmula para porosidad:**

$$\%P = \left( \frac{D_r - D_a}{D_r} \right) \times 100 = \left[ \frac{(P_3 - P_2) \times 1 \text{ gr/cm}^3}{V_t} \right] \times 100$$

Donde:

$D_r$  = Densidad real

$D_a$  = Densidad aparente

$P_3$  = Peso de probeta + peso de suelo + H<sub>2</sub>O

$V_t$  = Volumen total

### **Fórmula para densidad del sólido**

$$D_s = M(\text{suelo}) / V(\text{sólido})$$

$M(\text{suelo})$  = Masa del suelo

$V(\text{sólido})$  = Volumen del sólido

### Determinación de pH y temperatura °C:

Para la determinación de pH y temperatura °C, se utilizó el equipo medidor (Soil Survey Instrument) (**Figura 19**).

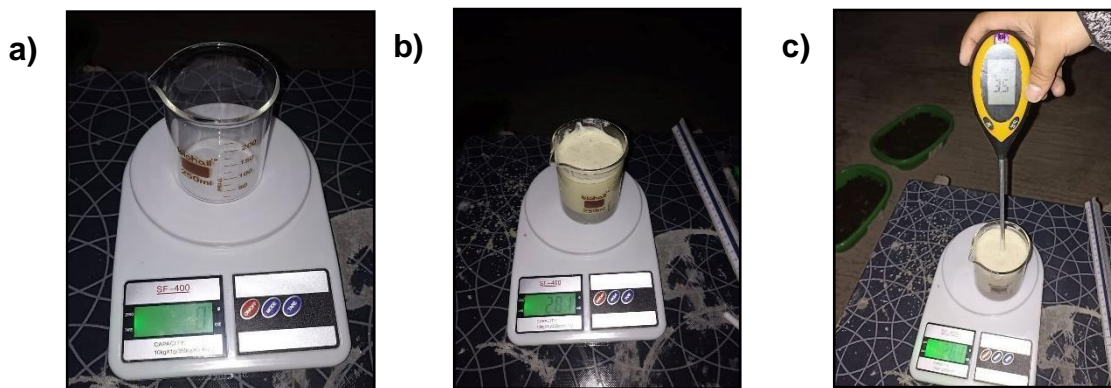


Figura 19: Determinación de temperatura y pH

Dónde: **a)** Se taró el vaso precipitado de 250ml, se agregó 20gr de suelo contaminado, se agregó H<sub>2</sub>O hasta llegar a la medida de 200ml del vaso precipitado, **b)** se mezcló el total, finalmente **c)** Se midió con el equipo (3 minutos a 5 minutos) para tener los resultados exactos de la medida.

### Aplicación de los tratamientos

Para la aplicación de tratamientos se proporcionó distintas cantidades de estiércol de *Cavia Porcellus* (**Tabla 10**). Denominándolo como M2SCEC.

Tabla 10. Compostaje de *Cavia Porcellus*

M2SCEC			
Tratamiento	T. N°1	T. N°2	T. N°3
Sustrato	250 g	250 g	250 g
Estiércol de <i>Cavia Porcellus</i>	850 g	700 g	550 g
Suelo contaminado	1.5 kg	1.5 kg	1.5 kg

Fuente: Elaboración propia

Sustratos: Restos de vegetales y frutas como: Lechuga, tomate, cascara de palta, pepino, zanahoria, cascara de plátano, manzana.

Se aplicaron tres tratamientos con cantidades de estiércol de *Cavia Porcellus* distintos.

Por otra parte, se delimito la eficiencia del compostaje de *Cavia Porcellus* en la reducción de metales pesados.

$$E. \text{ Compostaje} = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

Donde:

E. Compostaje = Sustrato + estiércol de *Cavia Porcellus* + suelo contaminado

Co = Componentes del compostaje inicial

Cf = Componentes del compostaje final

Componentes: Al, As, Sb, Fe, K & Pb

Así mismo, se realizó una varianza en un nuevo posible tratamiento agregando la *Eisenia Foetida* para delimitar un compost idóneo para el tratamiento de la biorremediación en suelos contaminados con metales pesados (**Tabla 11**). Denominándolo como M3SCBF.

Tabla 11. Compostaje de *Cavia Porcellus* más *Eisenia Foetida*

M3SCBF			
Tratamiento	T. N°1	T. N°2	T. N°3
Sustrato	250 g	250 g	250 g
Estiércol de <i>Cavia Porcellus</i>	850 g	700 g	550 g
<i>Eisenia Foetida</i>	80 g	80 g	80 g
Suelo contaminado	1.5 kg	1.5 kg	1.5 kg

Fuente: Elaboración propia

Sustratos: Restos de vegetales y frutas como: Lechuga, tomate, cascara de palta, pepino, zanahoria, cascara de plátano, manzana.

Se aplicaron tres tratamientos con cantidades de estiércol de *Cavia Porcellus* distintos.

Por otra parte, se delimito la eficiencia del compostaje más la *Eisenia Foetida* de *Cavia Porcellus* en la reducción de metales pesados.

**E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $Co - Cf / Co \times 100\%$**

Donde:

E. Compostaje = Sustrato + estiércol de *Cavia Porcellus* + *Eisenia Foetida* + suelo contaminado




Co = Componentes del compostaje inicial

Cf = Componentes del compostaje final

Componentes: Al, As, Ca, Fe, K & Pb

**Aplicación del M2SCEC (Sustrato + estiércol de *Cavia Porcellus* + suelo contaminado)**

*Tabla 12. Aplicación de (Sustrato + estiércol de *Cavia Porcellus* + suelo contaminado)*

<b>M2SCEC (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + suelo contaminado)</b>		
<p>a) Para la aplicación se utilizó tres recipientes en las cuales se les dio el nombre de M2SCEC-T1, M2SCEC-T2 y M2SCEC-T3. Se procedió hacer el pesaje y tarar los recipientes.</p>		
		
<p>b) Se pesó el suelo contaminado por metales pesados, así mismo se taró los recipientes.</p>		





Por otra parte, se realizó el proceso del mezclado del M2SCEC-T1, M2SCEC-T2 y M2SCEC-T3 (Figura 20).

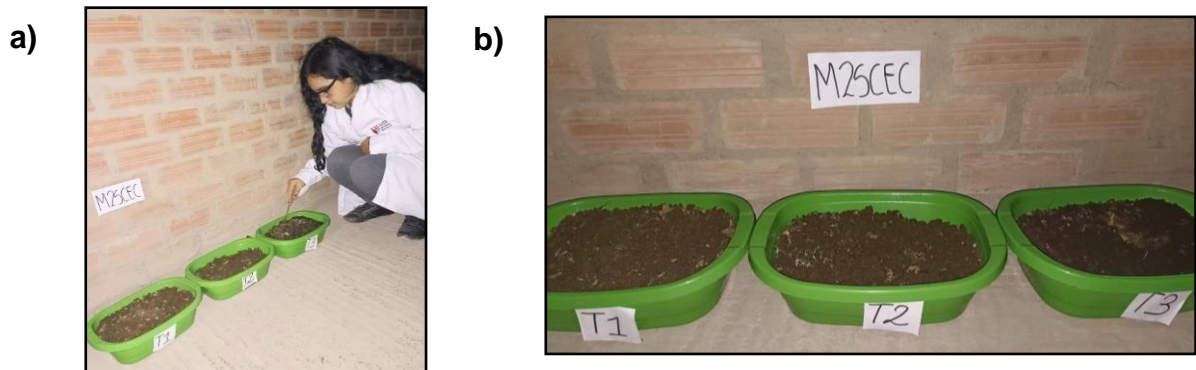











Figura 20. Mezcla del compostaje y tratamientos (M2SCEC)

(a) y (b) Se mezcló para que el compostaje siga sus etapas (Mesófila, termófila, enfriamiento y madurez).

**Aplicación del M3SCBF (Sustrato + estiércol de *Cavia Porcellus* + *Eisenia Foetida* + suelo contaminado)**

*Tabla 13: Aplicación de (Sustrato + estiércol de *Cavia Porcellus* + *Eisenia Foetida* + suelo contaminado)*

M3SCBF (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + <i>Eisenia Foetida</i> + suelo contaminado)		
<p>a) Para la aplicación se utilizó tres recipientes en las cuales se les dio el nombre de M3SCBF-T1, M3SCBF-T2 y M3SCBF-T3. Se procedió hacer el pesaje y tarar los recipientes.</p>		
		
<p>b) Se pesó el suelo contaminado por metales pesados, así mismo se taró los recipientes.</p>		
		
<p>c) Finalmente se pesó y agrego el compost de heces de <i>Cavia Porcellus</i> con los 150 gr de sustratos ya descompuesto en el proceso de aireación y acondicionamiento.</p>		
		
<p>Proceso de aplicación M3SCBF (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + <i>Eisenia Foetida</i> + suelo contaminado)</p>		

*Fuente: Elaboración propia*

Por otra parte, se realizó el proceso del mezclado del M3SCBF-T1, M3SCBF-T2 y M3SCBF-T3 (**Figura 21**).












*Figura 21. Mezcla de compostaje más Eisenia Foetida - Tratamiento (M3SCBF)*

Se mezcló para que el compostaje siga sus etapas (Mesófito, termófilo, enfriamiento y madurez). Así mismo, cuando el compostaje se encontró en estado de enfriamiento y maduración se introdujo los 80gr de *Eisenia Foetida* a cada tratamiento para mejorar las condiciones del suelo.

### Seguimiento y clasificación de etapas de compostaje (M2SCEC; M3SCBF)




*Tabla 14. Control de etapas de compostaje*

Proceso de control de etapas de compostaje (M2SCEC; M3SCBF)				
M2SCEC	T1	Se removió el compost cada cinco días, cada quince días se llevó control de pH extrayendo 20gr a 22gr en 120 ml de H <sub>2</sub> O. La temperatura se delimitó en los propios recipientes de compostaje. Conjuntamente se		
	T2			
	T3			
	T1			

M3SCBF	T2	necesitó el uso del vaso precipitado, balanza gramera y el equipo medidor (Soil Survey Instrument).		
	T3			
<i>Figuras 22. Control de etapas de compostaje</i>				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Clasificación de muestras

Clasificación del tratamiento más eficiente	
Para la clasificación del mejor tratamiento se evaluó según el control de pH y temperatura, donde se observó su coloración, y evaluó la reacción de los tratamientos, por otra parte, se le realizó seguimiento de las etapas de compostaje de cada uno de ellos.	
<u>M2SCEC</u> (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + suelo contaminado)	<u>M3SCBF</u> (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + <i>Eisenia Foetida</i> + suelo contaminado)
	
<u>Clasificación final</u> Se llevó a laboratorio los tratamientos seleccionados. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ M2SCEC – T3</li> <li>✓ M3SCBF – T3</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia

### **3.6. Método de análisis de datos**

La investigación se realizó con evaluación de un muestreo simple aleatorio, detallando que la extracción de muestras y los tratamientos realización fueron por conveniencia propia de los investigadores para el desarrollo y requerimiento del proyecto.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se respetó los resultados obtenidos en cada proceso del desarrollo de la investigación, la cual es brindada por la Universidad Cesar Vallejo para la elaboración del proyecto, se subió al Turnitin para validad la conformidad de autenticación con un resultado de 7%.

#### iv. RESULTADOS

##### Caracterización de suelo contaminado

Al analizar la muestra homogénea de suelos contaminados por metales pesados se obtuvo los siguientes resultados de caracterización en la tabla.

