

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Influencia del compost de estiércol animal en la  
biorremediación de metales pesados en suelos  
contaminados con relaves mineros,  
Huari - La Oroya, 2019**

Anali Cyntia Hormaza Campos

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# **ASESOR**

Ing. Edwin Paucar Palomino

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a la Universidad Continental por ser mi alma máter en lo que se entiende como mi gran soporte de vida: la formación profesional en la carrera de Ingeniería Ambiental; así también agradezco a cada uno de mis profesores que siempre fueron exigentes y ahora agradezco su constancia para alcanzar así mis objetivos como persona para con mi familia y en el ejercicio de la profesión.

De igual manera, agradezco a mis amigos y de una forma muy especial a mi asesor de tesis: Ing. Edwin Paucar Palomino, ya que sin su apoyo y motivación me sería difícil el haber culminado mi investigación en todo aspecto: social, emocional y académico, infinitamente agradecido para con ellos.

Finalmente, y no menos importante, deseo agradecer a todas las personas que forman parte de mi entorno familiar, en especial a mis hermanos por ser siempre la motivación para llegar a ser grande al pasar del tiempo.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi investigación principalmente a Dios, por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi padre, que, a pesar de la distancia física, siempre estará a mi lado, más aún en este momento muy especial para mí. A mi madre, por ser lo más preciado que tengo, que me demuestra su cariño y apoyo incondicional.

# ÍNDICE

PORTADA .....	i
<b>ASESOR</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>ÍNDICE</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.2. Objetivos .....	4
1.2.1. Objetivo general .....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación e importancia.....	5
1.3.1. Justificación práctica .....	5
1.3.2. Justificación metodológica .....	5
1.3.3. Justificación científica.....	6
1.3.4. Importancia .....	6
1.4. Hipótesis y variables .....	6
1.4.1. Hipótesis de investigación.....	7
1.4.2. Hipótesis nula .....	7
1.4.3. Hipótesis alterna.....	7
1.4.5. Operacionalización de las variables.....	8

<b>CAPÍTULO II</b> .....	9
2.1. Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos .....	9
2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis .....	11
2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación .....	13
2.2. Bases teóricas .....	14
2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación .....	14
2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación .....	19
2.2.3. Modelo teórico de la investigación .....	24
2.3. Definición de términos .....	25
<b>CAPÍTULO III</b> .....	28
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación .....	28
3.1.1. Métodos de la investigación .....	28
3.1.2. Tipo de la investigación .....	29
3.1.3. Nivel de la investigación .....	30
3.2. Diseño de la investigación .....	30
3.3. Población y muestra .....	31
3.3.1. Población .....	31
3.3.2. Muestra .....	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	34
3.4.1. Técnicas de recolección de datos .....	34
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	34
3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos .....	35
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	36
4.1. Resultados de la investigación .....	36
4.1.1. Prueba de hipótesis .....	42
4.2. Discusión de resultados .....	61
<b>CONCLUSIONES</b> .....	64

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	66
<b>ANEXOS</b> .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuadro que muestra la composición química de estiércol. ....	3
Figura 2. Lineamientos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	15
Figura 3. Interacción de los ecosistemas.....	16
Figura 4. Horizontes del suelo. ....	17
Figura 5. Principales fuentes de procedencia de metales pesados en suelos. ....	19
Figura 6. Fases del compostaje. ....	22
Figura 7. Etapas que componen el proceso de valorización.....	23
Figura 8. Marco teórico de investigación. ....	25
Figura 9. Esquema de representación del muestreo realizado. ....	32
Figura 10. Cuadro que representa el ensayo de análisis microbiológico. ....	38
Figura 11. Prueba de normalidad estadística de Shapiro-Wilk. ....	43
Figura 12. Prueba de normalidad estadística de Shapiro-Wilk. ....	44
Figura 13. Prueba de normalidad estadística de Shapiro-Wilk. ....	44
Figura 14. Representación de los valores de t student obtenidos. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 15. Representación de los valores de t student obtenidos. ....	47
Figura 16. Representación de los valores de t student obtenidos. ....	511
Figura 17. Representación de los valores de t student obtenidos. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 18. Valores de pH de las biopilas. ....	54
Figura 19. Valores de temperatura de las biopilas. ....	54
Figura 20. Valores de Humedad de las biopilas. ....	555
Figura 21. Representación de los valores de t student obtenidos. ....	588
Figura 22. Representación de los valores de t student obtenidos. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.9</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición inicial de los metales pesados. ....	3
Tabla 2. Descripción y operacionalización de las variables. ....	8
Tabla 3. Reutilización y reciclaje de residuos sólidos. ....	15
Tabla 4. Métodos de biorremediación. ....	18
Tabla 5. Establecimiento de compostaje en pilas. ....	20
Tabla 6. Códigos de las muestras - biopilas realizadas. ....	32
Tabla 7. Concentraciones iniciales de los metales pesados. ....	36
Tabla 8. Proporciones de residuos orgánicos en el compost. ....	37
Tabla 9. Proporción de mezclas en las biopilas. ....	37
Tabla 10. Resultados de la biorremediación con compost frente al Cobre (Cu) tras el pre-experimento. ....	39
Tabla 11. Resultados de la biorremediación con compost frente al Plomo (Pb) tras el pre-experimento. ....	40
Tabla 12. Resultados de la biorremediación con compost frente al Zinc (Zn) tras el pre-experimento. ....	41
Tabla 13. Concentraciones de Cobre (Cu). ....	42
Tabla 14. Concentraciones de Plomo (Pb). ....	43
Tabla 15. Concentraciones de Zinc (Zn). ....	43
Tabla 16. Concentraciones finales de Cobre (Cu). ....	49
Tabla 17. Concentraciones finales de Plomo (Pb). ....	49
Tabla 18. Concentraciones finales de Zinc (Zn). ....	49
Tabla 19. Concentraciones finales del Cobre (Cu). ....	566
Tabla 20. Concentraciones finales del Plomo (Pb). ....	566
Tabla 21. Concentraciones finales del Zinc (Zn). ....	566

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la influencia del compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019. **Métodos:** Se emplearon los métodos hipotético-deductivo, en específico observacional. El alcance de la investigación abarcó al tipo aplicado de nivel explicativo y de diseño pre experimental. La población y muestra estuvieron compuestas por residuos de vacuno, ovino y de cuy, para asumir una muestra representativa de 08 biopilas las cuales mantuvieron proporciones distintas de sustrato constituido por malta, jora y levadura. **Resultados:** Los metales pesados (Cu, Pb y Zn) superaron el Estándar de Calidad Ambiental/Guía de Calidad de Suelos del CCME, alcanzado un valor máximo de 117,4 mg/kg en Cu, 9137 mg/Kg en Pb y 11851 mg/Kg en Zn. La eficiencia de la reducción de la concentración de plomo y zinc tras el análisis de la biopila que mantuvo mayor contexto aeróbico y proporción considerable de sustrato alcanzó el valor de 90.42 % y 91.99 % respectivamente. La capacidad de remoción de metales pesados añadiendo enmiendas orgánicas logró reducir los valores iniciales, sin embargo, aún no se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental. **Conclusiones:** El compost de estiércol animal: vacuno, ovino y de cuy, aplicado como enmienda orgánica más un sustrato de malta, jora y levadura en gran proporción influye en la biorremediación de metales pesados, principalmente de cobre, plomo y zinc, en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.

**Palabras clave:** biopila, biorremediación, cobre, compost, plomo, sustrato, enmienda orgánica, zinc.

## ABSTRACT

**Objective:** To determine the influence of animal manure compost (cattle, sheep and guinea pig) on bioremediation of heavy metals in soils contaminated with mining tailings, Huari - La Oroya, 2019. **Methods:** Hypothetical-deductive methods were used, specifically observational. The scope of the research covered the applied type of explanatory level and pre-experimental design. The population and sample were composed of residues of cattle, sheep and guinea pigs, to assume a representative sample of 08 biopiles which maintained different proportions of substrate consisting of malt, jora and yeast. **Results:** Heavy metals (Cu, Pb and Zn) exceeded the Environmental Quality Standard / Soil Quality Guide of the CCME, reaching a maximum value of 117.4 mg / kg in Cu, 9137 mg / Kg in Pb and 11851 mg / Kg in Zn. The efficiency of the reduction in the concentration of lead and zinc after the analysis of the biopile that maintained a greater aerobic context and a considerable proportion of the substrate reached the value of 90.42% and 91.99% respectively. The ability to remove heavy metals by adding organic amendments managed to reduce the initial values, however, they are not yet below the Environmental Quality Standards. **Conclusions:** The compost of animal manure: beef, sheep and guinea pig, applied as an organic amendment plus a substrate of malt, jora and yeast in large part influences the bioremediation of heavy metals, mainly copper, lead and zinc, in contaminated soils with mining tailings, Huari - La Oroya, 2019.

**Keywords:** biopile, bioremediation, copper, compost, lead, substrate, organic amendment, zinc.

# INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se tienen muestras de la contaminación ambiental producidos antropogénicamente, como es el caso puntual de las actividades de minería, donde se generan propiamente desechos peligrosos, con características de toxicidad que suelen fijarse y acumularse en los medios receptores de contacto inmediato, como es el caso del suelo. La generación de relaves mineros, su mala práctica de tratamiento y disposición final en la actualidad generan contextos de contaminación a gran escala en especial en sectores productivos asociados a sociedades en desarrollo, donde la población sufre de pobreza y pobreza extrema, viendo mermada también su calidad de vida al propiamente convivir con los residuos de la minería en actividad y que no suele cesar sus actividades por más denuncias que se den, englobando a acciones inapropiadas de responsabilidad social <sup>(1)</sup>.

En la presente se tiene como objetivo el remediar potencialmente suelos contaminados con relaves mineros con la novedosa manera de aplicar compost como enmienda orgánica, el cual se desarrolla a pequeña escala utilizando residuos de estiércol animal: vacuno, ovino y de cuy, además de añadir un sustrato como alternativa de optimización de la biorremediación mediante biopilas, el cual es un mecanismo utilizado para descontaminar suelos con presencia de relaves mineros ya que se conjuga la existencia de microorganismos con la acción de factores ambientales como el caso del oxígeno en medios aeróbicos, de modo que en potencia ayuden a solucionar el problema descrito en el párrafo anterior.

A lo largo de la tesis se exponen 4 capítulos: el capítulo I donde se plantea y formula el problema, además de justificarlo y operacionalizar sus variables; el capítulo II que consta de los antecedentes de la investigación, sumado a las bases teóricas y la definición de términos; en el capítulo III se expone a la metodología de la investigación basada en el método científico para así alcanzar resultados representativos y validados en el capítulo IV, finalmente concluyendo que el compost de estiércol animal: vacuno, ovino y de cuy, aplicado como enmienda orgánica más un sustrato de malta, jora y levadura en gran proporción influye en la biorremediación de metales pesados, principalmente de plomo, cobre y zinc, en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.

La autora.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

A nivel internacional, se tienen investigaciones que determinaron características físico-químicas del suelo para el análisis de concentración de metales como es el caso As, Pb, Zn y Cd, los mismos que muestran una tendencia a concentrarse en la capa superficial del suelo, provocando un riesgo latente para el cultivo, actividad ganadera y a su vez al ser humano. Se tienen reportados datos de pH ácido para suelos en contacto con metales pesados, entre ellos los que presentan altas concentración fueron Cd, Zn, As y Pb. Para este caso, fue necesario realizar tratamientos, como es la remediación con el fin de reducir o disminuir sus altas concentraciones, así como también los problemas de contaminación a los componentes ambientales (aire, agua y suelo), en este caso predominamos el suelo <sup>(1)</sup>.

Las contaminaciones de los suelos de La Oroya por metales pesados pueden emitir cantidades considerables de dióxido de azufre. Se viene dando desde el año 1922 época en el que el Complejo Metalúrgico de La

Oroya (CMLO) inicia sus operaciones con la Empresa Cerro de Pasco Corporation, de las distintas etapas del proceso metalúrgico generan escenarios de desequilibrio por la presencia de características de peligrosidad, como es el caso de la toxicidad del plomo que ha llevado a través de los tiempos a crecientes descargas hacia los diferentes componentes ambientales, aumentando y diversificando paralela y progresivamente las condiciones de exposición a niveles cada vez más altos, que afectan a la salud y al medio ambiente contaminando el aire, los suelos y el agua por los efluentes industriales y aguas pluviales contaminadas <sup>(2)</sup>.

Tras la explotación minera, los suelos que quedan al final de todos los procesos contienen todo tipo de materiales residuales que representa graves problemas para el desarrollo vegetal ya que tienden a acumularse a nivel superficial del suelo, para ello las características, evaluación y remediación del suelo contaminado son importantes en cuestión de reducir o aumentar la toxicidad de los metales pesados en el suelo y los parámetros son la distribución de estos metales en los perfiles del suelo <sup>(1)</sup>, así mismo es uno de los principales retos ambientales por abordar en los próximos años. La peligrosidad de los contaminantes en los suelos viene dada no solo por su concentración total, sino especialmente por su disponibilidad.

Los metales pesados que son acumulados en los relaves se reducen mediante tecnologías de descontaminación. En este caso se realizará la biorremediación con compost de estiércol animal (vacuno, ovino y cuy) por su alto contenido en materia orgánica para la estabilidad, aumentando su capacidad para retener agua mejorando su manejabilidad, que hará factible que el suelo contaminado baje sus concentraciones de metales pesados deseando llegar a ser fértil, previo tratamiento de las biopilas, donde los contaminantes son biodegradados reduciendo así las concentraciones de metales pesados, que serán analizados antes y después del tratamiento para poder ver la diferencia de sus concentraciones.

### COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ESTIÉRCOL (O GUANO)

ESPECIE ANIMAL	MATERIA SECA %	N %	P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> %	K <sup>2</sup> O %	CaO %	MgO %	SO <sup>4</sup> %
Vacunos (f)	6	0,29	0,17	0,10	0,35	0,13	0,04
Vacunos (s)	16	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04	0,13
Ovejas (f)	13	0,55	0,01	0,15	0,46	0,15	0,16
Ovejas (s)	35	1,95	0,31	1,26	1,16	0,34	0,34
Caballos (s)	24	1,55	0,35	1,50	0,45	0,24	0,06
Caballos (f)	10	0,55	0,01	0,35	0,15	0,12	0,02
Cerdos (s)	18	0,60	0,61	0,26	0,09	0,10	0,04
Camélidos (s)	37	3,6	1,12	1,20	s.i.	s.i.	s.i.
Cuyes (f)	14	0,60	0,03	0,18	0,55	0,18	0,10
Gallina (s)	47	6,11	5,21	3,20	s.i.	s.i.	s.i. (f)

(f) Fresco, (s) seco, (s.i.) sin información.

Fuente SEPAR, 2004. Boletín Estiércoles

Figura 1. Cuadro que muestra la composición química de estiércol.

Fuente: SEPAR<sup>(3)</sup>.

Los análisis de las composiciones iniciales de los metales pesados (As, Cu, Pb, Zn, Sb, Cr) de dos muestras de relave minero (alta y baja saturación) se comparan con los valores de suelo agrícola de los Estándares de Calidad Ambiental para el Plomo (Pb) y las Guías de Calidad de Suelos del CCME para el Cobre (Cu) y Zinc (Zn), destacados a estos 3 metales pesados los más críticos.

Tabla 1. *Composición inicial de los metales pesados.*

Ensayo inicial /Metal	AH-T-01 (mg/Kg)	AH-T-02 (mg/Kg)	ECA Suelo agrícola/Guías de Calidad de Suelos del CCME
As	< 2.21	< 2.21	50
Cu	117.4	98.59	63
Pb	1200	9137	70
Zn	2186	11851	200
Sb	< 0.54	< 0.54	-
Cr	< 0.03	< 0.03	-

Fuente: elaboración propia.

### 1.1.2. Formulación del problema

#### A) Problema general

- ¿Cuál es la influencia del compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019?

#### B) Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de los metales pesados (Cu, Pb y Zn) tras la biorremediación de suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019?
- ¿Cuáles son parámetros asociados a la obtención de una enmienda orgánica adecuada para la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019?
- ¿Cuál es la eficiencia de biopilas para la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de los metales pesados (Cu, Pb y Zn) tras la biorremediación de suelos contaminados con relaves mineros con compost de estiércol animal, Huari - La Oroya, 2019.
- Identificar los parámetros asociados a la obtención de una enmienda orgánica adecuada para la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.
- Determinar la eficiencia de biopilas para la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.

### 1.3. Justificación e importancia

#### 1.3.1. Justificación práctica

La investigación tiene el fin de biorremediar suelos contaminados con relaves mineros que presentan altas concentraciones de metales pesados, por ello se analizará dichas concentraciones antes y después de tratamiento, éste consiste en la aplicación de compost elaborado con estiércol animal (vacuno, ovino y cuy) molido para su rápida descomposición y el sustrato elaborado con malta, jora y levadura, lo cual después de un tiempo determinado será aplicado por medio de biopilas, para finalmente determinar su eficiencia al disminuir sus concentraciones de estos metales.

#### 1.3.2. Justificación metodológica

La metodología que se utilizó para la elaboración del compost es el método INDORE, que consiste desde la recepción de los residuos sólidos (estiércol animal) para luego pasar a molerlo para que acelere el proceso de descomposición, en este caso establecí 4 pilas de compost con

proporciones diferentes de estiércol animal, luego realice el monitoreo diario del compost durante 3 meses realizando volteo, regulación de humedad, pH y temperatura. Prosiguiendo con la construcción de las biopilas, que tiene como fin reducir las altas concentraciones de metales pesados mediante la ayuda del compost elaborado a base de estiércol de animal y el sustrato realizado con malta, jora y levadura.

### 1.3.3. Justificación científica

En la presente investigación utilizamos el método científico que es la observación y experimentación, por otra parte aporta como alternativa al problema que trae los subproductos generados en la minería que es el relave minero que tiene altas concentraciones de metales pesados que presentan desequilibrios basados en su persistencia y toxicidad, el cual se aplica un tratamiento que es la biorremediación por medio de biopilas, teniendo como resultados muestras de relave con bajas concentraciones que al principio, debido que estos metales pesados no pueden ser degradados solo disminuir su toxicidad.

### 1.3.4. Importancia

La importancia de esta investigación es realizar biopilas que implica adicionar suelos contaminados (relave minero) en pilas y estimular la actividad microbiana aeróbica del suelo a través de la aireación y la adición de materia orgánica que en este caso es el compost (vacuno, ovino y de cuy), el cual mejora la estructura del suelo y favorece el proceso de biodegradación al actuar como co-sustrato. Este método es eficaz para reducir las concentraciones de los metales pesados que contiene las muestras de relave minero.

## 1.4. Hipótesis y variables

#### 1.4.1. Hipótesis de investigación

- $H_1$ : El compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) influye en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.

#### 1.4.2. Hipótesis nula

- $H_0$ : El compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) no influye en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.

#### 1.4.3. Hipótesis alterna

- $H_a$ : El compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) influye en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019 en función de la eficiencia de las biopilas.

#### 1.4.4. Hipótesis específicas

- La concentración de los contaminantes (Cu, Pb y Zn) asociados al relave minero disminuye tras la biorremediación aplicando compost al suelo, sin embargo, no llegan a encontrarse por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental/Guías de Calidad de Suelos del CCME, Huari - La Oroya, 2019.
- Los parámetros asociados a la obtención de una enmienda orgánica adecuada para la biorremediación de suelos contaminados por relaves mineros se relacionan con el pH, la temperatura y humedad (características de compost ideal), además de la cantidad de adición del sustrato empleado a base de malta, jora y levadura considerando un ambiente aeróbico, Huari - La Oroya, 2019.
- La aplicación de biopilas para la biorremediación de suelos contaminados con relaves mineros alcanza valores altos de eficiencia (superiores al 80 %), Huari - La Oroya, 2019.

#### 1.4.5. Operacionalización de las variables

Tabla 2. Descripción y operacionalización de las variables.

Variables	Tipo	Concepto	Categoría	Indicadores
Biorremediación de suelos contaminados con metales pesados	Dependiente	La biorremediación es una biotecnología el cual destruye los contaminantes del suelo obteniendo suelo fértil para la agricultura.	Metales Pesados Total	Cu, Pb, Zn
			Compost	Humedad, pH, Temperatura
			Biopilas	
Compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy)	Independiente	Abono orgánico elaborado con estiércol animal para reducir la concentración de metales pesados.	Factores del proceso de compost	Humedad, pH, Temperatura
			Función microbiológica	Caracterización microbiológica de <i>Aspergillus sp.</i> y actinomicetos.
			Parámetros del compost elaborado	M.O, relación C/N, C.E., N, P, K.

Fuente: elaboración propia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el artículo científico titulado “Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg) mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión”, en el cual se planteó el objetivo de “obtener energía y en muchos casos transformarlos, los metales pesados son sustratos que pueden ser inmovilizados o transformados por estos organismos utilizando diversas estrategias lo cual puede afectar su biodisponibilidad”. Los resultados de su investigación fueron “al usar técnicas de ingeniería genética manipulan cepas microbianas las cuales contienen buenas capacidades biorremediadoras que generan microorganismos potenciales, mostrando resultados promisorios a nivel in vitro y de campo”. Las conclusiones se relacionaron con el hecho de reducir la carga contaminante de diversos ambientes, a los cuales se puede implementar técnicas de biorremediación mediante hongos y bacterias, ya que las plantas hiperacumuladoras (metalófitas) tienen la capacidad de remoción, reducción, transformación, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de metales pesados gracias a su alta capacidad de acumulación tanto en las raíces como en su translocación alcanzando niveles de remoción al 100 % <sup>(4)</sup>.

En el artículo científico titulado “Optimización de la biorremediación en relaves de cianuración adicionando nutrientes y microorganismos”, en el cual se planteó el objetivo de “encontrar los parámetros óptimos para el desarrollo de los procesos de biorremediación de relaves de cianuración, mediante experimentos factoriales a nivel de columnas con la adición de nutrientes y el empleo de bacterias sulfato reductoras (BSR) para estabilizar iones metálicos mediante la formación de sulfuros y bacterias capaces de biodegradar cianuro (BC)”. Los resultados de su investigación fueron “al realizar la prueba final se observó que la presencia de bacterias sulfato reductoras se desarrollan con relave, obteniendo así un porcentaje promedio de reducción de sulfato de 34 % (1069 mg/L) y la columna de relave sin adición sólo produjo 1 % (70 mg/L), aumentando la concentración de sulfato en 500 mg. Concluyen que para realizar los procesos de biorremediación es necesario caracterizar previamente a las poblaciones microbianas eficaces, que están envueltas en dichos procesos para determinar el papel de otros nutrientes en el control de la biorremediación <sup>(5)</sup>.

En el artículo científico titulado “Suelos contaminados con plomo en la Ciudad de La Oroya-Junín y su impacto en las aguas del Río Mantaro”, en el cual se planteó el objetivo de “conocer la distribución de la contaminación por plomo en la superficie de los suelos de la ciudad de La Oroya Antigua, donde se determina en qué medida el plomo se transfiere al río Mantaro, como afecta la temporada lluviosa al incremento de esta contaminación hacia el río Mantaro”. Los resultados de su investigación fueron al realizar la toma de 75 muestras para el análisis de Pb se obtuvo 65 muestras del total que superaron el estándar de calidad ambiental para el sector industrial, comercial y extractivo. Concluyen que, tras realizar el análisis de concentraciones de plomo en el suelo de la ciudad de La Oroya, éste metal se encuentra distribuido en toda la población con diferentes cantidades, superando así el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelos. Por lo tanto, ésta ciudad no es apta para albergar personas ni para realizar actividades industriales o comerciales <sup>(6)</sup>.

En el artículo científico titulado “Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera”, en el cual se planteó el objetivo de “evaluar la contaminación en el suelo por Plomo, Cadmio, Cinc y Arsénico a diferentes distancias y niveles de profundidad y determinar su relación con características físico-químicas”. Los resultados de su investigación fueron “que la mayor concentración se da en sitios cercanos a los jales, disminuyendo la concentración a medida que se aleja de ellos, sobrepasando los rangos establecidos con las agencias internacionales. El Arsénico se asoció con distancia a la fuente, textura y materia orgánica; el Plomo con la distancia a la fuente y textura; el Zinc con distancia a la fuente y el Cadmio con la distancia a la fuente, pH y profundidad de suelo. Concluyen que los elementos estudiados (As, Pb, Zn) presentaron mayor acumulación de metales pesados en los lugares cercanos a la presa de jales (600m), así como a una profundidad mayor, a excepción del Cd que no coincide con esta característica y su mayor acumulación se presentó en la superficie y no a una profundidad mayor como los elementos anteriormente descritos. Sin embargo, estos suelos deberían ser sometidos un proceso de remediación, teniendo como fin disminuir los riesgos para los componentes del ecosistema del área estudiada <sup>(1)</sup>.

#### 2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En la tesis titulada “Análisis y comparación de tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales, 2012”, en la que se planteó el objetivo “analizar y comparar tecnologías de remediación de suelos contaminados con metales. La conclusión de su investigación fue <sup>(7)</sup>:

- La aplicación de las tecnologías se llevó a cabo sin mayores problemas, ya que no se requerían equipos muy sofisticados para la experimentación. Por supuesto para una aplicación futura a mayor escala se requerirían sistemas de control y mayo, permitió detectar ventajas y desventajas de las tecnologías en cuanto a su ejecución, aportando información en el desarrollo de una estrategia de remediación de este suelo.

En la tesis titulada “Estudio sobre captura eficiente de metales pesados empleando procesos de biorremediación, 2017”, en la que se planteó el objetivo “realizar un estudio teórico sobre captura eficiente de metales pesados empleando procesos de biorremediación”. La conclusión de su investigación fue <sup>(8)</sup>:

- La biorremediación para la recuperación del recurso suelo, tras ser contaminados con diversas sustancias químicas, provenientes generalmente de procesos industriales, se constituye en uno de los mecanismos ambientales más utilizados hoy en día por la rama científica, para el establecimiento de nuevas tecnologías, que propendan la sostenibilidad de los diferentes componentes de un ecosistema.