Tabla 16. Resultados de caracterización inicial del suelo

Suelo contaminado M1SC (Suelo contaminado por metales pesados)		
Características	Método	Resultado
✓ Consistencia	En mojado, húmedo y seco	Ligeramente pegajoso, no plástico, suelto.
✓ Estructura	Forma, tamaño y grado de desarrollo	Granular, fina, débil
✓ Textura	Por tacto	Arenoso Franca
✓ Densidad	Formula Dr, Da y Ds	Dr: 2.75 g/cm <sup>3</sup> ; Da: 1.138 g/cm <sup>3</sup> ; Ds: 1.4 g/cm <sup>3</sup>
✓ Porosidad	Formula P (%)	19%
✓ Color	Observación	Gris-verdoso
✓ pH	Medidor de pH	3.5
✓ Temperatura	Medidor de T°C	14 ° C

Fuente: Elaboración Propia

#### Densidad Real

$$Dr = Dw (P2 - P1) / (P4 - P1) - (P3 - P2)$$

$$Dr = Dw (P2 - P1) / (P4 - P1) - (P3 - P2)$$

$$Dr = (47g - 36g) / (85g - 36g) - (92g - 47g)$$

$$Dr = 11g / 4g$$

$$Dr = 2.75 \text{ g/cm}^3$$

## Densidad Aparente

$$Da = \text{Masa/Volumen total} = (P2 - P1) / V$$

$$Da = P2 - P1 / V$$

$$Da = (239.2g - 136.8g) / 90\text{cm}^3$$

$$Da = 102.4g / 90\text{cm}^3$$

$$Da = 1.138 \text{ gr/cm}^3$$

## Porosidad

$$\%P = ((Dr - Da) / Dr) \times 100 = [((P3 - P2) \times 1\text{gr/cm}^3) / Vt] \times 100$$

$$\%P = [((P3 - P2) \times 1\text{gr/cm}^3) / Vt] \times 100$$

$$\%P = [((256.1g - 239.2g) \times 1\text{gr/cm}^3) / 90\text{cm}^3] \times 100$$

$$\%P = (16.9\text{cm}^3 / 90\text{cm}^3) \times 100 =$$

%19

## Densidad del solido

$$Ds = M(\text{suelo}) / V(\text{solido})$$

$$Ds = M(\text{suelo}) / V(\text{solido})$$

$$102.4g / 73.1 \text{ cm}^3 \quad Ds = 1.4$$

g/cm<sup>3</sup>

## Resultados de control de tratamiento

Se evaluó los resultados de control de pH temperatura del tratamiento M2SCEC (Tabla 17).

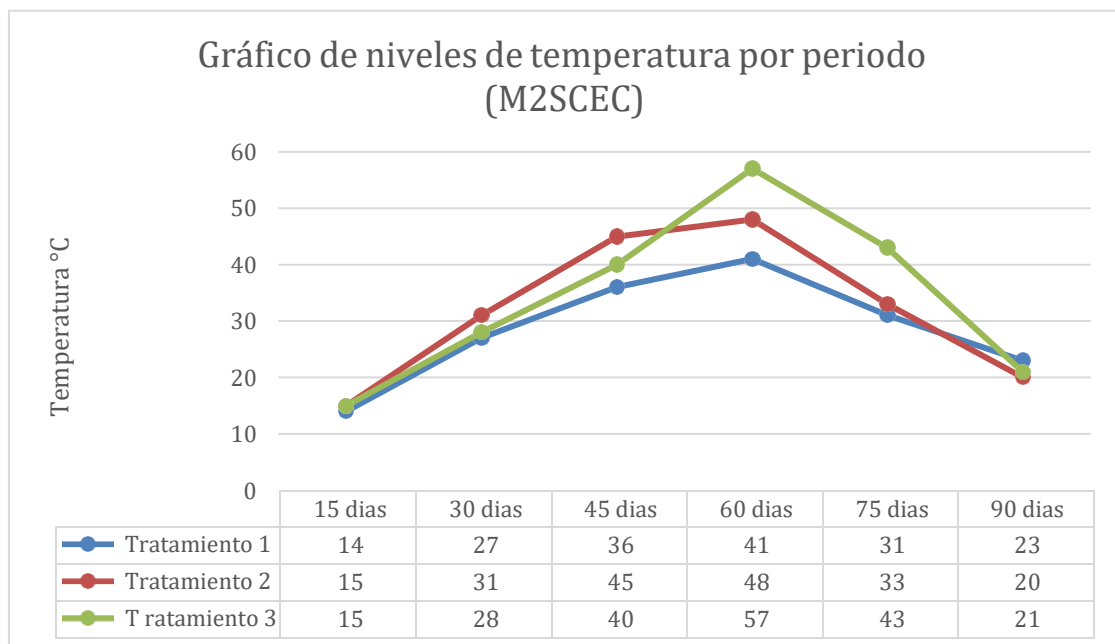
Tabla 17. Control del tratamiento M2SCEC

Resultados de control de tratamiento M2SCEC							
M2SCEC (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + suelo contaminado)							
Tratamiento	Parámetro	Periodo (días)					
		15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1	pH	3.5	3.7	3.7	3.9	4.2	4.5
	T(°C)	14°C	27°C	36°C	41°C	31°C	23°C
T2	pH	3.8	3.9	3.9	4.3	4.6	5.2
	T(°C)	15°C	31°	45°C	48°C	33°C	20°C
T3	pH	3.6	3.8	4.0	4.1	5.2	5.9
	T(°C)	15°C	28°	40°C	57°C	43°C	21°C

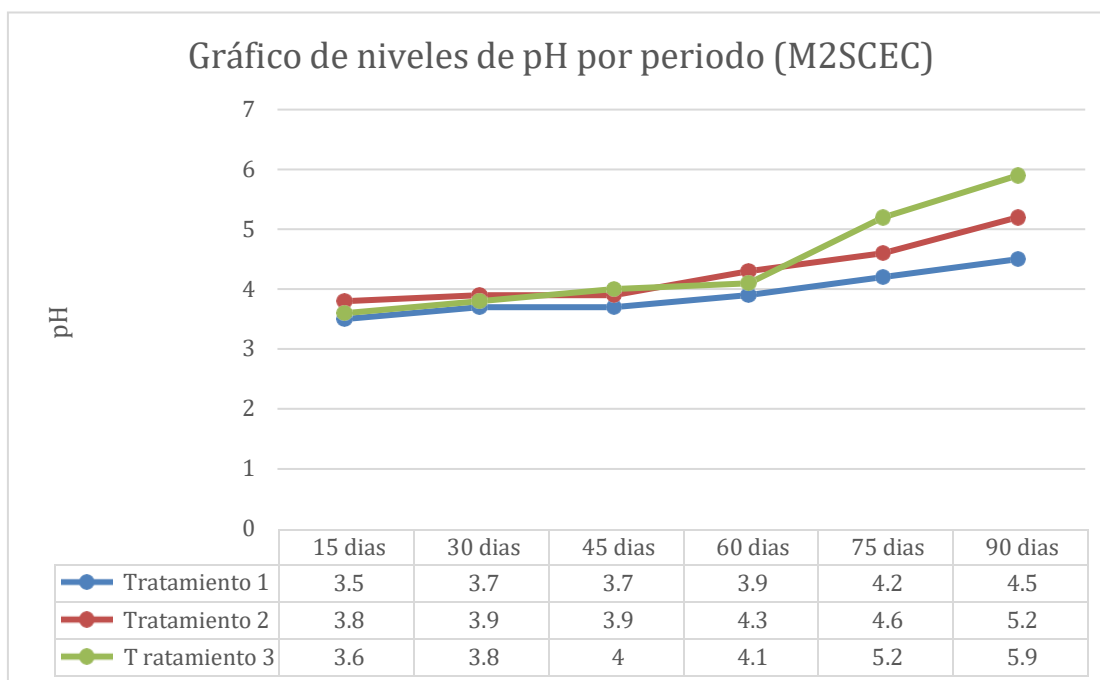
Fuente: Elaboración propia

Donde se evaluó el pH y la temperatura cada 15 días

Figura 23. Gráfico de niveles de temperatura y de niveles de pH (M2SCEC)







**Resultados de control de tratamiento M3SCEC (pH y temperatura)**

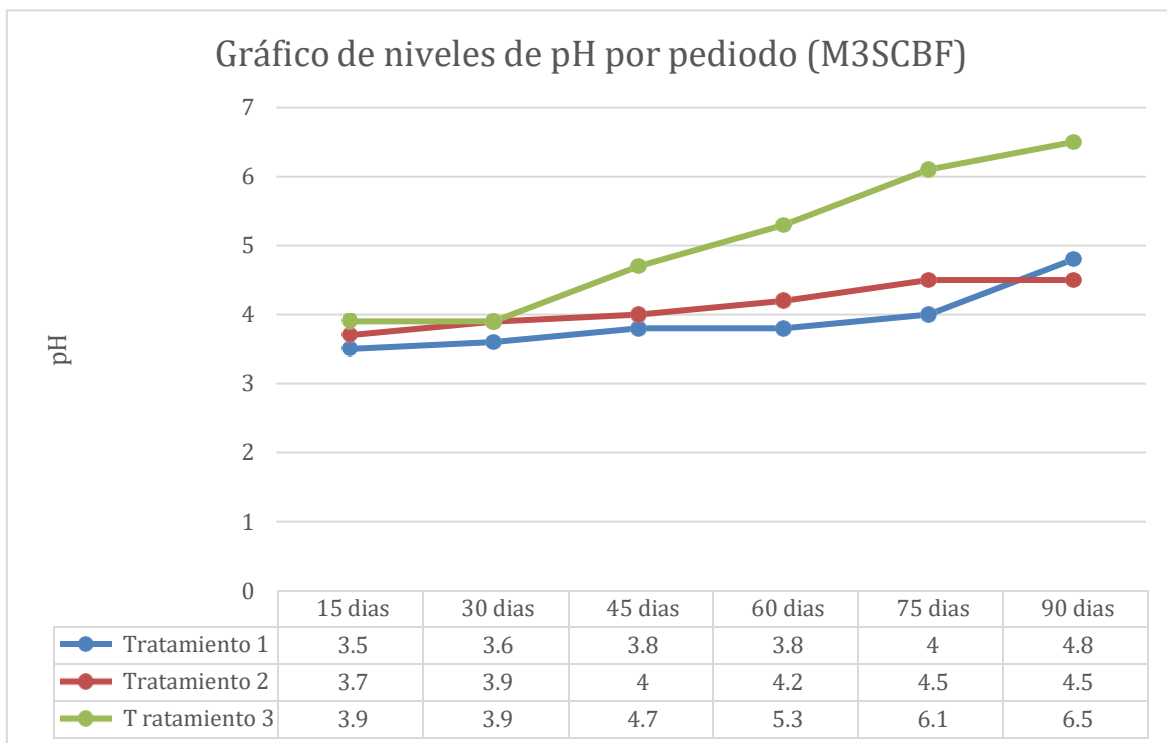
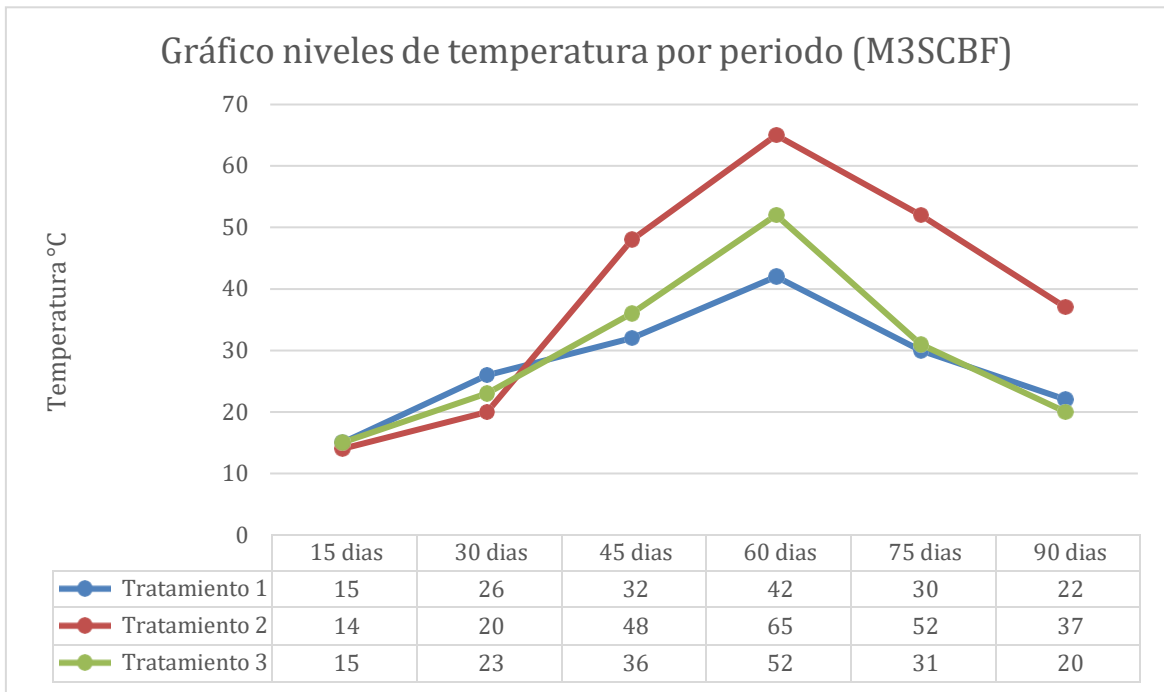
*Tabla 18. Control del tratamiento M3SCBF*

Resultados de control de tratamiento M3SCBF							
M3SCEC (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + <i>Eisenia Foetida</i> + suelo contaminado)							
Tratamiento	Parámetro	Periodo (días)					
		15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1	pH	3.5	3.6	3.8	3.8	4	4.8
	T(°C)	15°C	26°C	32°C	42°C	30°C	22°C
T2	pH	3.7	3.9	4	4.2	4.5	4.5
	T(°C)	14°C	20°C	48°C	65°C	52°C	37°
T3	pH	3.9	3.9	4.7	5.3	6.1	6.5
	T(°C)	15°	23°C	36°C	52°C	31°C	20°C

*Fuente: Elaboración propia*

Donde se evaluó el pH y la temperatura cada 15 días

Figura 24. Niveles de temperatura por periodo y niveles de pH por periodo (M3SCBF)



Donde se visualiza entre los gráficos el desnivel en cuanto al crecimiento de pH y las elevadas temperaturas que llegaron los tratamientos.