En la tesis titulada “Biorremediación con abono bocashi para la recuperación de suelos contaminados por plomo (Pb) en la comunidad Vicco-Pasco 2016”, en la que se planteó el objetivo “evaluar en qué medida la biorremediación con abono bocashi recupera los suelos contaminados por plomo en la comunidad Vicco-Pasco 2016”. Las conclusiones de su investigación fueron <sup>(9)</sup>:

- El abono bocashi es óptimo y recomendable, debido a que se logró reducir el Plomo (Pb) aproximadamente en un 67,37 % mediante el tratamiento de biorremediación que tuvo una duración de 2 meses, a un pH 7,06; 6,34 % M.O; 3,68 % CO; 396 mg/kgP; 655 mg/kgK obteniendo los parámetros físico-químicos óptimos del abono bocashi.

En la tesis titulada “Evaluación y propuestas de remediación a suelos contaminados con metales pesados e hidrocarburos de procedencia industrial”, en la que se planteó el objetivo “estudiar las distintas tecnologías de remediación, evaluando con cuál de ellas se pueden alcanzar los niveles esperados de limpieza, teniendo en cuenta el futuro uso del suelo”. Las conclusiones de su investigación fueron <sup>(10)</sup>:

- Las tecnologías de remediación, son una excelente técnica para la recuperación de suelos contaminados con metales pesados e hidrocarburos, empleando procesos biológicos y físico-químicos para cada sustancia química encontrada en el lugar de estudio, siendo ideales para la reducción de los riesgos para la salud y el medio ambiente.

### 2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación

En la investigación titulada “El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México”, en la cual se planteó el objetivo de “biodegradar (destruir) y detoxificar contaminantes, mientras otras tecnologías (adsorción en carbón activo, lavado, confinamiento y solidificación/estabilización) transfieran los contaminantes de un medio a otro”. Los resultados del composteo fueron viables de aplicación para la remediación de suelos contaminados tras haber realizado correctamente los monitoreo y análisis rutinario del suelo contaminado durante el tratamiento tales como: parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura, humedad) y biológicas (cuantificar la población y actividad microbiana). Las conclusiones fueron que las tecnologías de composteo para la remediación de suelos contaminados son procesos relativamente sencillos de efectuar y aplicar, demandan de conocimiento sobre los tipos de tecnologías, disponibilidad de materiales y equipos para llevar acabo la biorremediación <sup>(11)</sup>.

En la investigación titulada “Concepto y estrategias de biorremediación”, en la cual se planteó el objetivo de “explicar sobre las metodologías de biorremediación (atenuación natural, bioestimulación y bioacumulación) y sus tecnologías existentes (in situ, bioventing, air sparging, bioslurry, landfarming y biopilas)”. Los resultados de su investigación fueron que “el producto obtenido se denomina “compost” que es un buen abono de liberación lenta y un excelente regenerador orgánico de suelos, aunque su uso no es habitual, sus resultados son buenos al ser mezclados con metales pesados y ser aplicadas de igual manera a otros tipos de

biorremediación”. Las conclusiones fueron que “tras conocer las metodologías y sus tecnologías existentes, la biorremediación se puede aplicar como tratamiento para contrarrestar la contaminación de un medio, por medio de microorganismos que reducen o eliminan los riesgos medioambientales de la acumulación de los compuestos químicos tóxicos y otros residuos peligrosos existentes <sup>(12)</sup>.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

#### 2.2.1.1. Residuos sólidos:

La generación de subproductos se debe a la función de su actividad de producción; éstos se clasifican en agropecuarios (agrícolas y ganaderos), forestales, mineros, industriales y urbanos. A excepción de los mineros, por sus características de localización, cantidades, composición, etc., los demás poseen numerosos aspectos comunes desde el punto de vista de la recuperación y reciclaje <sup>(13)</sup>.

#### 2.2.1.1.1. Normativa de los residuos sólidos:

En relación a lo propuesto por la normativa vigente, los residuos abarcan cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso su disposición final, aplicando los lineamientos <sup>(14)</sup>:

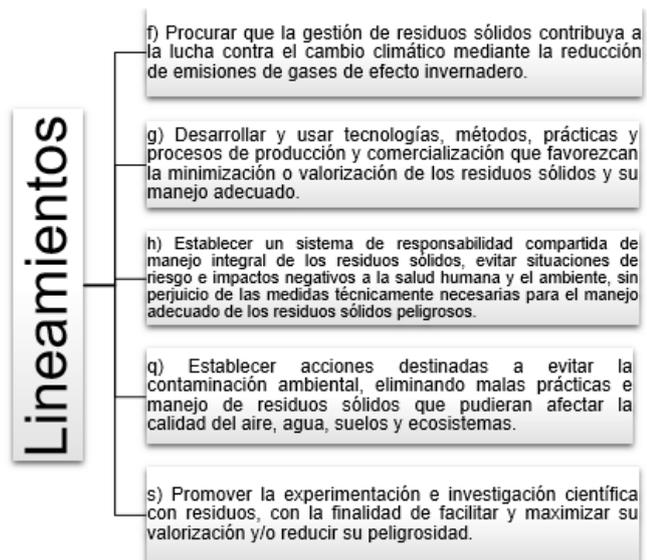


Figura 2. Lineamientos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.1.1.2. Reutilización y reciclaje de residuos sólidos:

La reutilización incluye toda actividad que permita reaprovechar directamente el elemento que constituya el residuo sólido, que cumpla el mismo fin para el que fue elaborado al principio. Por otra parte, el reciclaje abarca toda actividad que permite reaprovechar un residuo sólido mediante el proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines <sup>(14)</sup>.

Tabla 3. *Reutilización y reciclaje de residuos sólidos.*

Reutilización





Fuente: elaboración propia.

## 2.2.1.2. Biorremediación de suelos contaminados con metales pesados

### 2.2.1.2.1. Ecosistema Natural:

El ecosistema comprende una serie de sistemas de interacción abierta que incluye formas vivas como animales, plantas, mares y microorganismos, así como su ambiente abiótico: suelos, formaciones geológicas y constituyentes atmosféricos, lo mismo que sus actividades, interrelaciones, reacciones químicas, cambios físicos y demás fenómenos de cada uno <sup>(15)</sup>.

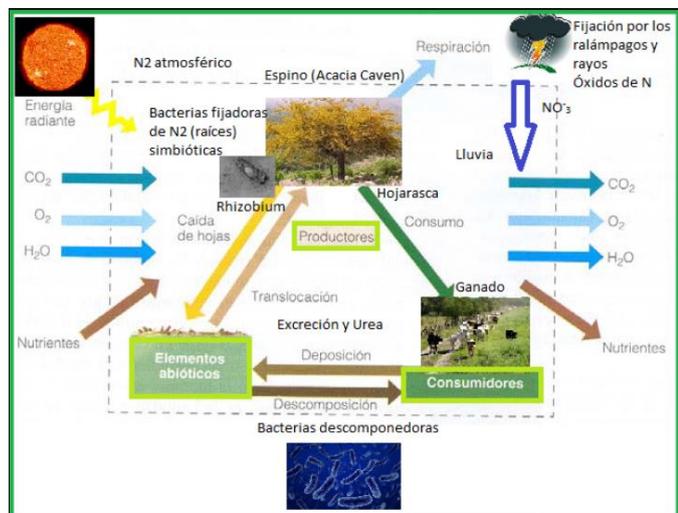


Figura 3. Interacción de los ecosistemas.

Fuente: SMITH <sup>(16)</sup>.

#### 2.2.1.2.1.1. Suelo:

Está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo <sup>(17)</sup>.

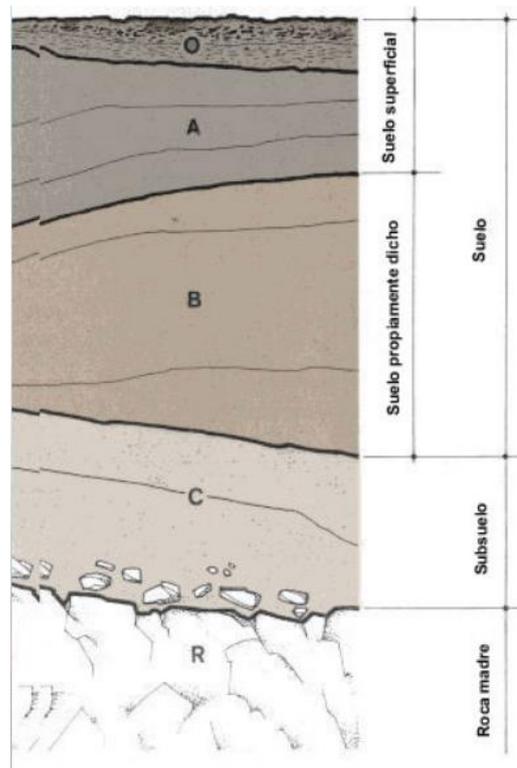


Figura 4. Horizontes del suelo.

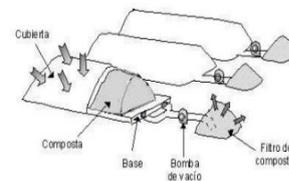
Fuente: FAO <sup>(18)</sup>.

#### 2.2.1.2.2. Biorremediación:

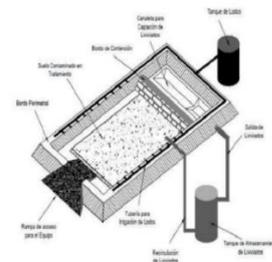
La biorremediación abarca a “un proceso mediante el cual los microorganismos transforman los compuestos químicos peligrosos de un suelo contaminado en productos finales no peligrosos. Casi todos los compuestos orgánicos y algunos inorgánicos pueden degradarse biológicamente si se da el tiempo suficiente y se proporcionan las condiciones físicas y químicas requeridas” (19).

Tabla 4. *Métodos de biorremediación.*

Biopilas



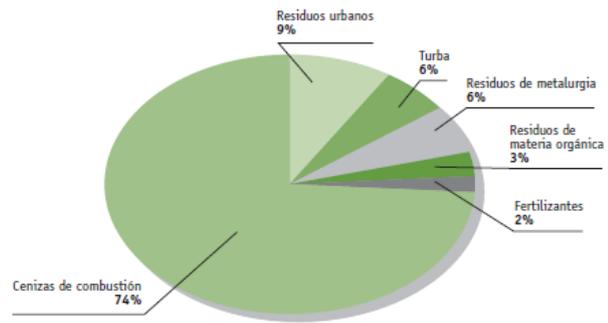
Biolabranza



Fuente: ITURBE (19).

#### 2.2.1.2.3. Metales pesados en el suelo

Se considera que algunos metales pesados son perjudiciales y otros esenciales, su deficiencia o exceso puede causar problemas de salud siendo necesario evitarlos siempre (20).



*Figura 5.* Principales fuentes de procedencia de metales pesados en suelos.

Fuente: MAS y AZCÚE <sup>(20)</sup>.

## 2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación

### 2.2.2.1. Gestión de residuos sólidos

Se asume como gestión de residuos sólidos a toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos del ámbito de gestión municipal o no municipal, tanto a nivel nacional, regional como local <sup>(21)</sup>.

#### 2.2.2.1.1. Reciclaje de residuos sólidos domésticos

Los residuos sólidos domésticos son el producto de la elaboración de alimentos y restos de alimentos preparados, éstos pueden ser directamente reaprovechados para la elaboración de compost como mejorador de suelo. Es decir, volver a beneficiarse con un bien ya usado <sup>(22)</sup>.

#### 2.2.2.1.1.1. Mecanismo de reciclaje del compost

Para elaborar compost se utiliza el Método Indore, cuyo nombre en homenaje a un pueblo en la India, donde fue practicado por primera vez por Sr. Albert Howard, Agrónomo del Gobierno Inglés quien estuvo en la India entre 1905 y 1934. Lo realizó para atender la necesidad de mejoramiento de los suelos y de los cultivos en la región <sup>(23)</sup>.

Sistemas de compostaje más usados:

- Compostaje en Pilas.
- Compostaje en Corral.

Tabla 5. *Establecimiento de compostaje en pilas.*

Procedimiento	Medidas
Se realiza la nivelación de suelo donde se construirá la pila.	2m x 2m
Se añade una capa de residuos de origen animal A las pilas se le adiciona cal esparciéndola sobre el compostaje.	25cm
Es necesario medir la Temperatura, pH y humedad.	

Fuente: elaboración propia.

Factores que afectan el proceso del compostaje.

- Temperatura: 35°C – 55°C.
- Humedad: 40 % – 60 %.
- Aireación.
- pH: 5 – 8.

Fases del compostaje <sup>(24)</sup>:

- Fase Mesófila: comenzando el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días y horas la temperatura aumenta hasta 45°C, debido a la actividad microbiana <sup>(24)</sup>.
- Fase Termófila o de Higienización: cuando el material alcanza temperaturas mayores a 45°C, desarrollándose bacterias termófilas, que degradan las fuentes más complejas de C. este calor generado destruye bacterias, contaminantes de origen fecal entre otros dando lugar a un producto higienizado <sup>(24)</sup>.
- Fase de Enfriamiento o Mesófila II: la temperatura desciende hasta 40-45°C y el pH se mantienen ligeramente alcalino <sup>(24)</sup>.

- Fase de Maduración: se producen reacciones secundarias de degradación (24).