Por otra parte, se mandó analizar en laboratorio (Anexo 3) la concentración de metales pesados presentes en el suelo contaminado (**Tabla 19**).

*Tabla 19. Resultados de metales pesados inicial*

<b>(M1SC) Suelo contaminados por metales pesados</b>		
<b>Metales Pesados</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
Plomo (Pb)	1832.30	mg/kg
Arsénico (As)	5659.60	mg/kg
Aluminio (Al)	2989.0	mg/kg
Antimonio (Sb)	50.56	mg/kg
Hierro (Fe)	7235.15	mg/kg
Potasio (K)	4767	mg/kg
Plata (Ag)	21.03	mg/kg

*Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio "Servicios Analíticos S.AC"*

Por otra parte, el tratamiento de 550g del M2SCEC fue llevado a laboratorio (Anexo 3) para determinar las concentraciones de metales pesados presentes pasado los 90 días de tratamiento. (**Tabla 20**)

*Tabla 20. Resultados de metales pesados del tratamiento (M2SCEC).*

<b>M2SCEC(Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + suelo contaminado)</b>		
<b>Metales Pesados</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
Plomo (Pb)	1334.83	mg/kg
Arsénico (As)	4584.48	mg/kg
Aluminio (Al)	168.8	mg/kg
Antimonio (Sb)	48.37	mg/kg
Hierro (Fe)	6979.70	mg/kg
Potasio (K)	1302.7	mg/kg
Plata (Ag)	13.71	mg/kg

*Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio "Servicios Analíticos S.AC"*

Asimismo, el tratamiento de 550g del M3SCBF fue llevado a laboratorio (Anexo 3) para determinar las concentraciones de metales pesados presentes pasado los 90 días de tratamiento (**Tabla 21**).

*Tabla 21. Resultados de metales pesados del tratamiento (M3SCBF).*

<b>M3SCBF (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + <i>Eisenia Foetida</i> + suelo contaminado)</b>		
<b>Metales Pesados</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad</b>
Plomo (Pb)	471.23	mg/kg
Arsénico (As)	2078.21	mg/kg
Aluminio (Al)	164.8	mg/kg
Antimonio (Sb)	13.19	mg/kg
Hierro (Fe)	5868.48	mg/kg
Potasio (K)	428.2	mg/kg
Plata (Ag)	3.87	mg/kg

*Fuente: Resultados obtenidos del laboratorio "Servicios Analíticos S.AC"*

### **Cálculo de eficiencia**

Se realizó cálculos de eficiencia para determinar el grado de efectividad de la biorremediación en suelos contaminados con metales pesados.

### **Eficiencia de la biorremediación en la reducción de los metales pesados:**

#### **Porcentaje de eficiencia (Pb):**

Calculo: (M1SC; M2SCEC)

$$E. \text{ Compostaje} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M2SCEC)

E. Compostaje =  $Co - Cf / Co \times 100\%$

E. Compostaje =  $((1832.30 - 1334.83) / 1832.30) \times 100\%$

E. Compostaje = 27.5%

### Resultado (M1SC; M2SCEC)

Co de Pb (mg/kg)	Cf de Pb (mg/kg)	Eficiencia del tratamiento (%)
1832.30	1334.83	27.15 %

Fuente: Elaboración propia

$$E. \text{ Compostaje + } Eisenia \text{ Foetida} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

Calculo: (M1SC; M3SCBF)

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M3SCBF)

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $Co - Cf / Co \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $((1832.30 - 471.23) / 1832.30) \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* = 74.28%

### Resultado (M1SC; M3SCBF)

Co de Pb (mg/kg)	Cf de Pb (mg/kg)	Eficiencia del tratamiento (%)
1832.30	471.23	74.28%

Fuente: Elaboración propia

Se comparó los dos tipos de compostaje de *Cavia Porcellus* presentes para determinar el más eficiente.

Tabla 22. Resultado de eficiencia del (Pb)

Tratamiento	Eficiencia del tratamiento (%)
E. Compostaje (M2SCEC)	27.15 %
E. Compostaje + <i>Eisenia Foetida</i> (M3SCBF)	74.28%

Fuente: Elaboración propia

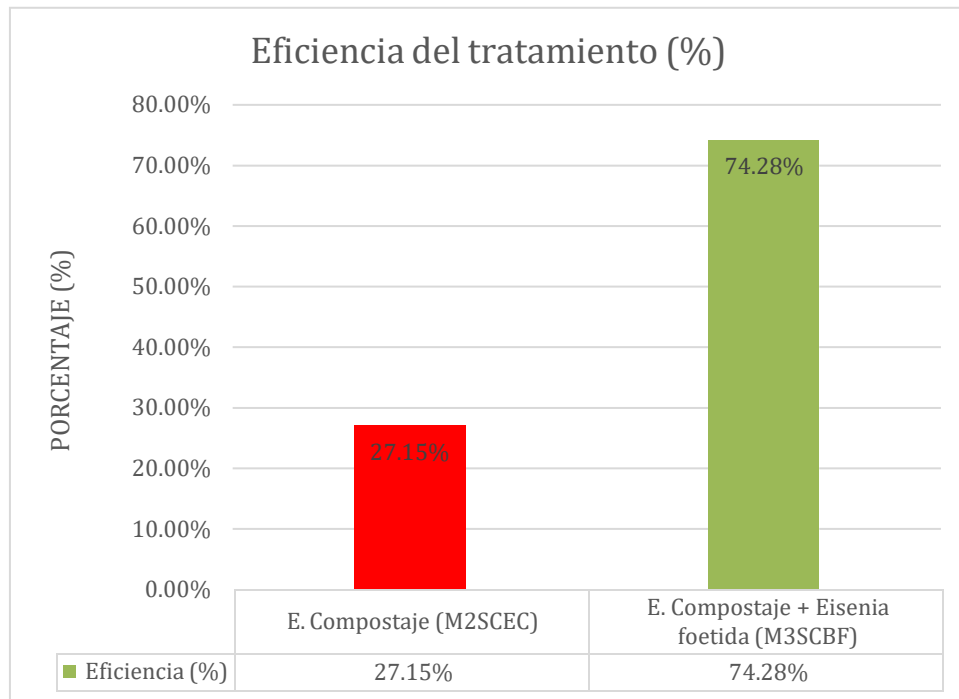


Figura 25. Eficiencia de tratamientos (Pb)

Se observa que el porcentaje de eficiencia del tratamiento M2SCEC es menor con 27.15%, por otra parte, el tratamiento M3SCBF es mayor con 74.28%.

**Porcentaje de eficiencia (As):**

Calculo: (M1SC; M2SCEC)

$$E. \text{ Compostaje} = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M2SCEC)

E. Compostaje =  $\frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$

E. Compostaje =  $\frac{(5659.60 - 4584.48)}{5659.60} \times 100\%$

E. Compostaje = 18.99%

Co de As (mg/kg)	Cf de As(mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
5659.60	4584.48	18.99%

Fuente: Elaboración propia

Calculo: (M1SC; M3SCBF)

$$E. \text{ Compostaje} + \text{Eisenia Foetida} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M2SCEC)

$$E. \text{ Compostaje} + \text{Eisenia Foetida} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

$$E. \text{ Compostaje} + \text{Eisenia Foetida} = ((5659.60 - 2078.21) / 5659.60) \times 100\%$$

$$E. \text{ Compostaje} + \text{Eisenia Foetida} = 63.27\%$$

Co de As (mg/kg)	Cf de As (mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
5659.60	2078.21	63.27%

Fuente: Elaboración propia

Se comparó los dos tipos de compostaje de *Cavia Porcellus* presentes para determinar el más eficiente.

Tabla 23. Resultado de eficiencia del (As)

Tratamiento	Eficiencia del tratamiento (%)
E. Compostaje (M2SCEC)	18.99%
E. Compostaje + <i>Eisenia Foetida</i> (M3SCBF)	63.27%

Fuente: Elaboración propia

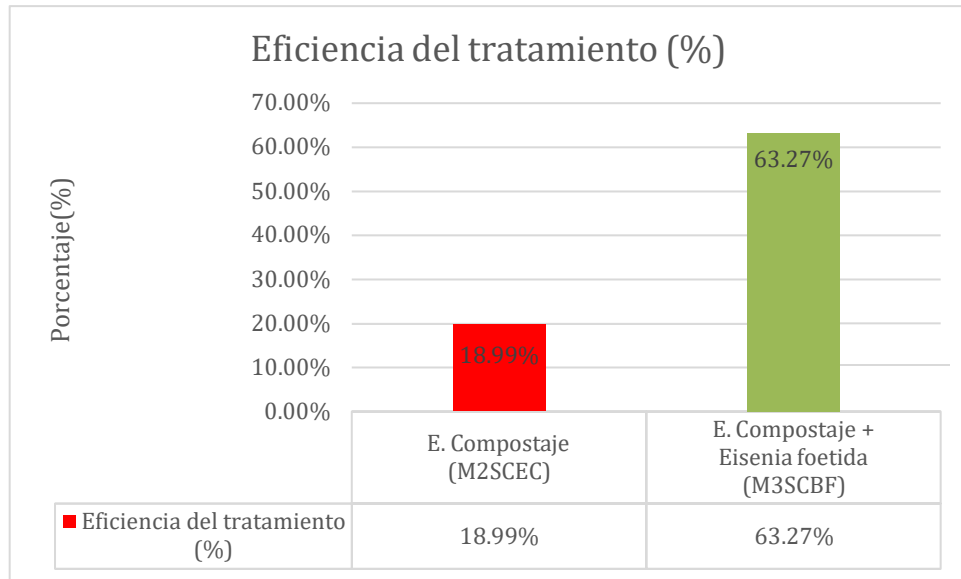


Figura 26. Eficiencia del tratamiento (As)

Se observa que el porcentaje de eficiencia del tratamiento M2SCEC es menor con 18.99%, por otra parte, el tratamiento M3SCBF es mayor con 63.27%.

**Porcentaje de eficiencia (AI):**

Calculo: (M1SC; M2SCEC)

$$E. \text{ Compostaje} = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M2SCEC)

$$E. \text{ Compostaje} = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

$$E. \text{ Compostaje} = \frac{(2989.0 - 168.8)}{2989.0} \times 100\%$$

$$E. \text{ Compostaje} = 94.35\%$$

Co de AI (mg/kg)	Cf de AI (mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
2989.0	168.8	94.35%

Fuente: Elaboración propia



Calculo: (M1SC; M3SCBF)

$$E. \text{ Compostaje + Eisenia Foetida} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M3SCBF)

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $Co - Cf / Co \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $((2989.0 - 164.8) / 2989.0) \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* = 94.48%

<b>Co de Al (mg/kg)</b>	<b>Cf de Al(mg/kg)</b>	<b>Eficiencia del Tratamiento %</b>
2989.0	164.8	94.48%

Fuente: Elaboración propia

Se comparó los dos tipos de compostaje de *Cavia Porcellus* presentes para determinar el más eficiente.

Tabla 24. Resultado de eficiencia del (Al)

<b>Tratamiento</b>	<b>Eficiencia del tratamiento (%)</b>
E. Compostaje (M2SCEC)	94.35%
E. Compostaje + <i>Eisenia Foetida</i> (M3SCBF)	94.48%

Fuente: Elaboración propia

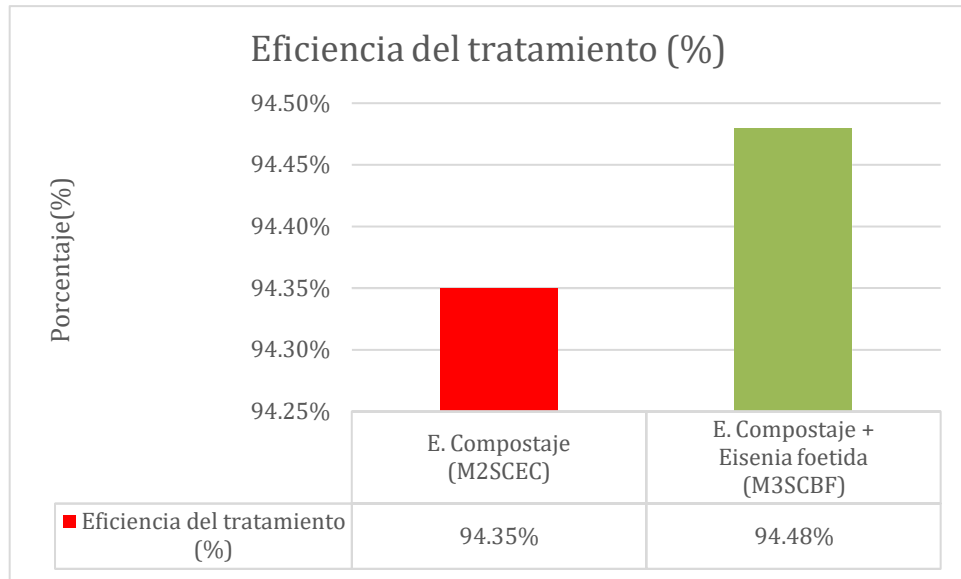


Figura 27. Eficiencia del tratamiento (Al)

Se observa que el porcentaje de eficiencia del tratamiento M2SCEC es menor con 94.35%, por otra parte, el tratamiento M3SCBF es mayor con 94.48%.

**Porcentaje de eficiencia (Sb):**

Calculo: (M1SC; M2SCEC)

$$E. \text{ Compostaje} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M2SCEC)

$$E. \text{ Compostaje} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

$$E. \text{ Compostaje} = ((50.56 - 48.37) / 50.56) \times 100\%$$

$$E. \text{ Compostaje} = 4.33\%$$

Co de Sb (mg/kg)	Cf de Sb(mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
50.56	48.37	4.33%

Fuente: Elaboración propia

Calculo: (M1SC; M3SCBF)

$$E. \text{ Compostaje + Eiseña Foetida} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)Cf

= Concentración final (M3SCBF)

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $Co - Cf / Co \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $((50.56 - 13.19) / 50.56) \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* = 73.91%

Co de Sb (mg/kg)	Cf de Sb(mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
50.56	13.19	73.71%

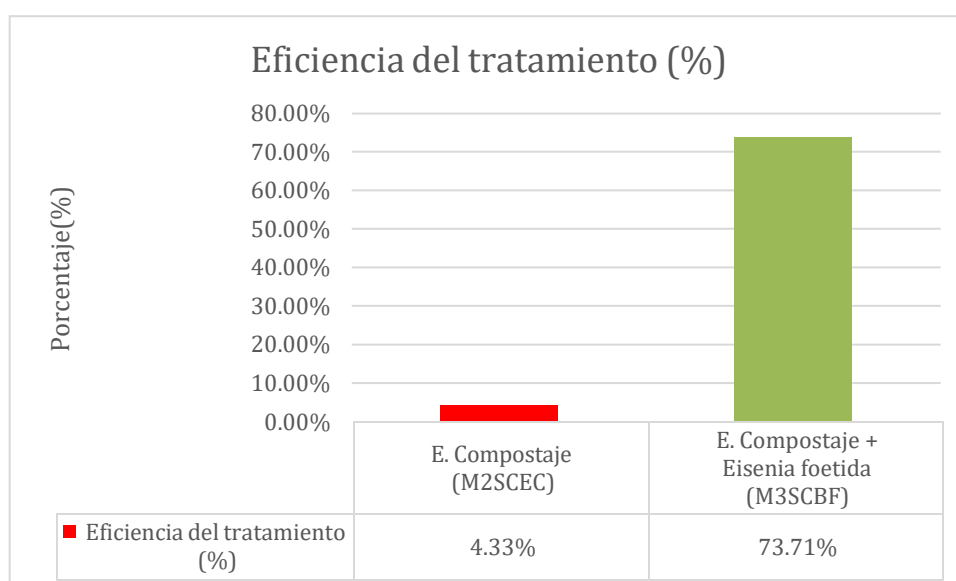
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Resultado de eficiencia del (Sb)

Tratamiento	Eficiencia del tratamiento (%)
E. Compostaje (M2SCEC)	4.33%
E. Compostaje + <i>Eisenia Foetida</i> (M3SCBF)	73.71%

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Eficiencia del tratamiento (Sb)



Se observa que el porcentaje de eficiencia del tratamiento M2SCEC es menor con 4.33%, por otra parte, el tratamiento M3SCBF es mayor con 73.71%.

### Porcentaje de eficiencia (Fe):

Calculo: (M1SC; M2SCEC)

$$E. \text{ Compostaje} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M2SCEC)

E. Compostaje =  $Co - Cf / Co \times 100\%$

E. Compostaje =  $((7235.15 - 6979.705) / 7235.15) \times 100\%$

E. Compostaje = 3.53%

Co de Fe (mg/kg)	Cf de Fe(mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
7235.15	6979.705	3.53%

Fuente: Elaboración Propia

Calculo: (M1SC; M3SCBF)

$$E. \text{ Compostaje + Eisenia Foetida} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M3SCBF)

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $Co - Cf / Co \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $((7235.15 - 5868.48) / 7235.15) \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* = 18.88%

Co de Fe (mg/kg)	Cf de Fe(mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
7235.15	5868.48	18.88%

Fuente: Elaboración propia

Se comparó los dos tipos de compostaje de *Cavia Porcellus* presentes para determinar el más eficiente.

Tabla 26. Resultado de eficiencia del (Fe)

Tratamiento	Eficiencia del tratamiento (%)
E. Compostaje (M2SCEC)	3.53%
E. Compostaje + <i>Eisenia Foetida</i> (M3SCBF)	18.88%

Fuente: Elaboración propia

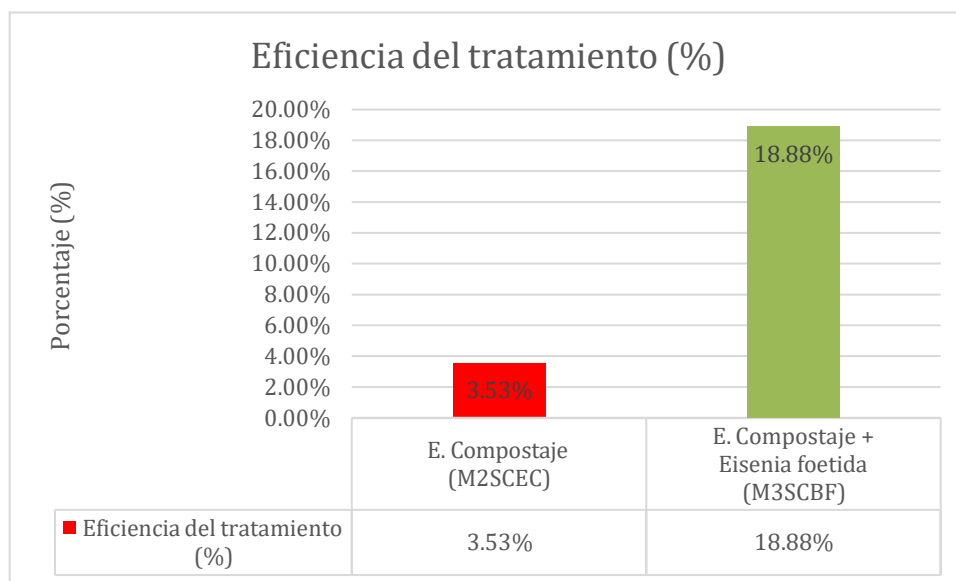


Figura 29: Eficiencia del tratamiento (Fe)

Se observa que el porcentaje de eficiencia del tratamiento M2SCEC es menor con 3.53%, por otra parte, el tratamiento M3SCBF es mayor con 18.88%.

#### Porcentaje de eficiencia (K):

Calculo: (M1SC; M3SCBF)

$$\text{E. Compostaje} = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M3SCBF)

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $\frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $\frac{(4767 - 1302.7)}{4767} \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* = 72.67%

<b>Co de K (mg/kg)</b>	<b>Cf de K(mg/kg)</b>	<b>Eficiencia del Tratamiento %</b>
4767	1302.7	72.67%

Fuente: Elaboración Propia

Calculo: (M1SC; M3SCBF)

$$E. \text{ Compostaje + } Eisenia \text{ Foetida} = Co - Cf / Co \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M3SCBF)

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $Co - Cf / Co \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $((7235.15 - 428.2) / 7235.15) \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* = 91.01%

<b>Co de K (mg/kg)</b>	<b>Cf de K(mg/kg)</b>	<b>Eficiencia del Tratamiento %</b>
4767	428.2	91.01%

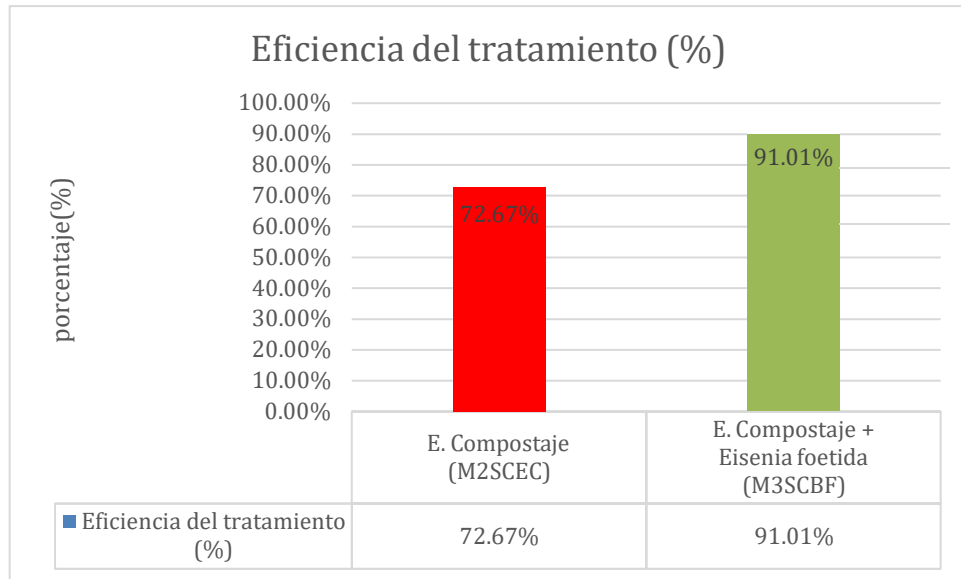
Fuente: Elaboración propia

Se comparó los dos tipos de compostaje de *Cavia Porcellus* presentes para determinar el más eficiente.

Tabla 27: Resultado de eficiencia del (K)

<b>Tratamiento</b>	<b>Eficiencia de tratamiento (%)</b>
E. Compostaje (M2SCEC)	72.67%
E. Compostaje + <i>Eisenia Foetida</i> (M3SCBF)	91.01%

Fuente: Elaboración propia



*Figura 30: Eficiencia del tratamiento (K)*

Se observa que el porcentaje de eficiencia del tratamiento M2SCEC es menor con 72.67%, por otra parte, el tratamiento M3SCBF es mayor con 91.01%.

**Porcentaje de eficiencia (Ag):**

Calculo: (M1SC; M2SCEC)

$$\text{E. Compostaje} = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M2SCEC)

E. Compostaje =  $\frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$

E. Compostaje =  $\frac{(21.03 - 13.71)}{21.03} \times 100\%$

E. Compostaje = 34.8%

Co de Ag (mg/kg)	Cf de Ag(mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
21.03	13.71	34.8%

*Fuente: Elaboración propia*

Calculo: (M1SC; M3SCBF)

$$\text{E. Compostaje + Eisenia Foetida} = \frac{Co - Cf}{Co} \times 100\%$$

Donde:

Co = Concentración inicial (M1SC)

Cf = Concentración final (M3SCBF)

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $Co - Cf / Co \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* =  $((21.03 - 3.87) / 21.03) \times 100\%$

E. Compostaje + *Eisenia Foetida* = 81.59%

Co de Ag (mg/kg)	Cf de Ag(mg/kg)	Eficiencia del Tratamiento %
21.03	3.87	81.59%

Fuente: Elaboración propia

Se comparó los dos tipos de compostaje de *Cavia Porcellus* presentes para determinar el más eficiente.