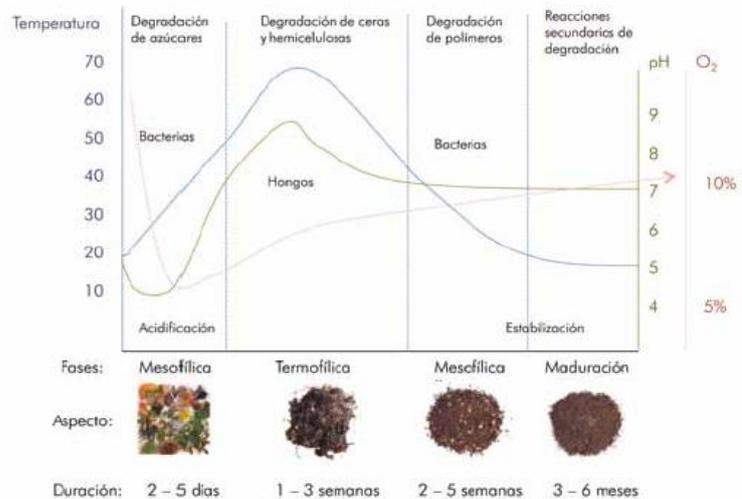


Figura 6. Fases del compostaje.

Fuente: Manual de compostaje del agricultor (24).

#### 2.2.2.1.2. Adición de enmiendas:

Los suelos contaminados por sales o metales pesados pueden también recuperarse in situ añadiéndoles sustancias orgánicas e inorgánicas y mezclándolas con los horizontes del suelo para transformar los contaminantes (25).

#### 2.2.2.1.3. Valorización de residuos sólidos:

Engloba a todas las etapas del ciclo de vida de los residuos sólidos urbanos y articula los beneficios ambientales, optimización económica y concertación social, dentro de un sistema práctico y sostenible. También

combina una serie de opciones en cuanto a los tratamientos a utilizar incluyendo entre ellos la reutilización, recuperación y clasificación del material reciclable, compostaje de la fracción orgánica de los RSU, biogasificación, recuperación de energía y vertederos controlados utilizados únicamente para la disposición final de aquella fracción de los residuos sólidos urbanos que no pueda ser recuperada por los métodos citados anteriormente <sup>(26)</sup>.

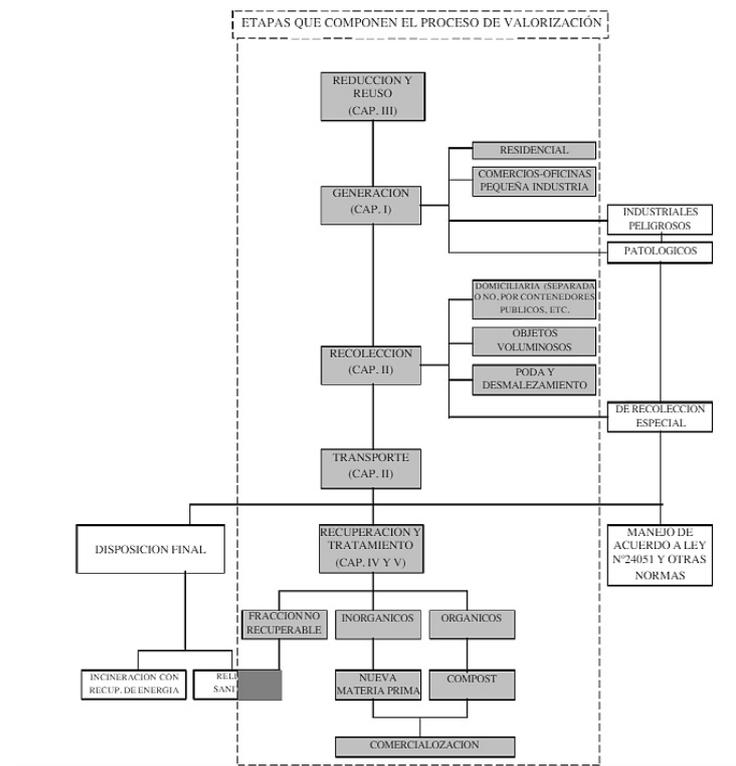


Figura 7. Etapas que componen el proceso de valorización.

Fuente: Plan Nacional de Valorización de Residuos <sup>(26)</sup>.

## 2.2.2.2. Biorremediación de suelos contaminados con metales pesados

### 2.2.2.2.1. Aplicación de la biorremediación con residuos sólidos

La aplicación de la biorremediación es por medio de biopilas, es una técnica que forma pilas con el suelo contaminado, estimulando la actividad microbiana, agregando aire, agua a una temperatura ambiente mayor a 15°C <sup>(19)</sup>.

#### 2.2.2.2.2. Recuperación de suelos degradados con metales pesados

Se debe considerar la recuperación de áreas que se encuentren en proceso de degradación o degradadas en las que se hubiera perdido la funcionalidad del ecosistema y se presenten procesos de fragmentación <sup>(27)</sup>.

#### 2.2.2.2.3. Muestreo de suelos contaminados

La toma de muestras de suelo se realiza el muestreo de comprobación de la remediación (MC). Para áreas de contaminación de forma regular menores a 1000 m<sup>2</sup>. Se tiene una forma regular de un rectángulo, con un numero de muestras de 8 <sup>(17)</sup>.

### 2.2.3. Modelo teórico de la investigación

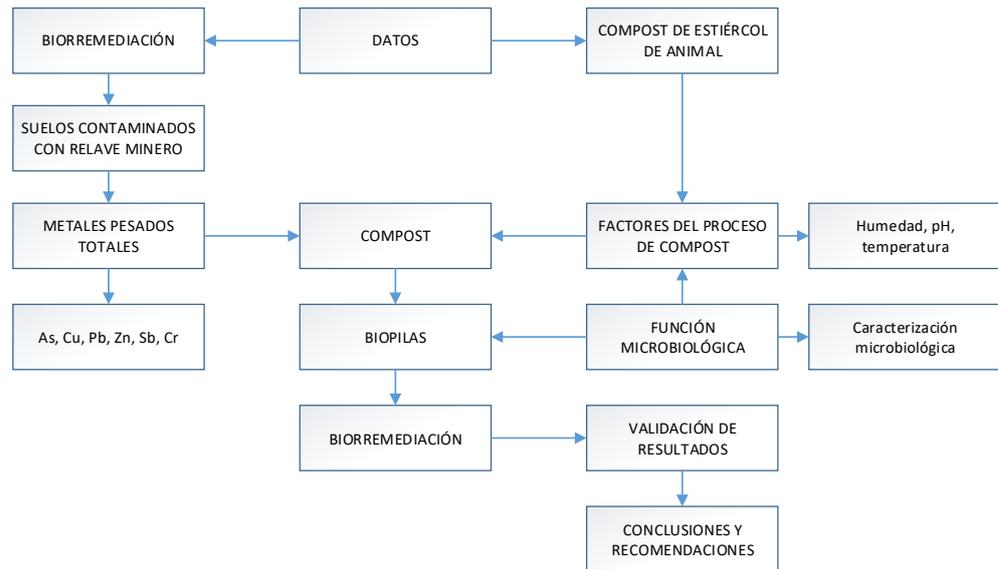


Figura 8. Marco teórico de investigación.

Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Definición de términos

- Aireación: “Es un factor importante en el proceso de compostaje y, por tanto, un parámetro a controlar. Como ya se ha comentado, el proceso de compostaje es un proceso aeróbico, por lo que se necesita la presencia de oxígeno para el desarrollo adecuado de los microorganismos. La aireación tiene un doble objetivo, aportar por una parte el oxígeno suficiente a los microorganismos y permitir al máximo la evacuación del dióxido de carbono producido. La aireación debe mantenerse en unos niveles adecuados teniendo en cuenta además que las necesidades de oxígeno varían a lo largo del proceso, siendo bajas en la fase mesófila, alcanzando el máximo en la fase termófila y disminuyendo de nuevo al final del proceso” (28).
- Biopilas: “Se utiliza especialmente para biodegradar compuestos del petróleo. Para ello, los suelos contaminados con estos compuestos orgánicos son apilados en montones o pilas sucesivas y se estimula la actividad microbiana aerobia mediante aireación y adición de nutrientes, minerales y agua, obteniendo la degradación a través de la respiración microbiana” (25).

- Compostaje: “Es un proceso biológico que consiste nuevamente en estimular la actividad biodegradada, aerobia y anaerobia, de microorganismos indígenas bajo condiciones termofílicas (12-18°C) que permita transformar compuestos orgánicos tóxicos en sustancias inocuas”<sup>(25)</sup>.
- Contaminante: “Es cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente”<sup>(29)</sup>.
- Ecosistema: “Es el complejo dinámico de comunidades vegetativas, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional”<sup>(30)</sup>.
- Humedad: “Los microorganismos necesitan agua como vehículo para transportar los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima se puede situar alrededor del 55 % aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad disminuye demasiado, disminuye la actividad microbiana con lo cual el producto obtenido será biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta, el agua saturará los poros e interferirá la distribución del aire a través del compost”<sup>(28)</sup>.
- pH: “Es una de las propiedades físico-químicas más importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica, como también determina la concentración de iones tóxicos, la ele y diversas propiedades importantes que en últimas apuntan a la fertilidad del suelo”<sup>(31)</sup>.
- Reciclaje: “Es una técnica de reaprovechamiento de residuos sólidos consistente en realizar un proceso de transformación de los residuos para cumplir con su fin inicial u otros fines a efectos de obtener materias primas, permitiendo la minimización en la generación de residuos”<sup>(30)</sup>.
- Remediación: “Es la tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas”<sup>(29)</sup>.

- Residuos Sólidos: “Son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente” <sup>(30)</sup>.
- Suelo: “Se relaciona a material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad” <sup>(17)</sup>.
- Suelo contaminado: “Se relaciona a todo suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana” <sup>(17)</sup>.
- Tratamiento: “Es cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente, con el objetivo de prepararlo para su posterior valorización o disposición final” <sup>(14)</sup>.
- Temperatura: “Durante el proceso de compostaje la temperatura varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo a este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración. Éste se debe controlar, ya que, por una parte, las temperaturas bajas suponen una lenta transformación de los residuos, prolongándose el tiempo de compostaje y por otra las temperaturas elevadas determinan la destrucción de la mayor parte de los microorganismos (patógenos)” <sup>(28)</sup>.
- Toxicidad: “Es un término utilizado para hacer referencia a la capacidad para causar daño a un organismo vivo, así como respecto de cualquier efecto adverso de una sustancia química en un organismo vivo” <sup>(30)</sup>.
- Valorización: “Abarca cualquier operación cuyo objetivo sea que el residuo, uno o varios de los materiales que lo componen, sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos. La valorización puede ser material o energética” <sup>(14)</sup>.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### 3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

##### 3.1.1. Métodos de la investigación

###### A) Método General:

El método hipotético-deductivo aborda procesos esenciales como la observación y la formulación de hipótesis, de modo que se llegue a un contexto de deducción de consecuencias y verificación de la verdad (el conocimiento de lo general hasta lo específico). Donde el relave minero es el aspecto general y la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados es el aspecto específico <sup>(32)</sup>.

###### B) Método específico

Como método específico se considera primordialmente de la observación, la cual consiste en percibir a detalle la naturaleza investigada junto a sus datos y hechos <sup>(32)</sup>.

A partir de la elección de dicho ideal específico, se presenta el proceso metodológico a continuación:

Lugar de experimento:

- Anexo: Buenos Aires.
- Provincia: Huancayo.
- Distrito: Pilcomayo.
- Región: Junín.
- Latitud: 17° 28' 18"
- Longitud: 75° 12' 35"
- Altitud: 3209 msnm.

Características del área de experimento

- Área total de experimentación: 4 m<sup>2</sup>
- Ancho: 2 m.
- Largo: 2 m.

Procedimiento de la preparación del compost

- Se hizo el compost con diferentes proporciones de estiércol y de sustrato:
  - ➔ Ovino: 6 kg.
  - ➔ Vacuno: 6 kg.
  - ➔ Cuy: 3 kg.

### 3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación que más se considera en la presente tesis es la aplicada porque es un trabajo original con el fin de obtener conocimientos representativos y originales con un objetivo práctico específico, donde implica conocimientos existentes para solucionar un problema en específico. Se planteó determinar la influencia del estiércol animal en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados, el cual por medio de biopilas se analizará la reducción de los metales pesados (Cu, Pb y Zn) que se encontró al principio en las muestras de relave minero <sup>(32)</sup>.

### 3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es explicativa en sentido de buscar un sustento lógico y validado para explicar las causas por las que surge el problema de suelos contaminados por relaves mineros y propiamente orientar resultados representativos en su potencial solución al validar el entorno hipotético formulado que es la aplicación de la biorremediación en suelos contaminados por relaves mineros por medio de biopilas <sup>(32)</sup>.

### 3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación adecuada para la presente investigación es pre-experimental porque tiene un control mínimo con las variables a nivel experimental en escala menor sin llegar a aplicar, el cual puede ser desarrollado en investigaciones complementarias <sup>(33)</sup>.

	A		B
GA	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>
GB	O <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>4</sub>
GC	O <sub>5</sub>	X <sub>0</sub>	O <sub>6</sub>

Dónde:

- GA = Suelo contaminado (con mucho sustrato + compost).
- GB = Suelo contaminado (con regular sustrato + compost).
- GC = Suelo contaminado (con poco sustrato + compost).
- O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>4</sub>, O<sub>5</sub>, O<sub>6</sub>: suelo con compost y diferentes cantidades de enmienda orgánica (1 = poco sustrato, 2 = regular sustrato, 3 = mucho sustrato).
- A = Sección de biopilas con suelo contaminado, donde la concentración de cobre rebasa la Guía de Calidad de Suelos del CCME.
- B = Sección de biopilas con suelo contaminado, donde la concentración de plomo y zinc rebasa significativamente el ECA/ Guía de Calidad de Suelos del CCME.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

- Lugar de obtención de muestra de relave:
  - Se obtuvo los relaves mineros de la planta concentradora de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP) perteneciente al Centro Poblado de Huari, La Oroya, debido a que en dichos suelos presentan metales pesados en mayor concentración (Ver Anexo 2).
- Obtención para realizar el compost de estiércol animal provenientes del camal:
  - El estiércol de ovino y vacuno fueron provenientes del camal de Chupaca, debido a la producción intensiva de las especies animales detalladas, y el estiércol de cuy fue proveniente de la producción intensiva en galpones de la especie detallada, también de la provincia de Chupaca.

#### 3.3.2. Muestra

- Relave:
  - Se obtuvo 8 muestras de 1 kg cada una (Ver Anexo 2).
- Compost (producto):
  - Ovino 24 kg.
  - Vacuno 24 kg.
  - Cuy 12 kg.

- Técnica de muestreo de relave minero

Para áreas de contaminación de forma regular de un triángulo menores a 1000 m<sup>2</sup>. El número será de una muestra en cada pared corta 2, 4 en la pared larga, dos en el fondo, dando el total de 8 muestras <sup>(17)</sup>.

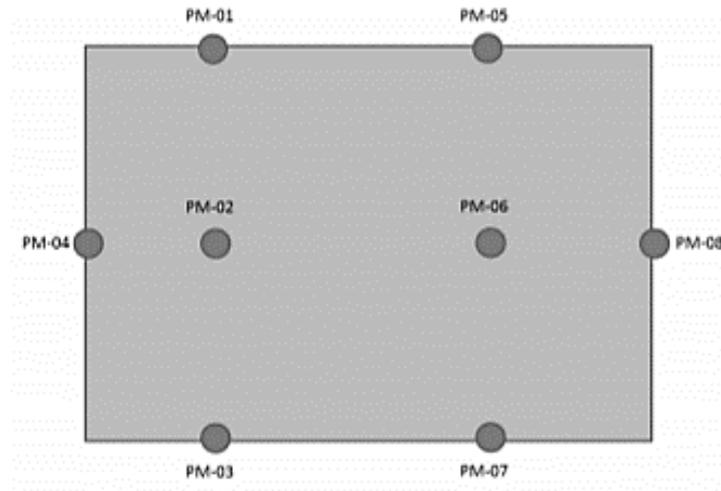


Figura 9. Esquema de representación del muestreo realizado.

. Fuente: Ministerio del Ambiente <sup>(17)</sup>.

Tabla 6. Códigos de las muestras - biopilas realizadas.

<b>SS-B2-AH-T-01</b>	<b>CS-A3-AH-T-01</b>	<b>CS-A2-AH-T-01</b>	<b>CS-A1-AH-T-01</b>
<i>Compost + Suelo contaminado</i>	<i>Compost + Suelo contaminado + Baja cantidad de sustrato</i>	<i>Compost + Suelo contaminado + Regular cantidad de sustrato</i>	<i>Compost + Suelo contaminado + Alta cantidad de sustrato</i>
<b>SS-B2-AH-T-01</b>	<b>CS-A3-AH-T-02</b>	<b>CS-A2-AH-T-02</b>	<b>CS-A1-AH-T-02</b>
<i>Compost + Suelo contaminado</i>	<i>Compost + Suelo contaminado + Baja cantidad de sustrato</i>	<i>Compost + Suelo contaminado + Regular cantidad de sustrato</i>	<i>Compost + Suelo contaminado + Alta cantidad de sustrato</i>

Fuente: elaboración propia.

- Técnica de muestreo del compost: según lo requerido por el método INDORE:

→ FASES:

- Mesofílica: Se inició la producción de compost en la cual se controló el cambio de temperatura (teniendo como base un valor de 45°C a temperatura ambiente) <sup>(24)</sup>, para lo cual se utilizó el termohigrómetro, de modo que se garantice la actividad microbiana adecuada, ya que en dicha fase dichos microorganismos emplean fuentes sencillas de carbono y nitrógeno, de modo que se estimula a un cambio de temperatura; dicho control se realizó por 30 días.
- Termofílica o acidogénica: Tras esos días, se observó un cambio de temperatura de 45°C hasta los 60°C, donde se presenció gran parte de los microorganismos termófilos actuando de una manera que transformaba el nitrógeno en amoníaco ya que estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas. Esta fase continuó por 28 días, siendo influenciadas por las condiciones climáticas del lugar <sup>(24)</sup>.
- Mesofílica: Pasando los días se observó que la temperatura empezó a descender nuevamente hasta los 40-45°C, porque la degradación de polímeros como la celulosa continuaron, y aparecieron algunos hongos visibles a simple vista. Al llegar a 40 °C, los mesófilos reiniciaron su actividad, disminuyendo ligeramente su pH del medio. Esta fase de enfriamiento duró 03 semanas <sup>(24)</sup>.
- Madurez: Para llegar a esta fase se requirió de 03 meses (total de duración), manteniéndolos a temperatura ambiente, durante los cuales se produjo reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus <sup>(24)</sup>.

- Camal de Chupaca
  - Estiércol de ovino 24 kg.
  - Estiércol de vacuno 24 kg.
  
- Granja de Pilcomayo
  - Estiércol de cuy 12 kg.

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

#### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica correspondiente es la observación, que es el acto de asimilar en detalle la investigación con datos, hechos y fenómenos, con un objetivo definido <sup>(32)</sup>.

#### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos fueron:

- Guía de observación para el relave minero, el cual se compuso de los siguientes acápite.

#### **GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA EL RELAVE MINERO**

##### DATOS GENERALES

Nombre de sitio en estudio:	Departamento:
Razón social:	Provincia:
Fuente: elaboración propia.	

##### DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO

Nombre del punto de muestreo:	Coordenadas:
Instrumentos usados:	Descripción de la superficie:

---

Temperatura:	Técnica de muestreo
--------------	---------------------

---

#### DATOS MUESTRA

---

Clave de la muestra:	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
----------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

---

Fecha:

Hora:

Color:

Olor:

Textura:

Humedad:

---

Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

- a) Análisis de dos muestras de relave minero con la finalidad de obtener el porcentaje de concentraciones iniciales de todos los metales pesados.
- b) Análisis del compost con estiércol animal.
- c) Análisis de dos muestras de relave minero con la finalidad de obtener el porcentaje de concentraciones de todos los metales pesados después de realizar la biorremediación en los suelos contaminados.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados de la investigación

##### A. Análisis inicial del relave minero:

Para la determinación de la concentración de los metales pesados en el suelo de relave minero, expuesto tras las operaciones de fundición metalúrgica en Huari – La Oroya, se enviaron muestras cotejadas en campo a un laboratorio acreditado: Incalab del Perú S.A.C., arrojando los resultados presentados en la siguiente tabla (para observar el total del análisis Ver Anexo 02):

Tabla 7. *Concentraciones iniciales de los metales pesados.*

Ensayo/Metal	AH-T-01 (mg/Kg)	AH-T-02 (mg/Kg)	ECA Suelo agrícola/Guía de Calidad de Suelos de CCME
As	< 2.21	< 2.21	50
Cu	117.4	98.59	63
Pb	1200	9137	70
Zn	2186	11851	200
Sb	< 0.54	< 0.54	20
Cr	< 0.03	< 0.03	64

Fuente: elaboración propia.

Los métodos de referencia que emplearon para el análisis inicial del relave minero fueron: EPA Method 3050-B; Rev. 02, 1996. EPA Method 200.7; Rev. 4.4. 1994, reforzando la validez de la obtención de resultados verídicos; se observó que los metales pesados que rebasaron los valores establecidos según las Guías de Calidad de Suelos del CCME (Canadian Council of Ministers of the Environmental) y el Estándar de Calidad Ambiental de suelo (agrícola) fueron: cobre, plomo y zinc, los cuales pasaron a ser el objeto principal de estudio respecto del potencial de biorremediación.

#### B. Resultados del compost – biopilas:

Las proporciones del compost elaborado se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 8. *Proporciones de residuos orgánicos en el compost.*

<b>RESIDUO</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>B2</b>
Ovino	50 %	50 %	30 %	30 %
Vacuno	20 %	30 %	50 %	20 %
Cuy	30 %	20 %	20 %	50 %

Fuente: elaboración propia.

Las mezclas en proporción fueron aplicadas de la siguiente manera en las biopilas:

Tabla 9. *Proporción de mezclas en las biopilas.*

<b>Código de pila</b>	<b>Proporción de compost + sustrato</b>	<b>Código de pila</b>	<b>Proporción de compost + sustrato</b>
SS-B2-AH-T-01	B2 + 0	SS-B2-AH-T-02	B2 + 0
CS-A3-AH-T-01	A3 + 1	CS-A3-AH-T-02	A3 + 1
CS-A2-AH-T-01	A2 + 2	CS-A2-AH-T-02	A2 + 2
CS-A1-AH-T-01	A1 + 3	CS-A1-AH-T-02	A1 + 3

Fuente: elaboración propia.

En correspondencia a las pilas de compost, se emplearon distintas proporciones de residuos para cada escenario de aplicación de biopilas; el significado del sustrato empleado hace referencia a la prueba pre-experimental, donde principalmente se utilizó malta, jora y levadura en distintas proporciones para estimular de aquel modo la función microbiológica. El sustrato 0 hace referencia a la no aplicación de malta y jora, a diferencia de los sustratos del 1 al 3, que evidencian un incremento progresivo de la cantidad de sustrato. A posterior se realizó el análisis microbiológico de las pilas, tras pasar por las etapas correspondientes al método INDORE de modo que el compost en mezcla guarde las propiedades de calidad, lo cual se reporta en la figura siguiente.

Cod. Cliente	A1	A2	A3	B2		
Cod. Lab.	190225-01	190225-02	190225-03	190225-04		
Tipo de Producto	Lodo (Compost)	Lodo (Compost)	Lodo (Compost)	Lodo (Compost)		
Fecha de Muestreo	25/02/2019	25/02/2019	25/02/2019	25/02/2019		
Hora de Muestreo	11:00	11:30	12:00	12:30		
Ubicación Geográfica UTM	E: 472406.56	E: 472406.56	E: 472406.56	E: 472406.56		
	N: 8668540.13	N: 8668540.13	N: 8668540.13	N: 8668540.13		
	Cota: 3215	Cota: 3215	Cota: 3215	Cota: 3215		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Identificación de <i>Aspergillus</i> sp.	-	-	< 1,000.00	10,000.00	<1,000.00	< 1,000.00
Recuento de actinomicetos	UFC/g	-	77,000.00	320,000.00	1,000,000.00	350,000.00
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	-	96,000.00	120,000.00	170,000.00	52,000.00
Carbono Orgánico Total *	%	-	24.10	25.40	26.80	22.70
Conductividad *	dS/cm	-	3.81	4.82	5.32	4.48
Fosforo *	g/kg	-	27.60	28.10	26.20	27.50
Materia Orgánica *	%	-	43.20	45.70	48.30	40.80
Nitrogeno Orgánico *	%	-	5.42	4.15	3.85	3.92
Nitrogeno *	g/Kg	-	12.30	14.20	12.80	13.10
Potasio *	g/Kg	-	4.80	5.90	4.30	5.10
Relación C/N *	-	-	7.90	11.10	12.50	10.40

Figura 10. Cuadro que representa el ensayo de análisis microbiológico.

Fuente: elaboración propia en base a lo reportado por el laboratorio.

Las condiciones de elaboración de las pilas se asociaron a las condiciones de elaboración del compost de calidad, es decir, guardando los criterios INDORE respecto de la humedad, temperatura y pH; si ocurría una variación en dichos valores se procedía a hacer el volteo.

C. Resultados de la aplicación de biopilas como remediación:

Tras 03 meses de elaboración de las biopilas a nivel superficial, se obtuvieron datos respecto de la disminución de la concentración de metales pesados, en especial fueron considerados como principal objeto de estudio al: cobre, plomo y zinc, sin embargo, también ocurrió el incremento del valor de otros elementos considerados como esenciales para el suelo para así darle el soporte de fertilidad como medio receptor. Los resultados se presentan en la siguiente tabla (para ver la totalidad de análisis ver el Anexo 04).

Tabla 10. *Resultados de la biorremediación con compost frente al Cobre (Cu) tras el pre-experimento.*

Código de ensayo	AH-T-01 (mg/Kg)	AH-T-02 (mg/Kg)	Guías de Calidad de Suelos del CCME	Valor final obtenido (mg/Kg)
CS-A1-AH-T-01				311.7
CS-A2-AH-T-01	117.4			297.4
CS-A3-AH-T-01				322.8
SS-B2-AH-T-01				292.2
CS-A1-AH-T-02			63	933.5
CS-A2-AH-T-02				260.3
CS-A3-AH-T-02		98.59		267.8
SS-B2-AH-T-02				429.7

Fuente: elaboración propia en función de los datos reportados por laboratorio.