Tabla 28: Resultado de eficiencia del (Ag)

Tratamiento	Eficiencia del tratamiento (%)
E. Compostaje (M2SCEC)	34.8%
E. Compostaje + <i>Eisenia Foetida</i> (M3SCBF)	81.59%

Fuente: Elaboración propia

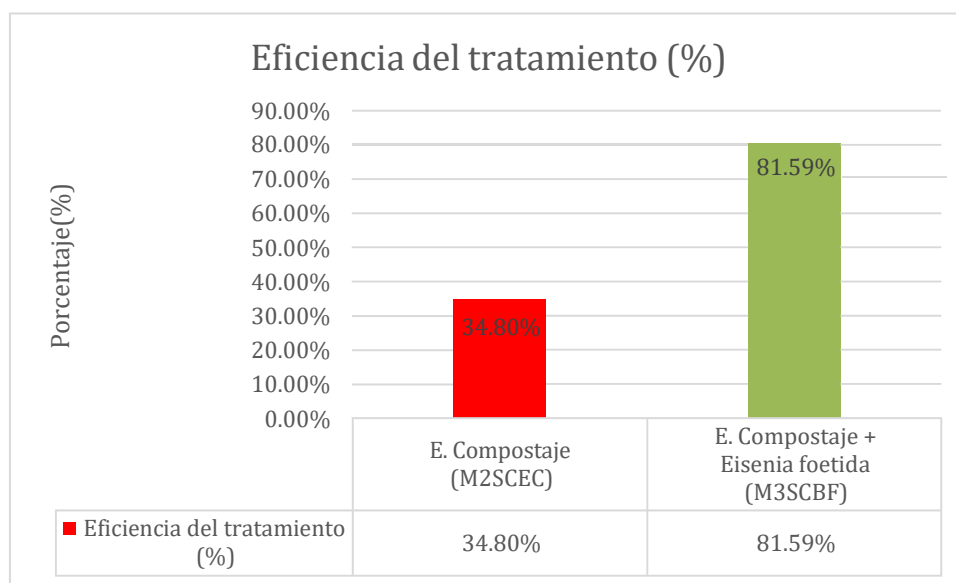


Figura 31: Eficiencia del tratamiento (Ag)

Se observa que el porcentaje de eficiencia del tratamiento M2SCEC es menor con 34.8%, por otra parte, el tratamiento M3SCBF es mayor con 81.59%.



Tabla 29: Control de porosidad y densidad del compost

Resultados de control de tratamiento M2SCEC							
M2SCEC (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + suelo contaminado)							
Tratamiento	Parámetro	Periodo (días)					
		15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1	Porosidad	19%	19%	20%	20%	20%	21%
	Densidad	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5
T2	Porosidad	19%	19%	19%	20%	20%	22%
	Densidad	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6
T3	Porosidad	19%	19%	19%	23%	26%	28%
	Densidad	1.4	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Control de porosidad y densidad del compost + *Eisenia Foetida*

Resultados de control de tratamiento M3SCBF							
M3SCEC (Sustrato + estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> + <i>Eisenia Foetida</i> + suelo contaminado)							
Tratamiento	Parámetro	Periodo (días)					
		15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
T1	Porosidad	19%	22%	22%	22%	22%	22%
	Densidad	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8
T2	Porosidad	19%	19%	19%	20%	21%	25%
	Densidad	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7
T3	Porosidad	20%	22%	26%	29%	30%	35%
	Densidad	1.5	1.5	1.7	1.7	1.8	2.1

Fuente: Elaboración propia

## v. DISCUSIÓN

En la presente investigación se logró disminuir las concentraciones de metales pesados a través de la biorremediación de estiércol de *Cavia Porcellus*. El tratamiento que alcanzó el índice de mayor biorremediación fue 550g de estiércol de *Cavia Porcellus*, con un pH de 5.9 y una temperatura de 21 °C luego de un tiempo de 90 días, denominándolo como M2SCEC, obteniendo finalmente 27.15% de Pb, 18.99% de As, 4.33% de Sb, 3.53% de Fe, 94.35% de Al, 72.67% de K, y 34.8% de Ag, de eficiencia. Así mismo Zarate (2017) utilizó estiércol de *Cavia Porcellus* para minimizar las concentraciones de metales pesados en la cual su resultado más eficiente fue la reducción del 90% de Hg de su primer tratamiento, no obstante, las concentraciones de As y Pb fueron muy elevadas la cual no se recomendó como un compost que se pueda usar para la agricultura, asimismo las concentraciones de Cd, Cr, Ni, Zn cumplieron con la normativa para uso en la agricultura. Por consiguiente, el compost fue mejorado controlando sus parámetros de pH y temperatura en un periodo de 66 días (p. 74 – 96). Considerando los aspectos de control se llevó a cabo en un periodo de 90 días en la presente investigación, controlando el pH y temperatura para determinar la etapa de compostaje.

Por otra parte, Hormaza (2020) aplicó el compost más una enmienda orgánica de sustrato de malta y jora para influir en la biorremediación, donde el Pb, Zn y Cu fueron los que excedieron los ECA de suelos (p.78 – 82). Así mismo, para el tratamiento se agregó sustratos de residuos orgánicos como cascara de plátano, palta, lechuga, tomate y pepinillo. No obstante, para mejorar las características físicas del suelo se le agregó la *Eisenia Foetida* en la etapa de la madurez del compostaje, por lo tanto, el tratamiento que alcanzó el índice de mayor biorremediación con el agregado de la *Eisenia Foetida* fue 550g de estiércol de *Cavia Porcellus*, con un pH de 6.5 y una temperatura de 20 °C luego de un tiempo de 90 días, denominándolo como M3SCBF, obteniendo finalmente 74.28% de Pb, 63.27% de As, 73.71% de Sb, 18.88% de Fe, 94.48% de Al, 91.01% de K, y 81.59% de Ag, de eficiencia, el Fe obtuvo una mayor eficiencia. Por otra parte, Barreros (2017) redacta que mientras se presente concentraciones elevadas de metales

pesados es debido a la segregación de los residuos contenidos de MO pre tratamiento por compostaje. La cual, el estudio y tratamiento se dio con residuos de estiércol de cuy en estado de descomposición, ayudando a liberar gases para su acondicionamiento, logrando al final la disminución de metales pesados, pero no en su totalidad (p.67-92). Los parámetros se examinaron cada quince días, en el transcurso del proceso de compostaje. En relación a la temperatura, se logró analizar que los tratamientos 700g y 550g del control de tratamiento M2SCEC (Sustrato estiércol de *Cavia Porcellus* + suelo contaminado), lograron temperaturas entre 45°C y 40°C, en los 45 días. Mientras que el tratamiento 850g logró temperaturas mínimas de 36°C. Se determinó valores de pH desde 3.6 a 5.9, en el transcurso del tratamiento (M2SCEC), en el principio del desarrollo se registró valores desde 3.6 a 3.8, donde los más altos corresponden al tratamiento 550g. Al llegar a la etapa de madurez del compostaje se encontraron valores de pH inestables ácidas, similares entre los tres tratamientos. Por consiguiente, Alcántara (2019) con su estudio de calidad de compostaje indico que se debe controlar los niveles de temperatura con la realización del compostaje, si este llegara a alcanzar temperaturas mayores a los 60°C el proceso no sería factible para uso agrícola o uso como abono, ya que genera malos olores y acumulación de aminoácidos la cual no ayuda con el crecimiento de microorganismos ni otro ser vivo. Por lo cual en el proceso se llevó el control para evitar tener un suelo muerto y para mejorar las condiciones se agregaron sustratos y la *Eisenia Foetida* para la generación de humus y mejorar las características físicas del suelo (p.83-92).

Las concentraciones iniciales de los metales pesados fueron siete (Pb, As, Sb, Fe, Al, K, y Ag) se llevó a cabo examinarlos por tipo de tratamiento para establecer la pérdida del metal en relación al observador se realizó mediante el cálculo en porcentaje de la reducción de la concentración de metales pesados en el tiempo propuesto, el metal pesado que tuvo mayor eficiencia con el tratamiento del compostaje de estiércol de *Cavia Porcellus* logrando alcanzar los valores altos de eficiencia (superior a 75%) aplicando la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados fue el Al. Por otra parte, el compostaje de *Cavia Porcellus* más el agregado de la *Eisenia Foetida* logró alcanzar valores de eficiencia mayores al 75% en los metales Al, K y Ag. Donde logramos determinar nuestro compost idóneo

para la biorremediación usando la *Eisenia Foetida*. Sin embargo, el suelo se mantuvo en estado de contaminación y sin poder darle algún uso según los estándares de calidad ambiental, por otra parte, Cabrera (2020) propuso usar el compost de cuy para valorizar los residuos orgánicos a su vez implementarlo en la reducción de concentraciones de contaminantes en el producto final, después de realizar tres tratamientos realizando pruebas de germinación y siembra de hortalizas para determinar si las plantas absorben el porcentaje de metales pesados que quedan en el suelo (p.93). Así mismo, Contreras (2021) define que el tratamiento de biorremediación por medio de la utilización de lombrices considerablemente eficiente en comparación al compostaje tradicional para la disminución de metales como el Pb y Cd, no obstante, llegó a obtener resultados como la reducción del 52,77% de Pb y 47,16% de Cd con el tratamiento de compostaje simple, sin embargo, mediante el agregado de lombrices tuvo mejores resultados 76,99% de Pb y 75,15% de Cd (p.87-102). Se logró autenticar que el mejor compost para el tratamiento de metales pesados fue con la incorporación de la *Eisenia foetida*, la cual el porcentaje de eficiencia es aceptable y supera el 75% de efectividad de disminución de metales pesados presentes.

Por otro lado, la biorremediación beneficia las posibilidades de descontaminar suelos en mediano o largo plazo, así mismo, es un medio de factor económico favorable ya que se desea sostenibilidad y reducción de costos para minimizar el impacto de contaminación, se utilizó residuos orgánicos, por otra parte, Pascal (2020) resalta que la mayoría de microorganismos cuentan con distintos mecanismos físicos y químicos como medidas de defensa contra la toxicidad de los metales pesados, la cual es genética de cada microorganismos contrarrestarlas y mejorar su capacidad de biorremediador p.(56 – 63). Considerando que se obtuvo resultados favorables en un periodo de 90 días, sin embargo, no se llegó a tener temperaturas a nivel ambiente en el periodo de tiempo planteado, resaltando como otro factor a tratar.

López (2020) El compostaje puede mostrar una gran cantidad de especies microbianas en el proceso de la detoxificación de contaminación por metales pesados, por otro lado, el que mayor eficacia y eficiencia presenta son los hongos, sobre todo cuando incentivan su crecimiento, las cuales los hongos absorben de manera superficial o en la acumulación intracelular, así mismo la activación de microorganismos para acelerar el proceso de biorremediación las cuales logra la disminución eficiente de (Cd, Cr, Ni, Pb y Zn) (p.73-80). En la metodología empleada se incorporó la activación de microorganismos eficientes, sin embargo, en la investigación por una parte solo se incorporó restos de cascaras de plátano, palta, lechuga, pepinillo y tomate para su descomposición natural, y por otro lado se agregó la *Eisenia Foetida* para la mejora de la biorremediación de metales pesados.