Se observa que, frente a los valores iniciales de determinación de concentración, no hubo una disminución en las concentraciones finales. El comportamiento de la segunda (CS-A2-AH-T-01), cuarta (SS-B2-AH-T-01), sexta (CS-A2-AH-T-02) y séptima muestra (CS-A3-AH-T-02), evidencian una menor concentración que los demás al combinar una menor proporción de sustrato, mas no disminuyen los valores de la Guía de Calidad de Suelos del CCME (63 mg/kg), de tal manera se afirma que para el Cobre (Cu) existe un potencial menor de biorremediación para ambas muestras,

Tabla 11. Resultados de la biorremediación con compost frente al Plomo (Pb) tras el pre-experimento.

Código de ensayo	AH-T-01 (mg/Kg)	AH-T-02 (mg/Kg)	ECA Suelo agrícola (mg/Kg)	Valor final obtenido (mg/Kg)
CS-A1-AH-T-01				886.3
CS-A2-AH-T-01	1200			1000
CS-A3-AH-T-01				1183
SS-B2-AH-T-01				845.8
CS-A1-AH-T-02			70	1926
CS-A2-AH-T-02				895.2
CS-A3-AH-T-02		9137		874.7
SS-B2-AH-T-02				1125

Fuente: elaboración propia en función de los datos reportados por laboratorio.

Se observa que, frente a los valores iniciales de determinación de concentración, hubo una disminución en las concentraciones finales, principalmente en la muestra de relave minero que excedió significativamente el valor del estándar de calidad ambiental, alcanzando hasta una reducción del 90.42 % (CS-A3-AH-T-02), sin embargo, no se llegó a estar por debajo del estándar de calidad ambiental normado. El comportamiento de la primera muestra (CS-A1-AH-T-01) evidencia un resultado similar frente a la cuarta (SS-B2-AH-T-01), encontrando una similitud del potencial de biorremediación entre la presencia del sustrato a baja proporciones y la reducción de la concentración aplicando compost directamente, sin embargo las muestras que tuvieron una mayor proporción de sustrato evidenciaron un menor potencial de biorremediación para la primera muestra; se observa de tal modo que el compost propiamente sin ningún factor “activante” o estímulo alcanza valores de reducción, si bien no tan significativos, empero reducen la concentración de plomo. Dicho escenario se da inversamente proporcional para la segunda muestra, obteniendo mayores valores de disminución de la concentración de plomo, principalmente en los ensayos que tuvieron mayor sustrato. Para la

muestra que representó una concentración inicial significativa se dieron condiciones de aireación mayores a comparación de la primera, evidenciando que la presencia de oxígeno favorece a la biorremediación, principalmente por la relación entre los microorganismos aerobios que se relacionan directamente con la remoción de metales pesados en conjunto con las propiedades orgánicas que aporta el compost en sentido de fertilidad del suelo.

Tabla 12. *Resultados de la biorremediación con compost frente al Zinc (Zn) tras el pre-experimento.*

Código de ensayo	AH-T-01 (mg/Kg)	AH-T-02 (mg/Kg)	Guías de Calidad de Suelos del CCME	Valor final obtenido (mg/Kg)
CS-A1-AH-T-01				1219
CS-A2-AH-T-01				9300
CS-A3-AH-T-01	2186			10762
SS-B2-AH-T-01				952.2
CS-A1-AH-T-02			200	5918
CS-A2-AH-T-02				1062
CS-A3-AH-T-02		11851		949.0
SS-B2-AH-T-02				1570

Fuente: elaboración propia en función de los datos reportados por laboratorio.

Se observa que, frente a los valores iniciales de determinación de concentración, hubo una disminución en las concentraciones finales, la primera (CS-A1-AH-T-01) y cuarta (SS-B2-AH-T-01) muestra alcanzaron una reducción de un 55.76 % y 56.44 % respectivamente a los valores inicialmente analizados, similar sucedió para las cuatro ensayos siguientes (CS-A1-AH-T-02, CS-A2-AH-T-02, CS-A3-AH-T-02, SS-B2-AH-T-02), disminuyendo de igual manera los valores iniciales, esto debido a que se dieron condiciones de aireación mayores a comparación de la primera, evidenciando que la presencia de oxígeno favorece a la biorremediación.

#### 4.1.1. Prueba de hipótesis

La presente sustenta su validez en sentido de análisis de los datos por haberse realizado a nivel de laboratorio acreditado ante INACAL (Instituto Nacional de Calidad del Perú); para dar validez al experimento frente a las biopilas se desarrolló la prueba de normalidad de dispersión de datos al 95 % de nivel de confianza, alcanzando resultados mostrados en la siguiente figura; se formularon para tal hecho los siguientes supuestos hipotéticos-estadísticos, de modo que se sostengan las aseveraciones:

##### 4.1.1.1. Hipótesis específicas.

###### a. Hipótesis de investigación:

H<sub>1</sub>: La concentración de los contaminantes (Cu, Pb y Zn) asociados al relave minero disminuye tras la biorremediación aplicando compost al suelo.

H<sub>0</sub>: La concentración de los contaminantes asociados (Cu, Pb y Zn) al relave minero no disminuye tras la biorremediación aplicando compost al suelo.

###### b. Datos:

Tabla 13. *Concentraciones de Cobre (Cu).*

Baja concentración de Cu		Alta concentración de Cu	
Inicial	Final	Inicial	Final
98.59	933,50	117,40	311,70
98.59	260,30	117,40	297,40
98.59	267,80	117,40	322,80
98.59	429,70	117,40	292,20

Fuente: elaboración propia en función de los datos reportados por laboratorio.

Tabla 14. *Concentraciones de Plomo (Pb).*

Baja concentración de Pb		Alta concentración de Pb	
Inicial	Final	Inicial	Final
1200	886,30	9137,00	1926,00
1200	1000,00	9137,00	895,20
1200	1183,00	9137,00	874,70
1200	845,80	9137,00	1125,00

Fuente: elaboración propia en función de los datos reportados por laboratorio.

Tabla 15. *Concentraciones de Zinc (Zn).*

Baja concentración de Pb		Alta concentración de Pb	
Inicial	Final	Inicial	Final
2186	1219,00	11851	5918
2186	9300,00	11851	1062
2186	10762,00	11851	949,00
2186	952,20	11851	1570

Fuente: elaboración propia en función de los datos reportados por laboratorio.

c. Prueba de normalidad de los datos finales:

- **Cobre (Cu)**

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CfA	,233	4	.	,946	4	<b>,693</b>
CfB	,304	4	.	,796	4	<b>,095</b>

Figura 11. Prueba de normalidad estadística de Shapiro-Wilk.

Fuente: elaboración propia con el programa SPSS.

- **Plomo (Pb)**

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CfA	,230	4	.	,919	4	<b>,529</b>
CfB	,315	4	.	,791	4	<b>,088</b>

Figura 12. Prueba de normalidad estadística de Shapiro-Wilk.

Fuente: elaboración propia con el programa SPSS.

### - Zinc (Zn)

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CfA	,298	4	.	,806	4	<b>,113</b>
CfB	,382	4	.	,722	4	<b>,020</b>

Figura 13. Prueba de normalidad estadística de Shapiro-Wilk.

Fuente: elaboración propia con el programa SPSS.

Siendo los valores (Sig.) de ambas variables de los tres metales pesados (Cu, Pb y Zn) mayor a la significancia (0.05) entonces las distribuciones son normales, por tanto, se desarrolla prueba paramétrica (t student para muestras relacionadas)

d. Prueba estadística t student.

	Diferencias emparejadas					gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia			
				Inferior	Superior		
CiA - CfA	-188,62500	13,89397	6,94699	-210,73341	-166,51659	3	,000

	Diferencias emparejadas					gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia			
				Inferior	Superior		
CiA - CfA	221,22500	150,98822	75,49411	-19,03095	461,48095	3	,061

	Diferencias emparejadas					gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia			
				Inferior	Superior		
CiA - CfA	-3372,30000	5200,14405	2600,07202	-11646,88960	4902,28960	3	,285

Figura 14. Representación de los valores de t de student obtenidos.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

- Para baja concentración de Cu, Pb y Zn

- **Cobre (Cu):** La Sig. de la prueba (0) es menor que el nivel de significancia (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), por tanto, se valida la hipótesis nula, aceptando que la concentración final de cobre es mayor que la inicial.

$$H_1: \mu_i > \mu_f \text{ RECHAZO}$$

$$H_0: \mu_i \leq \mu_f \text{ ACEPTO}$$

→  $\mu_i$  = Concentración inicial Cu

→  $\mu_f$  = Concentración final Cu

La muestra presenta evidencias suficientes para afirmar que la concentración del metal pesado (Cu) asociado al relave minero no disminuye significativamente tras realizar la biorremediación aplicando compost al suelo, con un nivel de confianza del 95 %.

- **Plomo (Pb):** La Sig. de la prueba (0.061) es mayor que el nivel de significancia (0.05) por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, el valor de la concentración final de plomo es menor que el de la concentración inicial.

$$H_1: \mu_i > \mu_f \text{ ACEPTO}$$

$$H_0: \mu_i \leq \mu_f \text{ RECHAZO}$$

- $\mu_i$  = Concentración inicial Pb
- $\mu_f$  = Concentración final Pb

La muestra presenta evidencias suficientes para afirmar que la concentración del metal pesado (Pb) asociado al relave minero disminuye significativamente tras realizar la biorremediación aplicando compost al suelo, con un nivel de confianza del 95 %.

- **Zinc (Zn):** La Sig. de la prueba (0.285) es mayor que el valor de significancia (0.05) por lo que se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), evidenciando que el valor de concentración final de zinc es mayor que la concentración inicial.

$$H_1: \mu_i > \mu_f \quad \text{RECHAZO}$$

$$H_0: \mu_i \leq \mu_f \quad \text{ACEPTO}$$

- $\mu_i$  = Concentración inicial Zn
- $\mu_f$  = Concentración final Zn

La segunda muestra presenta evidencias suficientes para afirmar que la concentración de los contaminantes (Zn) asociados al relave minero disminuye significativamente tras la biorremediación aplicando compost al suelo, con un nivel de confianza del 95 %, mas no la primera muestra.

### **Contrastación de la validación de la varianza ANOVA de las bajas concentraciones finales.**

$$H_1: \mu_{BF(Cu)} \neq \mu_{BF(Pb)} \neq \mu_{BF(Zn)}$$

$$H_0: \mu_{BF(Cu)} = \mu_{BF(Pb)} = \mu_{BF(Zn)}$$

-  $\mu_{BF}$  = Concentración baja final (Cu, Pb, Zn)

Se da a conocer que sólo las bajas concentraciones finales de Plomo (Pb), disminuyen su concentración a comparación del Cobre (Cu) y Zinc (Zn) que no lo hacen, por tanto, se evidencia que por lo menos una de sus medias es diferente.

- Para alta concentración de Cu, Pb y Zn

	Diferencias emparejadas					gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia			
				Inferior	Superior		
CiB - CfB	-374,23500	316,90343	158,45171	-878,49907	130,02907	3	,099

	Diferencias emparejadas					gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia			
				Inferior	Superior		
CiB - CfB	7931,77500	493,73236	246,86618	7146,13664	8717,41336	3	,000

	Diferencias emparejadas					gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95 % de intervalo de confianza de la diferencia			
				Inferior	Superior		
CiB - CfB	9476,25000	2377,55608	1188,77804	5693,02772	13259,47228	3	,004

Figura 14. Representación de los valores de t student obtenidos.

Fuente: elaboración propia de SPSS.

- **Cobre (Cu):** La Sig. de la prueba (0.099) es mayor que el nivel de significancia (0.05) por lo que se rechaza la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), aceptando que la concentración final de cobre es mayor que la concentración inicial.

$$H_1: \mu_i > \mu_f \text{ RECHAZO}$$

$$H_0: \mu_i \leq \mu_f \text{ ACEPTO}$$

→  $\mu_i$  = Concentración inicial Cu

→  $\mu_f$  = Concentración final Cu

La muestra presenta evidencias suficientes para afirmar que la concentración de los contaminantes (Cu) asociados al relave minero no disminuye tras la biorremediación aplicando compost al suelo.

- **Plomo (Pb):** La Sig. de la prueba (0) es menor que el valor del nivel de significancia (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la concentración inicial es mayor que la concentración final para el plomo.

H1:  $\mu_i > \mu_f$  ACEPTO

H0:  $\mu_i \leq \mu_f$  RECHAZO

→  $\mu_i$  = Concentración inicial Pb

→  $\mu_f$  = Concentración final Pb

La muestra presenta evidencias suficientes para afirmar que la concentración del metal pesado (Pb) asociado al relave minero disminuye significativamente tras realizar la biorremediación aplicando compost al suelo, con un nivel de confianza del 95 %.

- **Zinc (Zn):** La Sig. de la prueba (0.004) es menor que el valor de significancia (0.05) por lo que se rechaza la hipótesis nula, demostrando que para la prueba el valor de concentración inicial de zinc es menor que el valor final de concentración de zinc.

H1:  $\mu_i > \mu_f$  ACEPTO

H0:  $\mu_i \leq \mu_f$  RECHAZO

→  $\mu_i$  = Concentración inicial Zn

→  $\mu_f$  = Concentración final Zn

La muestra presenta evidencias suficientes para afirmar que la concentración de los contaminantes (Zn) asociados al relave minero disminuye significativamente tras la biorremediación aplicando compost al suelo, con un nivel de confianza del 95 %.

**Contrastación de la validación de la varianza ANOVA de las altas concentraciones altas finales.**

H1:  $\mu_{AF(Cu)} \neq \mu_{AF(Pb)} \neq \mu_{AF(Zn)}$

H0:  $\mu_{AF(Cu)} = \mu_{AF(Pb)} = \mu_{AF(Zn)}$

-  $\mu_{AF}$  = Concentración alta final (Cu, Pb, Zn)

Se da a conocer que sólo las altas concentraciones finales de Plomo (Pb), disminuyen su concentración a comparación del Cobre (Cu) y Zn (Zn) que no lo hacen, por tanto, se evidencia que por lo menos una de sus medias es diferente.

4.1.1.2. Hipótesis específica 02

a. Hipótesis de investigación:

H<sub>1</sub>: La concentración de (Cu, Pb y Zn) llegan a encontrarse por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental.

H<sub>0</sub>: La concentración de (Cu, Pb y Zn) no llega a encontrarse por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental.

b. Datos de Cu, Pb y Zn.

Tabla 16. *Concentraciones finales de Cobre (Cu).*

<b>Alta concentración de Cu</b>	<b>Baja concentración de Cu</b>
Final	Final
933,50	311,70
260,30	297,40
267,80	322,80
429,70	292,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. *Concentraciones finales de Plomo (Pb).*

<b>Alta concentración de Pb</b>	<b>Baja concentración de Pb</b>
Final	Final
1926,00	886,30
895,20	1000,00
874,70	1183,00
1125,00	845,80

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. *Concentraciones finales de Zinc (Zn).*

<b>Alta concentración de Zn</b>	<b>Baja concentración de Zn</b>
Final	Final
5918	1219
1062	9300
949,00	10762

1570	952,20
------	--------

Fuente: elaboración propia.

c. Prueba estadística de muestra única.

- **Para la baja concentración de Cu, Pb y Zn**

- **Cobre (Cu):** La Sig. de la prueba (0) es menor que el de significancia (0,05), por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), demostrando que el valor de la concentración final de cobre es mayor que el valor del estándar de calidad ambiental considerado.

$H_1: \mu < 63 \text{ mg Cu/kg de suelo RECHAZO}$

$H_0: \mu \geq 63 \text{ mg Cu/Kg de suelo ACEPTO}$

→  $\mu$  = Concentración final Cu

- **Plomo (Pb):** La Sig. de la prueba (0,001) es menor que el valor de significancia (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, que el valor de concentración final de plomo es mayor que el valor del estándar de calidad ambiental considerado

$H_1: \mu < 70 \text{ mg Pb/kg de suelo RECHAZO}$

$H_0: \mu \geq 70 \text{ mg Pb/Kg de suelo ACEPTO}$

→  $\mu$  = Concentración final Pb

- **Zinc (Zn).** - La Sig. de la prueba (0,131) es mayor que el valor de significancia (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), evidenciando que el valor de zinc, respecto de su media, se mantiene por debajo del valor del estándar de calidad ambiental considerado.

$H_1: \mu < 200 \text{ mg Zn/kg de suelo RECHAZO}$

$H_0: \mu \geq 200 \text{ mg Zn/Kg de suelo ACEPTO}$

→  $\mu$  = Concentración final Zn

Prueba de muestra única (Cu)					
Valor de prueba = 63					
	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
<b>CfA</b>	3	<b>,000</b>	243,02500	220,9166	265,1334

Prueba de muestra única (Pb)					
Valor de prueba = 70					
	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
<b>CfA</b>	3	<b>,001</b>	908,77500	668,5190	1149,0310

Prueba de muestra única (Zn)					
Valor de prueba = 200					
	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
<b>CfA</b>	3	<b>,131</b>	5358,30000	-2916,2896	13632,8896

Figura 15. Representación de los valores de t student obtenidos.

Fuente: elaboración propia de SPSS.

### Contrastación de la validación de la varianza ANOVA de las bajas concentraciones finales.

$$H1: \mu_{BF(Cu)} \neq \mu_{BF(Pb)} \neq \mu_{BF(Zn)}$$

$$H0: \mu_{BF(Cu)} = \mu_{BF(Pb)} = \mu_{BF(Zn)}$$

-  $\mu_{BF}$  = Concentración baja final (Cu, Pb, Zn)

Se da a conocer que las bajas concentraciones finales de Plomo (Pb), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) no llegan a encontrarse por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental, por tanto, se evidencia que las medias son iguales.

- **Para alta concentración de Cu, Pb y Zn**

- **Cobre (Cu):** La Sig. de la prueba (0,000) es menor que el nivel de significancia (0,05), por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, el valor del cobre respecto de su concentración final es mayor que el valor del estándar de calidad ambiental considerado.

H1:  $\mu < 63$  mg Cu/kg de suelo RECHAZO

H0:  $\mu \geq 63$  mg Cu/Kg de suelo ACEPTO

→  $\mu$  = Concentración final Cu

- **Plomo (Pb):** La Sig. de la prueba (0,049) es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), evidenciando que para el valor de plomo respecto de su concentración final es mayor que el valor del estándar de calidad ambiental considerado.

H1:  $\mu < 70$  mg Pb/kg de suelo RECHAZO

H0:  $\mu \geq 70$  mg Pb/Kg de suelo ACEPTO

→  $\mu$  = Concentración final Pb

- **Zinc (Zn):** La Sig. de la prueba (0,005) es menor que el valor del nivel de significancia (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), evidenciando que el valor de la concentración final de Zinc es mayor que el valor del estándar de calidad ambiental considerado a posterior del experimento realizado.

H1:  $\mu < 200$  mg Zn/kg de suelo RECHAZO

H0:  $\mu \geq 200$  mg Zn/Kg de suelo ACEPTO

→  $\mu$  = Concentración final Zn

Prueba de muestra única (Cu)					
Valor de prueba = 63					
	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
CfB	3	,001	409,82500	-94,4391	914,0891

Prueba de muestra única (Pb)					
Valor de prueba = 70					
	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
CfB	3	,001	1135,22500	349,5866	1920,8634

Prueba de muestra única					
Valor de prueba = 200					
	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
CfB	3	,165	2174,75000	-1608,4723	5957,9723

Figura 17. Representación de los valores de t de student obtenidos.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

### Contrastación de la validación de la varianza ANOVA de las altas concentraciones finales.

$$H1: \mu_{AF}(Cu) \neq \mu_{AF}(Pb) \neq \mu_{AF}(Zn)$$

$$H0: \mu_{AF}(Cu) = \mu_{AF}(Pb) = \mu_{AF}(Zn)$$

-  $\mu_{AF}$  = Concentración alta final (Cu, Pb, Zn)

Se da a conocer que las altas concentraciones finales de Plomo (Pb), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) no llegan a encontrarse por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental, por tanto, se evidencia que las medias son iguales.

#### 4.1.1.3. Hipótesis específica 03

Hipótesis de investigación:

H<sub>1</sub>: Los parámetros asociados a la obtención de una enmienda orgánica adecuada para la biorremediación de suelos contaminados por relaves mineros se relacionan con el pH, la temperatura y humedad (características de compost ideal), además de la cantidad de adición del sustrato empleado a base de malta y jora considerando un ambiente aeróbico, Huari - La Oroya, 2019.

H<sub>0</sub>: Los parámetros asociados a la obtención de una enmienda orgánica adecuada para la biorremediación de suelos contaminados por relaves mineros no se relacionan con el pH, la temperatura y humedad (características de compost ideal), además de la cantidad de adición del sustrato empleado a base de malta y jora considerando un ambiente aeróbico, Huari - La Oroya, 2019.

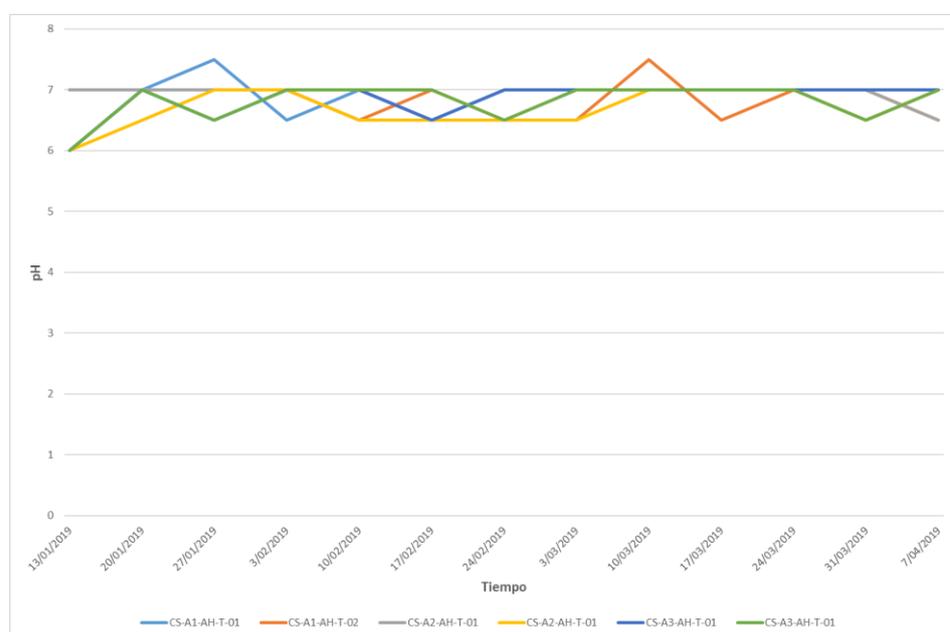


Figura 18. Valores de pH de las biopilas.

Fuente: elaboración propia en SPSS.

Se observan los datos del pH acorde al método INDORE, sosteniendo a un compost de calidad en un rango de (6.5 – 7.5), manteniendo la supervivencia de los microorganismos.

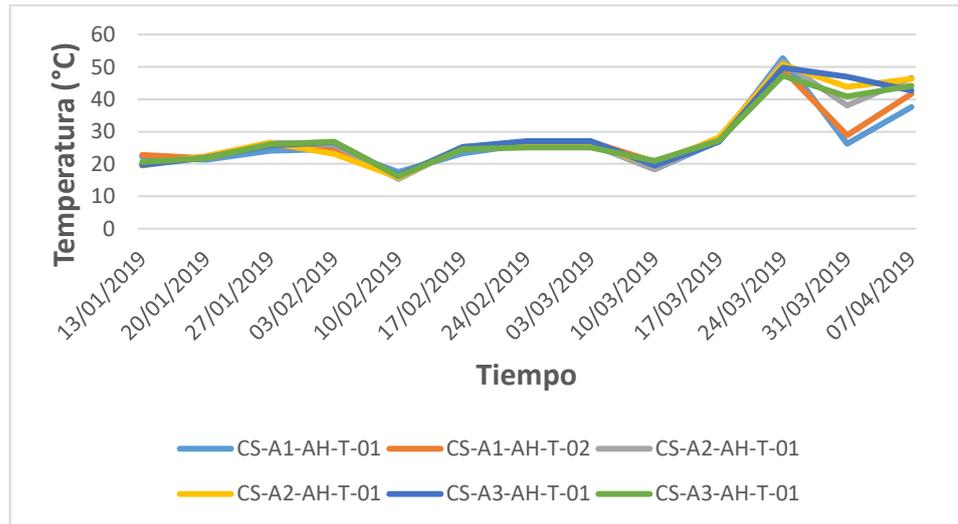


Figura 19. Valores de temperatura de las biopilas.

Fuente: elaboración propia.

Se observan los datos de temperatura acorde al método INDORE, sosteniendo a un compost de calidad en un rango de (15.4 – 52.7), ya que existe una relación directa con la degradación de la materia orgánica al momento de pasar sus tres fases en el proceso de descomposición aeróbica.

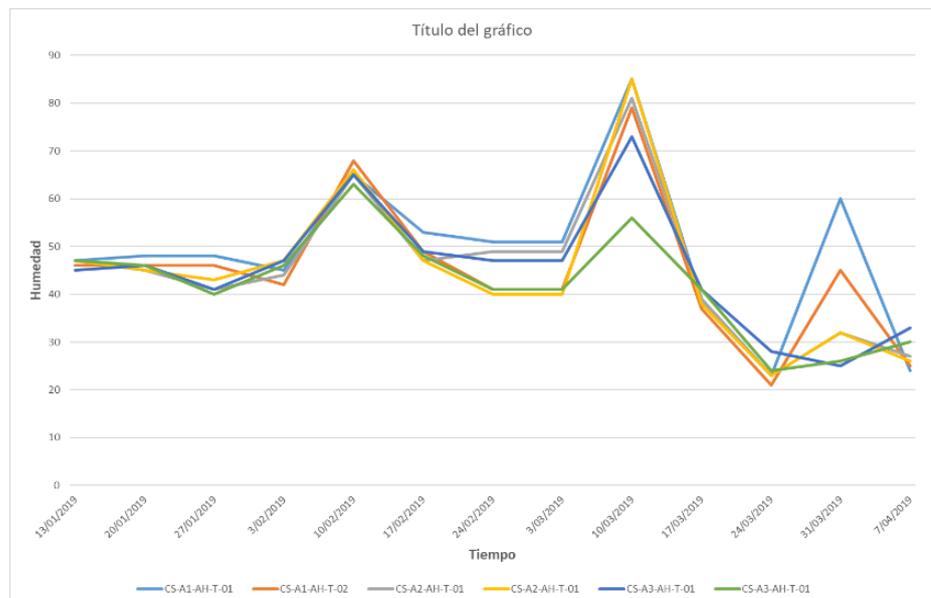


Figura 20. Valores de humedad de las biopilas.