## vi. CONCLUSIONES

1. La biorremediación con el compostaje del *Cavia Porcellus* más la *Eisenia Foetida* tuvo mayor influencia en la reducción de metales pesados presentes en el suelo contaminado.
2. Las características iniciales del suelo contaminado tuvieron resultados bajos, teniendo una mínima capacidad de absorción, retención de agua y nutrientes, debido a su baja porosidad 19% y textural de arenosa franca, impidiendo la filtración, el resultado del pH inicial fue de 3.5 siendo este por debajo de la neutralidad.
3. La eficacia del compost de estiércol de *Cavia Porcellus* su eficiencia mayor con el Al 94.35% y menor con el Fe 3.53%, por otra parte, la eficacia del compost de estiércol de *Cavia Porcellus* más la *Eisenia Foetida* tuvo una eficiencia mayor con Al 94.48% y menor con Fe 18.88%. Se realizó mediante el cálculo en porcentaje de la reducción de la concentración de metales pesados en el tiempo de 90 días hábiles. Se obtuvo resultados satisfactorios con (Pb, As, Sb, Fe, Al, K, y Ag).
4. La incorporación de estiércol de *Cavia Porcellus* disminuye las concentraciones de metales pesados existentes, por otra parte, añadir la *Eisenia Foetida* en el compostaje fue ideal para enriquecer el suelo y aumentar la eficiencia, demostrando los estudios, comparaciones con diversos autores en sus investigaciones con mayores y menores eficiencia en el tratamiento.

## vii. RECOMENDACIONES

1. Estimar la temperatura y pH de las etapas del compostaje, observar los factores ambientales como humedad, hacer seguimiento y proporcionar al tratamiento la *Eisenia Foetida* cuando el compostaje se encuentre en la etapa de enfriamiento o madurez, los cuales ayudarán a tener las óptimas condiciones para que puedan desarrollarse y generar humus.
2. Activar microorganismos para acelerar su desarrollo, así mismo el tratamiento será eficiente siempre que se lleve un control por etapas.
3. Evaluar primero las condiciones del suelo contaminado para determinar con que componentes trabajar, es importante la consistencia, porosidad del suelo para su desarrollo y reestructuración.
4. Remover el suelo en tratamiento, agregar agua para liberar gases y oxigenar a los microorganismos. Por otra parte, se recomienda realizar la biorremediación en un tiempo no menor a los 90 días.
5. Utilizar materiales como mascarillas, lentes, guantes, para evitar contaminarnos, por otra parte, es recomendable establecer el punto de concentración de tratamientos por biorremediación en espacios abiertos.

## REFERENCIAS

ALCANTARA ANDONAIRE, M. *“Efecto del estiércol de Cavia Porcellus en el potencial de malezas para la remediación de suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo”*. Perú: Lambayeque ,2019- 114 pp.

Disponible: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5505>

ALVAREZ GOMES, A. *“Tratamiento de los suelos superficiales mediante el uso de la biorremediación mediante desechos de animales como coagulante orgánico superficie media del distrito de Bermejo - Uruguay 2018”*. Villanueva de Gallego: Universidad San Jorge, 2012, 215 pp.

ASUNCIÓN RODRIGUEZ, K. *“Efectividad de las técnicas de biorremediación en suelos contaminados con metales pesados usando microorganismos”* .Perú: Universidad César Vallejo,2021-63 pp.

Disponible en :<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81191> .

AYALA IZQUIERDO, C. *“Efecto del estiércol y fertilizante químico en la biorremediación del suelo contaminado con residuos aceitosos en talleres de reparación de vehículos terrestres”*. Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo:,2019-84 pp.

Disponible: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/7963>

BARBARAN CRUZ,S. *“Reducción de cromo en suelos contaminados por agroquímicos utilizando lombrices de tierra (Eisenia Foetida) en el Centro Poblado Huarabi- Canta; 2017*.Perú:Universidad César Vallejo  
Disponible:<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3495>.

BARREROS CHILUISA, I. *“ Efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (cavia porcellus), enriquecido.”* Ecuador,2017, 79 pp.

<https://docplayer.es/142089845-Universidad-tecnica-de-ambato.html>



BELTRAN PINEDA, M." *Biorremediación De Metales Pesados Cadmio (Cd), Cromo (Cr) Y Mercurio (Hg) Mecanismos Bioquímicos E Ingeniería Genética*" [En línea] 11 de junio del 2016, vol. 12. [Fecha de consulta: 25 de julio del 2016]. Disponible en : <https://doi.org/10.18359/rfcb.2027>.

BERNAL, M., CLEMENTE, RVÁZQUEZ, S y WALKER, D. *Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcóllar*. España, 2017. 14p. ISSN:1132-6344.

BONILLA TORRES, S. "*Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación*". Quito, 2016. 95 p.

CAVIEDES RUBIO, D. "*Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales*" [En línea] 11 de mayo del 2015, vol. 13. [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2015].

Disponible en :<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>.

ISSN 1657-6985

CRUZ HERMOZA, Y. "*Estrategias de biorremediación basadas en compostaje y vermicompostaje en suelos contaminados con elementos potencialmente tóxicos: Revisión sistemática*". Perú: Universidad César Vallejo, 2022- 57 pp.

Disponible en : <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91347>.

CUBA & CONTRERAS. "*Eficiencia del compostaje y vermicompostaje en la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga - Canta*". Perú : Canta , 2021 -150pp. Disponible: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5802>

FERNANDES MENDES. C. "*Efectos del estiércol equino y del humus líquido en el proceso de biodegradación de un suelo contaminado con petróleo*". Perú , 2016- artículo científico 15pp. ISSN 0798-4065

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S079840652009000200](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079840652009000200)

5

FLORES LOPEZ, J. *“Efecto del estiércol de cuy, porcino y vacuno en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos diésel en terrarios”*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo , 2015- 109 pp.

Disponible: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/832>

HAGH VENTURA, N.” *Fases y acción del compostaje en la biorremediación*”. Mexico: Universidad de Colima , 2017 , Vol 2 -10pp.

HERNÁNDEZ GARCÍA, M. 2012. Maracaibo: s.n., diciembre de 2012, Tipo y niveles de investigación., pág. 12.

HERNANDEZ, ROBERTO; FERNÁNDEZ, CARLOS y BAPTISTA PILAR. 2010. *Metodología de la investigación*. s.l. McGraw-Hill Companies, Inc., 2010. ISBN:978-607-15-0291-9.

HORMAZA CAMPOS, A. *“Influencia del compost de estiércol animal en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, Huari – La Oroya, 2019*. Perú: Universidad Continental, 2019. Disponible: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7127>

ITURBE ARGÜELLES, R.” *Saneamiento de suelos contaminados con hidrocarburos mediante biopilas”*. Ingeniería Investigación y Tecnología, ISSN 2594-0732, III.1, 25-35, 2002. ISSN 2594-0732

Disponible: <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2002.03n1.004>

LAYME CHOQUE, M. *“Adsorción de metales pesados en suelos contaminados aplicando enmiendas para reducir su disponibilidad”*. Universidad Cesar Vallejo :2021 , 63 pp.

Disponible: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65898>

MADEJÓN LOPEZ, P." *SPA Adición de enmiendas a suelos contaminados*", Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS), 2016.

MARTINEZ PRADO, A." *Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes*" [Fecha de consulta: 20 de noviembre 2015].

Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n3/v27n3a9.pdf>.

MEDRANO ROLDAN, H." *Biorremediación para la contaminación ambiental agropecuaria*". *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, vol. V, núm. 2, 2016, pp. 117-130 Universidad Autónoma Chapingo.

Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545070002>.

MOSQUERA CORDOVA, T." *Eficiencia del lombricompostaje en la biorremediación de suelos degradados por la minería a cielo abierto en el municipio de unión panamericana, departamento del Chocó*". Colombia: Universidad de Manizales, 2016-71 pp. Disponible: <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2929>

MOLOCHO AVELLANADA, N." *Biorremediación De Suelos Contaminados Con Hidrocarburos Utilizando Compost De Madera Y Gallinaza A Nivel Laboratorio, SJL 2016*". Perú: Universidad César Vallejo, 2016 .

Disponible en : <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/4924>

MUNIVE CERRON, R. " *Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el valle del Mantaro mediante compost de stevia y fitorremediación*". Perú: Universidad Nacional Agraria LaMolina, 2018.

Disponible: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3770>

ÑACARI, LOPEZ, M." *Uso de las heces de animales y su descomposición para el mejoramiento de la calidad del suelo en el distrito Paraná – Argentina 2017*". Cuba: Revista cubana de química, Vol. 29, no.1, 2017, 13 pp.

PASCAL CASTILLO, M. "Uso de microorganismos del estiércol de cavia porcellus con potencial de biodegradación del petróleo biodiesel a nivel de laboratorio - Tingo María ". Universidad Nacional Agraria de la Selva: 2020,67 pp. Disponible: <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1894>

PEREZ FLORES, T." *Formulación de estrategias de manejo ambiental para los impactos ambientales generados por procesos de minería a cielo abierto en el humedal laguna de la Herrera*". Colombia: Universidad libre de Colombia,2015,181pp.

Disponible: <https://repository.unilibre.edu.co/discover>

PEREZ ESPINOZA,A."Compostaje de estiércol de oveja y gallinaza conrestos de poda de vid". España:Universidad Miguel Hernández-2018.

QUEVEDO ROMAN,G."Fases del compostaje". Ecuador: Revista ecuatoriana de química, Vol 17,2017,12 pp.

RAJENDRAN P, MUTHUKRISHNAN J, GUNASEKARAN P. 2003. *Microbes in heavy metal remediation. Indian Journal of Experimental Biology*, 41: 935-944.

RIAL, Antonio y VARELA, Jesús. *Estadística práctica para la investigación en ciencias de la salud*. España: Netbiblo, 2008. 90 pp. ISBN: 978-84-9745-243-4

ROJAS MILLA,J."Eficiencia del método de biofiltros en climas andinos, en la remoción del nitrógeno y fósforo total, empleando como medios filtrantes la eisenia foetida y lumbricus terrestris de las aguas residuales domésticas de Tuyoruri -2021".Perú:Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, 2021-149pp.

ROMAN MARTINEZ, P." *Manual del Compostaje de un agricultor*". Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura;2017 ,112 pp.

Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3388s/l3388S.pdf>.

ROMERO CARVALLO, M.” *Eficacia de la alfalfa asociada a enmiendas orgánicas para la reducción de diferentes concentraciones de plomo en la mina Colquisiri – Huaral*”. Perú: Universidad César Vallejo:2017,110 pp.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27084/Romero\\_CMJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27084/Romero_CMJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

VASQUEZ MIRANDA, J. “*Tratamientos para biorremediar suelos contaminados con metales tóxicos*”. Perú: Universidad Nacional del Callao :2018,89pp.

VILCA BARDALES, D. “*Utilización de biocatalizadores naturales en la producción de compost de calidad, aplicado en sustratos de origen animal y vegetal*”. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2016.

Disponible: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/993>

VILLACREZ, FIGUEROA, F. “*Eficacia de un coagulante a base de heces de animales para tratar suelos contaminados por petróleo - Moyobamba*” Universidad Nacional de San Martín: 2017, 89pp.

ZAPATA MARTINEZ, I.” *Efectos de la lombriz roja californiana (eisenia foetida), sobre el crecimiento de microorganismos en suelos contaminados con mercurio de Segovia, Antioquia*” . [En línea] 23 de octubre del 2016 ,vol 27 . [Fecha de consulta: 11 de junio del 2017 ].

Disponible en :  
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1911>

ZÁRATE CAJA, R. “*Mejoramiento del compostaje por medio del aumento de estiércol de vacuno para la reducción de la densidad de metales pesados en el CEPASC*”. Perú: Universidad Continental:2019,120 pp.

Disponible: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/6992>

ZHOU ,L & WEI ,L .“Remediation of Cu, Pb, Zn and Cd -contaminated agricultural soil using a combined red mud and compost amendment.” Elsevier, 9.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Título	Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Influencia del compost de estiércol del <i>Cavia Porcellus</i> en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022	<i>Cavia porcellus</i>	Son desechos del cuy, y se usan como abono en forma seca y descompuesta. Se amontona el estiércol sin compactar, en estas condiciones se estimula población de bacterias y oxidación. (Alva, 2018).	El compost de estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> se consideró la eficiencia del compostaje y el control	Compost ideal	Compost	%
					Compost + <i>Eisenia foetida</i>	%
				Control de compostaje	pH	(1-14)
					Densidad	Us/cm
					Porosidad	%
					Temperatura	°C
	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>
	Biorremediación de metales pesados	La biorremediación es un proceso de mineralización, sirve para establecer lodos residuales de los que se extrae el humus como producto que mejora las propiedades físicas de un suelo. (Haug 2017).	La biorremediación de suelos fue medida en base a la cobertura de contaminantes de metales pesados y a la caracterización del suelo.	Caracterización suelos contaminados	Estructura	Unidad (0-14)
					Textura	Arena-Limo-Arcilla
					Densidad	%
					Porosidad	Us/cm
					pH	(1 - 14)
Temperatura					°C	
Disminución de concentraciones de metales				K	Us/cm	
				Fe	Us/cm	
				As	Us/cm	
Ag	Us/cm					
Pb	Us/cm					
Al	Us/cm					

## Anexo 2. Fichas de instrumentos



PROYECTO DE INVESTIGACION: **Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022**

### FICHA N°1 REGISTRO DE DATOS A CAMPO DE LA MUESTRA DE SUELO CONTAMINADO

FICHA N° 1 REGISTRO DE DATOS A CAMPO DE LAS MUESTRAS DE SUELO CONTAMINADO									
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				REGISTRO DE DATOS DE LA MUESTRA INICIAL					
Investigadores:	Toledo Gutiérrez, Jhosmar Dari								
	Tuesta Chacón, Dayana Asmeña								
Asesor:	Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo								
Línea de investigación:	Tratamiento y Gestión de Recursos Naturales								
Muestra:	Suelo contaminado por metales pesados								
Fecha:				Hora					
MUESTRA M1-SC	PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL SUELO CONTAMINADO								
	Porosidad (%)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Consistencia	Textura	Color	Estructura	Temperatura (C°)	pH	Observaciones
M1SC									

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP: 25450  
 DNI: 08306575

SAIDA MARGARITA  
 CUADROS ORTA  
 INGENIERA AGRONINDUSTRIAL  
 Reg. CIP N° 158783


Ing. Guere Salazar Fiorella Vanessa  
 CIP:131344




**PROYECTO DE INVESTIGACION: Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022**

**FICHA N°2 REGISTRO DE DATOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS TRATAMIENTO M2SCEC**

FICHA N° 2 REGISTRO DE DATOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS										
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>			REGISTRO DE DATOS							
Investigadores:	Toledo Gutiérrez, Jhosmar Dari Tuesta Chacón, Dayana Asmeña									
Asesor:	Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo									
Línea de investigación:	Tratamiento y Gestión de Recursos Naturales									
Fecha:										
Tratamiento: (M2SCEC)	Sustratos + <i>Cavia porcellus</i> + suelo contaminado		Hora							
			M2SCEC		T1	T2	T3			
			Sustrato		250gr	250 gr	250 gr			
			<i>Cavia Porcellu</i>		850 gr	700 gr	550 gr			
		Suelo contaminado		1,5 kg	1.5 kg	1.5 kg				
<b>PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL SUELO</b>										
<b>M2SCEC</b>	Porosidad (%)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Consistencia	Textura	Color	Estructura	Temperatura (C°)	pH	Observaciones	
T1-M2SCEC										
T2-M2SCEC										
T3-M2SCEC										


  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP: 25450  
 DNI:08306575

  
 SAIDA MARGARITA  
 CUADROS ORTA  
 INGENERA AGROINDUSTRIAL  
 Reg. CIP N° 162763

  
 IGuere Salazar Fiorella Vanessa  
 CIP: 131344


**PROYECTO DE INVESTIGACION: Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022**

**FICHA N°3 REGISTRO DE DATOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS TRATAMIENTO M3SCBF**

FICHA N° 3 REGISTRO DE DATOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS										
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>			REGISTRO DE DATOS							
Investigadores:	Toledo Gutiérrez, Jhosmar Dari Tuesta Chacón, Dayana Asmeña									
Asesor:	Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo									
Línea de investigación:	Tratamiento y Gestión de Recursos Naturales									
Fecha:				Hora						
Tratamiento: (M3SCBF)	Sustratos + <i>Cavia porcellus</i> + <i>Eisenia foetida</i> + suelo contaminado			M3SCBF		T1	T2	T3		
				Sustrato		250gr	250 gr	250 gr		
				<i>Cavia Porcellu</i>		850 gr	700 gr	550 gr		
				<i>Eisenia Foetida</i>		125 gr	125 gr	125 gr		
				Suelo contaminado		1,5 kg	1.5 kg	1.5 kg		
PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL SUELO										
M3SCBF	Porosidad (%)	Densidad (g/cm3)	Consistencia	Textura	Color	Estructura	Temperatura (C°)	pH	Observaciones	
T1-M3SCBF										
T2-M3SCBF										
T3-M3SCBF										

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 DNI: 0830675  
 CIP: 25450


  
 SAIDA MARGARITA  
 CUADROS ORIA  
 INGENIERA AGROINDUSTRIAL  
 Reg. CIP N° 16763

  
 Guere Salazar Fiorella Vanessa  
 CIP: 131344


PROYECTO DE INVESTIGACION: **Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022**

**FICHA N°4 REGISTRO DE CONTROL DE ETAPAS DE COMPOSTAJE M2SCEC / M3SCBF**

FICHA N° 4 : REGISTRO DE CONTROL DE ETAPAS DE COMPOSTAJE M2SCEC / M3SCBF						
 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>			CONTROL DE ETAPAS DE COMPOSTAJE			
Investigadores	Toledo Gutiérrez, Jhosmar Dari					
	Tuesta Chacón, Dayana Asmeña					
Asesor:	Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo					
Línea de investigación:	Tratamiento y Gestión de Recursos Naturales					
Tratamiento	M2SCEC (Sustratos + <i>Cavia porcellus</i> + suelo contaminado)					
	M3SCBF (Sustratos + <i>Cavia porcellus</i> + <i>Eisenia foetida</i> + suelo contaminado)					
Fecha:						
MUESTRA	ETAPAS DE COMPOSTAJE				REGISTRO	
	MESOFILICA I	TERMOFILICA	ENFRIAMIENTO	MADUREZ	HORA	OBSERVACIÓN
<b>M2SCEC</b>						
T1- M2SCEC						
T2- M2SCEC						
T3- M2SCEC						
<b>M3SCBF</b>						
T1- M3SCBF						
T2- M3SCBF						
T3- M3SCBF						


  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP: 25450  
 DNI: 08306575

  
 SAIDA MARGARITA  
 CUADROS ORTA  
 INGENIERA AGROINDUSTRIAL  
 Reg. CIP N° 158783

  
 Guere Salazar Fiorella Vanessa  
 CIP: 131344


PROYECTO DE INVESTIGACION: *Influencia del compost de estiércol de Cavia porcellus en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022*

**FICHA N°5 REGISTRO DE CONTROL DE TIEMPO DE MADUREZ DEL COMPOSTAJE DE LOS TRATAMIENTOS M2SCEC/M3SCBF**

FICHA N° 5 : CONTROL DE TIEMPO DE MARUREZ DEL COMPOSTAJE DE LOS TRATAMIENTOS M2SCEC/M3SCBF				
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		CONTROL DEL TIEMPO DE MADUREZ		
Investigadores	Toledo Gutiérrez, Jhosmar Dari Tuesta Chacón, Dayana Asmeña			
Asesor	Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo			
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de Recursos Naturales			
Tratamiento	Compostaje		Registro	
	Madurez	Fecha	Hora	Observacion
<b>M2SCEC (Sustratos + Cavia porcellus + suelo contaminado)</b>				
T1- M2SCEC				
T2- M2SCEC				
T3- M2SCEC				
<b>M3SCBF (Sustratos + Cavia porcellus + Eisenia foetida + suelo contaminado)</b>				
T1- M3SCBF				
T2- M3SCBF				
T3- M3SCBF				

  
 Firma del experto informante  
 CIP: 25450  
 DNI: 08306575

  
 SADA MARGARITA  
 CUADROS ORIA  
 INGENIERA AGROINDUSTRIAL  
 Reg. CIP N° 168783

  
 Firma del experto informante  
 CIP: 131344

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°1 de registro de datos a campo de la muestra de suelo contaminado
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darf Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


Lima, 24 de junio del 2022



 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP 25450 DNI: 08306575

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**V. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°2 de registro de parámetros fisicoquímicos M2SCEC
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


Lima, 24 de junio del 2022



 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP 25450 DNI: 08306575

PROYECTO DE INVESTIGACION: **Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022**

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**

**IX. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°3 de registro de parámetros fisicoquímicos M3SCBF
- Autor(A) de Instrumento: Josmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 24 de junio del 2022



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP 25450 DNI: 08306575

PROYECTO DE INVESTIGACION: **Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022**

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**

**XIII. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°4 de control de etapas de compostaje M2SCEC/M3SCBF
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Dari Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 24 de Junio del 2022



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP 25450 DNI: 08306575



PROYECTO DE INVESTIGACION: **Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022**

VALIDACION DE INSTRUMENTO

**XVII. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°5 de control de tiempo de madurez del compostaje
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 24 de junio del 2022



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP 25450 DNI: 08306575

PROYECTO DE INVESTIGACION: Influencia del compost de estiércol del *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Cuadros Oría Salda Margarita
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°1 de registro de datos a campo de la muestra de suelo contaminado
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e Indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 24 de junio del 2022



CUADROS ORÍA  
SALDA MARGARITA  
INGENIERA AGROINDUSTRIAL  
Reg. CIP N° 168763

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**V. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Cuadros Oria Saida Margarita
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°2 de registro de parámetros fisicoquímicos M2SCEC
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**


CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


Lima, 24 de Junio del 2022



SIDA MARGARITA  
 CUADROS ORIA  
 INGENIERA AGRONINDUSTRIAL  
 Reg. CIP N° 166763

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**IX. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Cuadros Orta Salda Margarita
- Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°3 de registro de parámetros fisicoquímicos M3SCBF
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darl Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


Lima, 24 de junio del 2022



**MARGARITA CUADROS ORTA**  
 INGENIERA AGRONINDUSTRIAL  
 Reg. CP N° 158763

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**XIII. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Cuadros Oria Salda Margarita
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°4 de control de etapas de compostaje M2SCEC/M3SCBF
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Dari Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

**XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**
**85%**

Lima, 24 de junio del 2022



**MARGARITA CUADROS ORIA**  
 INGENIERA AGRONÓMICA  
 Reg. CIP N° 168763

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: **Influencia del compost de estiércol de *Cavia porcellus* en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, en el distrito de Jangas, 2022**

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**

**XVII. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Cuadros Oria Salda Margarita
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°5 de control de tiempo de madurez del compostaje
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 24 de junio del 2022

  
**SALDA MARGARITA**  
**CUADROS ORIA**  
**INGENIERA AGRONINDUSTRIAL**  
 Reg. CIP N° 168783

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Guere Salazar Florella Vanessa
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha N°1 de registro de datos a campo de la muestra de suelo contaminado
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darl Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


Lima, 24 de junio del 2022



 CIP:131344  
 Guere Salazar Florella Vanessa

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**V. DATOS GENERALES:**

- Apellidos y Nombres: Guere Salazar Florella Vanessa
- Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°2 de registro de parámetros fisicoquímicos M2SCEC
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


Lima, 24 de junio del 2022



CIP:131344

Guere Salazar Florella Vanessa



**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**IX. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Guere Salazar Florella Vanessa
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°3 de registro de parámetros fisicoquímicos M3SCBF
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**


CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la Investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


Lima, 24 de Junio del 2022

  
 CIP: 131344  
 Guere Salazar Florella Vanessa

VALIDACION DE INSTRUMENTO**XIII. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Guere Salazar Florella Vanessa
- Cargo e Institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°4 de control de etapas de compostaje M2SCEC/M3SCBF
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 24 de junio del 2022

CIP:131344  
Guere Salazar Florella Vanessa

**VALIDACION DE INSTRUMENTO**
**XVII. DATOS GENERALES**

- Apellidos y Nombres: Guere Salazar Florella Vanessa
- Cargo e institución donde labora: Docente en la Universidad Cesar Vallejo
- Especialidad o línea de Investigación: Ingeniería ambiental
- Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Ficha N°5 de control de tiempo de madurez del compostaje
- Autor(A) de Instrumento: Jhosmar Darí Toledo Gutiérrez / Dayana Asmeña Tuesta Chacón

**XVIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**


CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						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. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**XIX. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**XX. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


Lima, 24 de junio del 2022

  
 CIP:131344  
 Guere Salazar Florella Vanessa

# ANEXO 3. Resultados de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 829



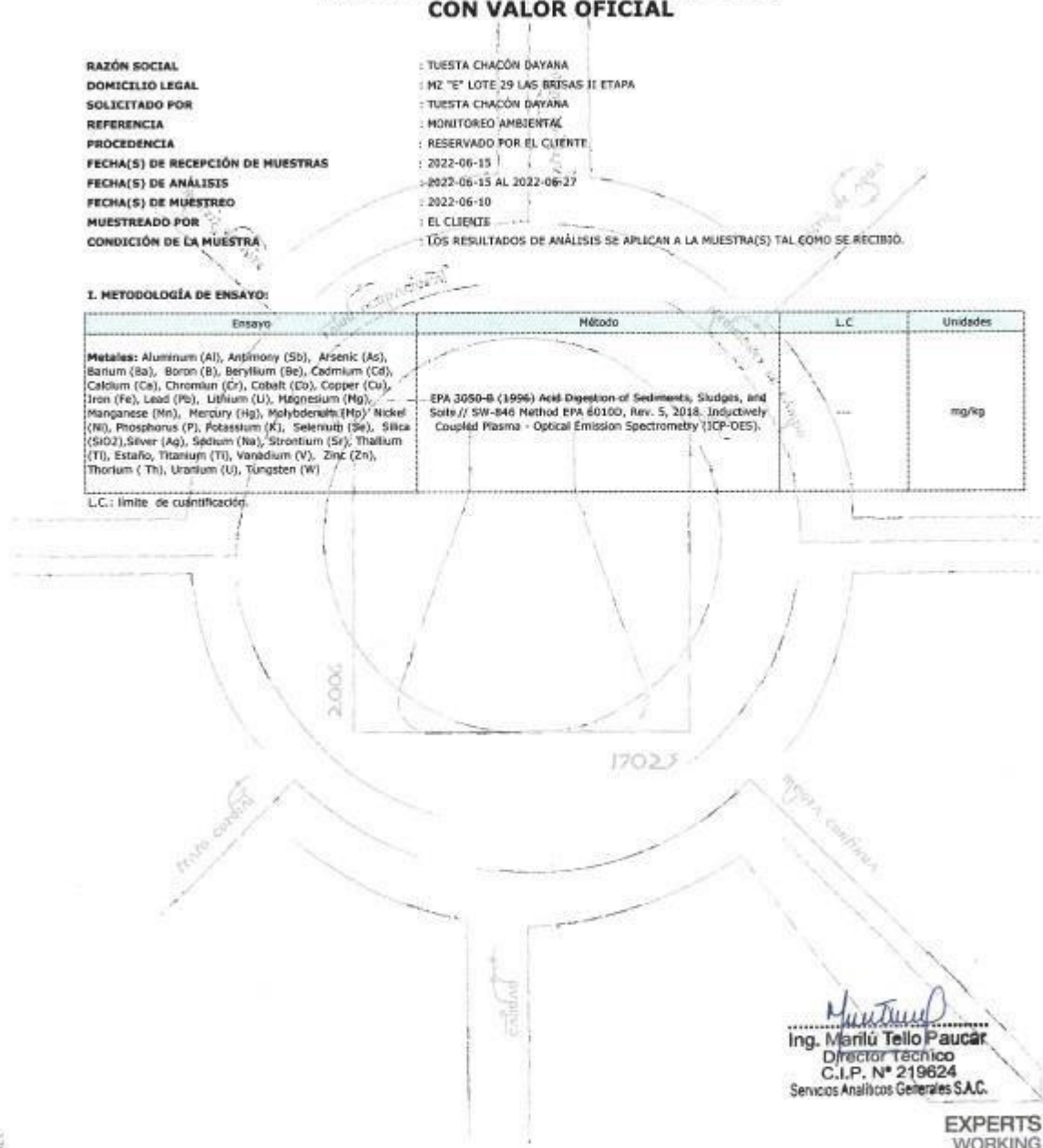
## INFORME DE ENSAYO N° 163345-2022 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : TUESTA CHACÓN DAYANA  
**DOMICILIO LEGAL** : MZ "E" LOTE 29 LAS BRISAS II ETAPA  
**SOLICITADO POR** : TUESTA CHACÓN DAYANA  
**REFERENCIA** : MONITOREO AMBIENTAL  
**PROCEDENCIA** : RESERVADO POR EL CLIENTE  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2022-06-15  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2022-06-15 AL 2022-06-27  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2022-06-10  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : TOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
<b>Metales:</b> Aluminum (Al), Antimony (Sb), Arsenic (As), Barium (Ba), Boron (B), Beryllium (Be), Cadmium (Cd), Calcium (Ca), Chromium (Cr), Cobalt (Co), Copper (Cu), Iron (Fe), Lead (Pb), Lithium (Li), Magnesium (Mg), Manganese (Mn), Mercury (Hg), Molybdenum (Mo), Nickel (Ni), Phosphorus (P), Potassium (K), Selenium (Se), Silica (SiO <sub>2</sub> ), Silver (Ag), Sodium (Na), Strontium (Sr), Thallium (Tl), Estañio, Titanium (Ti), Vanadium (V), Zinc (Zn), Thorium (Th), Uranium (U), Tungsten (W)	EPA 3050-B (1996) Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils // SW-846 Method EPA 80100, Rev. 5, 2018. Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES).		mg/kg

L.C.: límite de cuantificación.



**Ing. Marilú Tello Paucar**  
 Director Técnico  
 C.I.P. N° 219624  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

**OBSERVACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego de este período. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo [informes@sgaparu.com](mailto:informes@sgaparu.com). • Cualquier modificación no autorizada, hecha a la totalidad del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

### SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clarinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
 • Central Telefónica (511) 425-6855 • Web: [www.sgaparu.com](http://www.sgaparu.com) • Contacto Electrónico: [sgaparu@sgaparu.com](mailto:sgaparu@sgaparu.com)

SAG-11-0001-VERSION: 03/07-13/04/2022

**INFORME DE ENSAYO N° 163345-2022  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada	Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo	2022-05-10	2022-06-10	2022-06-10
Hora de inicio de muestreo (h)	10:30	14:30	11:15
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	MISC	M2SCPC	M3SCBF
Código del Laboratorio	22061666	22061667	22061668
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS-829			
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	0.06	mg/kg	21.03
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	168.8
Arsénico (As)	0.17	mg/kg	5639.60
Boro (B)	0.2	mg/kg	4.3
Bario (Ba)	0.23	mg/kg	5.57
Berilio (Be)	0.024	mg/kg	<0.021
Calcio (Ca)	2.4	mg/kg	1245.1
Cadmio (Cd)	0.03	mg/kg	1.49
Cerio (Ce)	0.3	mg/kg	3.0
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	0.17
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	0.11
Cobre (Cu)	0.07	mg/kg	14.87
Hierro (Fe)	0.24	mg/kg	6979.70
Mercurio (Hg)	0.10	mg/kg	0.29
Potasio (K)	3.5	mg/kg	428.2
Litio (Li)	0.3	mg/kg	<0.3
Magnesio (Mg)	3.7	mg/kg	17.5
Manganeso (Mn)	0.08	mg/kg	8.15
Molibdeno (Mo)	0.14	mg/kg	<0.14
Sodio (Na)	3.9	mg/kg	8.0
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	60.5
Plomo (Pb)	0.08	mg/kg	1832.30
Antimonio (Sb)	0.22	mg/kg	50.56
Selenio (Se)	0.4	mg/kg	<0.4
Estaño (Sn)	0.14	mg/kg	<0.10
Estroncio (Sr)	0.07	mg/kg	4.53
Torio (Th)	0.20	mg/kg	<0.20
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	14.12
Talio (Tl)	0.4	mg/kg	<0.4
Uranio (U)	0.3	mg/kg	<0.3
Vanadio (V)	0.05	mg/kg	0.94
Wolframio (W)/Tungsteno	0.20	mg/kg	6.06
Zinc (Zn)	0.23	mg/kg	45.65

L.D.M.: Límite de detección del método.

Resultados de Sedimento reportados en base seca.

Lima, 28 de Junio del 2022.

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras deben conservarse de acuerdo al período de posibilidad del organismo analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comuníquese al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 2

ANEXO 5. Hoja custodia del laboratorio Servicios Analíticos Generales S.AC



FR - 001  
Versión: 08  
F.E: 2021-06-11

CADENA DE CUSTODIA  
SOLICITUD DE SERVICIOS ANALÍTICOS

Página.....de.....

Cliente: Tuesta Chacón Dayana Asmeña Contacto: Jhosmar Dora Toledo Gutierrez Telf.: 983052232 E-mail: jtoledog20@gmail.com

Solicitado por:..... Lugar/Empresa/Planta/Proyecto: .....

Número de Cotización: 2022-06UH-30-2				Análisis in situ		Análisis solicitado						Nº Informe: 163345-2020			
Estación de muestreo/Código del Cliente	Tipo de Muestra	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Tipo de envase	Condición de muestra y preservación							Código de Laboratorio	Observaciones y detalles adicionales		
N1SC	Sedimento	10/06/22	10:30			Retales								22061666	
N2SCEC	Sedimento	10/06/22	14:30											22061667	
N3SCBF	Sedimento	10/06/22	11:15											22061668	

Obs. de laboratorio:

Tipo de Envase:	P	Envase de Plástico	W	Winkler
	V	Envase de Vidrio		
	FA	Frasco Ambar		
	FE	Frasco Esteril		

Condición de la Muestra y preservación	R	Refrigerada
	SR	Sin refrigeración
	I	Muestra sin preservar
	II	Muestra en envase esteril

III	Muestra preservada con HNO <sub>3</sub> , pH<2
IV	Muestra preservada con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , pH<2
V	Muestra preservada con NaOH pH> 9
VI	otros

ANEXO 6. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología
<p><b>Problema General:</b> ¿De qué manera el compost de la <i>Cavia Porcellus</i> en la biorremediación puede disminuir la contaminación de metales pesados en el distrito de Jangas?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>a) ¿De qué manera el compost de la <i>Cavia Porcellus</i> ayudará a disminuir la contaminación de metales pesados en el distrito de Jangas - 2022?</p> <p>b) ¿Cuál es la obtención adecuada de compost para disminuir la contaminación de suelos en el distrito de Jangas - 2022?</p> <p>c) ¿Cuál es la eficiencia de la biorremediación en la descontaminación de metales pesados en el distrito de Jangas - 2022?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Evaluar la influencia del compost de estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> en la biorremediación de metales pesados, Jangas - 2022.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>a) Establecer concentraciones de contaminantes en la biorremediación del suelo contaminado por relaves mineros a través del compost de estiércol de la <i>Cavia Porcellus</i> en el distrito de Jangas - 2022</p> <p>b) Delimitar parámetros asociados en la obtención del compost idóneo para la biorremediación de contaminantes en suelos con relave minero, Jangas - 2022</p> <p>c) Identificar la eficacia de la biorremediación de metales pesados en la contaminación de suelos por relave minero, en el distrito de Jangas - 2022.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> El compost de estiércol de <i>Cavia Porcellus</i> minimiza la contaminación de metales en los suelos poluidos por los relaves mineros en el distrito de Jangas - 2022</p> <p><b>Hipótesis Específicos:</b></p> <p>a) Mediante el compost la biorremediación disminuye la concentración de contaminantes asociados al relave minero, llegarán a estar por debajo de los ECAs de suelos en el distrito de Jangas - 2022</p> <p>b) Las características del compost idóneo estarían asociadas en la obtención orgánica ideal para la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados, relacionándose con indicadores de pH, la temperatura y humedad, en el distrito de Jangas - 2022.</p> <p>c) Se alcanzaría valores altos de eficiencia (superior a 75%) aplicando la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados.</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b> Biorremediación de suelos contaminados por metales pesados</p> <p><b>Indicadores de la V.D:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo de cobertura</li> <li>• Tipos de cobertura de metales pesados</li> <li>• pH</li> <li>• Textura</li> <li>• Temperatura</li> </ul> <p><b>Variable Independiente:</b> Compost de estiércol de <i>Cavia Porcellus</i></p> <p><b>Indicadores de la V.I:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Descomposición</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> Experimental</p> <p><b>Donde:</b> M1SC: Muestra N°1 M2SEEC: Muestra N°2 M3SCBF: Muestra N°3</p> <p>T1= Tratamiento N° 1 T2= Tratamiento N° 2 T3= Tratamiento N° 3</p> <p><b>Población y Muestra:</b> Se obtendrá la muestra de los suelos contaminados por relaves mineros en el distrito de Jangas perteneciente al departamento de Huaraz, debido a que la explotación de minerales dejados por la minera dejó presentes metales pesados con muchas concentraciones.</p> <p><b>Muestra:</b> En la investigación, se recogerá del suelo contaminado por el relave minero 6 muestras de 5kg cada una como muestra inicial. El estiércol de <i>cavia porcellus</i> se recolectarán 12.5 kg por cada muestra.</p>