Fuente: elaboración propia.

Se observan los datos de humedad acorde al método INDORE, sosteniendo a un compost de calidad en un rango de (24 – 73), con un buen crecimiento microbiano.

#### 4.1.1.4. Hipótesis específica 04

##### a. Hipótesis de investigación:

H<sub>1</sub>: La aplicación de biopilas para la biorremediación de suelos contaminados con relaves mineros alcanza valores altos de eficiencia (superiores al 80 %), Huari - La Oroya, 2019.

H<sub>0</sub>: La aplicación de biopilas para la biorremediación de suelos contaminados con relaves mineros no alcanza valores altos de eficiencia (superiores al 80 %), Huari - La Oroya, 2019.

##### b. Datos de Cu, Pb y Zn.

Tabla 19. *Concentraciones finales del Cobre (Cu).*

<b>Alta concentración de Cu</b>	<b>Baja concentración de Cu</b>
Final	Final
933,50	311,70
260,30	297,40
267,80	322,80
429,70	292,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. *Concentraciones finales del Plomo (Pb).*

<b>Alta concentración de Pb</b>	<b>Baja concentración de Pb</b>
Final	Final
1926,00	886,30
895,20	1000,00
874,70	1183,00
1125,00	845,80

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. *Concentraciones finales de Zinc (Zn).*

Alta concentración de Zn	Baja concentración de Zn
Final	Final
5918	1219
1062	9300
949,00	10762
1570	952,20

Fuente: elaboración propia.

c. Prueba estadística de muestra única.

- **Para la baja concentración de Cu, Pb y Zn**

- **Cobre (Cu):** La Sig. de la prueba (0) es menor que el nivel de significancia (0,05), por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), evidenciando que la eficiencia de la biopila para la reducción de la concentración de cobre es mayor o igual que el 80 %.

$$H_1: \mu < 80 \% \text{ RECHAZO}$$

$$H_0: \mu \geq 80 \% \text{ ACEPTO}$$

$$\rightarrow \mu_f = \text{Concentración final Cu}$$

- **Plomo (Pb):** La Sig. de la prueba (0,001) es menor que el nivel de significancia (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), evidenciando que la eficiencia de la biopila para la reducción de la concentración de plomo es mayor o igual que el 80 %.

$$H_1: \mu < 80 \% \text{ RECHAZO}$$

$$H_0: \mu \geq 80 \% \text{ ACEPTO}$$

$$\rightarrow \mu_f = \text{Concentración final Pb}$$

- **Zinc (Zn):** La Sig. de la prueba (0,126) es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, la eficiencia de la biopila para la reducción de la concentración de plomo es menor que el 80 %.

$$H_1: \mu < 80 \% \text{ ACEPTO}$$

$$H_0: \mu \geq 80 \% \text{ RECHAZO}$$

→  $\mu_f$  = Concentración final Zn

**Prueba de muestra única (Cu)**

Valor de prueba = 80					
CfA	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
	3	,000	226,02500	203,9166	248,1334

**Prueba de muestra única (Pb)**

Valor de prueba = 80					
CfA	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
	3	,001	898,77500	658,5190	1139,0310

**Prueba de muestra única (Zn)**

Valor de prueba = 80					
CfA	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
	3	,126	5478,30000	-2796,2896	13752,8896

Figura 21. Representación de los valores de t student obtenidos.

Fuente: elaboración propia.

**Contrastación de la validación de la varianza ANOVA de las bajas concentraciones finales.**

$$H_1: \mu_{BF(Cu)} \neq \mu_{BF(Pb)} \neq \mu_{BF(Zn)}$$

$$H_0: \mu_{BF(Cu)} = \mu_{BF(Pb)} = \mu_{BF(Zn)}$$

-  $\mu_{BF}$  = Concentración baja final (Cu, Pb, Zn)

Se da a conocer que sólo la aplicación de biopilas en suelos contaminados con relaves mineros alcanza valores altos de eficiencia (superiores al 80%) en el Plomo (Pb), a comparación del Cobre (Cu) y Zinc (Zn) que no lo hacen, por tanto, se evidencia que por lo menos una de sus medias es diferente.

- **Para la alta concentración de Cu, Pb y Zn**

- **Cobre (Cu):** La Sig. de la prueba (0,089) es mayor que el nivel de significancia (0,05), por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), evidenciando que, para la reducción de la concentración de cobre tras la aplicación de la biorremediación de las biopilas, se alcanza un menor valor que el 80 % de eficiencia para la muestra saturada.

$$H_1: \mu < 80 \% \text{ ACEPTO}$$

$$H_0: \mu \geq 80 \% \text{ RECHAZO}$$

$$\rightarrow \mu_f = \text{Concentración final Cu}$$

- **Plomo (Pb):** La Sig. de la prueba (0,020) es menor que el nivel de significancia (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), evidenciando que, para la reducción de la concentración de plomo tras la aplicación de la biorremediación de las biopilas, se alcanza un valor mayor o igual que el 80 % de eficiencia para la muestra saturada.

$$H_1: \mu < 80 \% \text{ RECHAZO}$$

$$H_0: \mu \geq 80 \% \text{ ACEPTO}$$

$$\rightarrow \mu_f = \text{Concentración final Pb}$$

- **Zinc (Zn):** La Sig. de la prueba (0,149) es mayor que el valor de significancia (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, se evidencia que, para la reducción de la concentración de zinc tras la aplicación de la biorremediación de las biopilas, se alcanza un valor menor que el 80 % de eficiencia para la muestra saturada.

$H_1: \mu < 80 \%$  RECHAZO

$H_0: \mu \geq 80 \%$  ACEPTO

→  $\mu_f$  = Concentración final Zn

Prueba de muestra única					
Valor de prueba = 80					
	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
CfB	3	.089	392,82500	-111,4391	897,0891

Prueba de muestra única					
Valor de prueba = 80					
	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
CfB	3	.020	1125,22500	339,5888	1910,8634

Prueba de muestra única					
Valor de prueba = 80					
	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
CfB	3	.149	2294,75000	-1488,4723	6077,9723

Figura 22. Representación de los valores de t student obtenidos.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

### Contrastación de la validación de la varianza ANOVA de las altas concentraciones finales.

$H_1: \mu_{AF(Cu)} \neq \mu_{AF(Pb)} \neq \mu_{AF(Zn)}$

$H_0: \mu_{AF(Cu)} = \mu_{AF(Pb)} = \mu_{AF(Zn)}$

-  $\mu_{AF}$  = Concentración alta final (Cu, Pb, Zn)

Se da a conocer que sólo la aplicación de biopilas para la biorremediación de suelos contaminados con relaves mineros alcanza valores altos de eficiencia (superiores al 80%) en el Plomo (Pb), a comparación del Cobre (Cu) y Zn (Zn) que no lo hacen, por tanto, se evidencia que por lo menos una de sus medias es diferente.

#### 4.2. Discusión de resultados

Se muestra que el experimento logra reducir los valores de las concentraciones de cobre, plomo y de zinc, como contaminantes principales detectados en el suelo en contacto con relaves mineros de Huari – La Oroya, lo cual concuerda inicialmente con lo propuesto a nivel problemático en la sección de planteamiento, además de lo considerado por entidades nacionales de índole no gubernamental, que asocia al problema de la contaminación ambiental con el riesgo del ingreso de estos elementos (Cu, Pb y Zn) como metales pesados a sistemas que no pueden soportar concentraciones elevadas, evitando de tal modo la capacidad de resiliencia del medio ambiente, lo cual concuerda con lo propuesto por Arce y Calderón (6). La sección B refleja una disminución considerable de la concentración de plomo y zinc en condiciones de mayor aireación, ya que ésta se encontraba puntualmente más cerca a la ladera del terreno donde se ejecutó la mezcla de las biopilas, las cuales fueron desarrolladas en condiciones de aireación y no como teóricamente se propone en medios subterráneos, de modo que el desarrollo de un escenario aerobio o “aeróbico” demostró tener influencia en el potencial de reducción de dicha concentración; más allá de la caracterización microbiológica realizada, la cual refleja una concentración alta de actinomicetos, mohos y levaduras (como se observa en la figura 10) y una baja cantidad de colonias de *aspergillus sp*, siendo correspondiente a los microorganismos presentes en medios aerobios en horizontes superficiales del suelo, sosteniendo que el potencial de haber mayor cantidad de microorganismos ayuda a la remediación de suelos contaminados a nivel superficial o con presencia de oxígeno, concordando con lo propuesto por Beltrán y Gómez (4) que considera que las cepas microbianas contienen buenas capacidades biorremediadoras en relación a la generación y presencia de microorganismos potenciales, mostrando resultados promisorios a nivel in vitro y de campo, además de que considera que las metalófitas como los hongos suelen tener una mejor capacidad de biorremediación, además de su significativa capacidad de remoción, reducción, transformación, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de metales pesados gracias a su alta capacidad de acumulación, alcanzado a valores hasta el 100 %, lo cual concuerda parcialmente con la investigación, debido a que se llegó a un mayor potencial de remediación de 91.99 % teniendo una mayor cantidad de microorganismos originados por el sustrato añadido y en un escenario de mayor aireación. Lo analizado en la investigación

también concuerda con lo propuesto por Hurtado y Berastain (5), que hacen mención que para realizar los procesos de biorremediación es necesario caracterizar previamente las poblaciones microbianas eficaces, de modo que se pueda establecer una relación directa entre el potencial de remoción de metales pesados y los factores asociados a la presencia de un sustrato que influye en proporción en la capacidad de remediación, sumado a otros factores de campo o ambientales. El proceso de biorremediación con enmiendas orgánicas como el compost, sumado a la presencia de sustratos como la malta y jora requieren de un nivel de aplicación directo y más viable a comparación de lo propuesto por Ferrera-Cerrato et. al. (34), que hacen mención que otros microorganismos, como cianobacterias y microalgas requieren de un mayor tiempo de estabilización debido a la capacidad que representan en sentido a su adaptación al medio, lo cual en el tiempo puede llegar a ser perjudicial en su viabilidad y rentabilidad a nivel de aplicación industrial, sumado a que aún no se tienen conocimientos fuertemente comerciales respecto del manejo de los residuos que conlleva realizar procesos de biorremediación con “productos orgánicos” o fitorremediación, a diferencia del potencial reductor de las enmiendas orgánicas, tal como se alcanzó en la presente. Se considera una reducción de 93 mg/kg de suelo contaminado con plomo, a un valor de 65.3 mg/kg (7), lo cual concuerda parcialmente con la investigación, debido a que uno de los principales resultados arroja que se logró la reducción de 9137 Pb mg/Kg a 874.7 Pb mg/Kg y de 11851 Zn mg/Kg a 949 Zn mg/Kg, evidenciando que, a diferencia de aplicar inóculos de *Pleurotus ostreatus*, el sustrato utilizado y caracterizado por una gran cantidad de hongos alcanza ser más eficiente en términos de remediación de suelos contaminados; por otra parte, lo propuesto por León (35) que hace referencia a que especies alto andinas como *Achyrocline alata* (Kunth) DC., *Werneria nubigena* Kunth y *Juncus arcticus* Willd presentaron alto potencial fitorremediadora debido a su alta tasa de propagación (semillas y vegetativos), lo cual también concuerda con lo propuesto por (36), así como su capacidad de acumulación metales pesados, lo cual concuerda con lo estudiado frente al potencial remediador de la enmienda orgánica debido principalmente a la propagación de los hongos, equivalente a la propagación de semillas anteriormente mencionada, equiparando al potencial de acumulación de metales por propagación con la reducción y estabilización del plomo usando especies alto andinas y enmienda orgánica respectivamente. Cornejo (37) propone que la variación de la estructura de la comunidad bacteriana de suelos contaminados con cianuro

evaluada durante un proceso de biorremediación natural está directamente relacionada con el tiempo de recuperación de los suelos, además de alcanzar un potencial de remediación entre el 97 %, lo cual concuerda con la presente en sentido del potencial de reducción de la concentración, puesto que la distribución de las colonias de microorganismos se vio alterada al pasar de los días correspondientes a las fases del compostaje según el método INDORE, en consecuencia a su crecimiento, de modo que el comportamiento en términos de biorremediación de metales pesados y de compuestos llega a ser equiparable, evidenciando el potencial que tienen las enmiendas orgánicas para también remediar suelos con cianuro, en muchos casos presente en suelos donde se ha impactado con fertilizantes y herbicidas, observando que un suelo fértil en condiciones aeróbicas es el ideal en términos de resiliencia en entornos agrícolas para conllevar a una producción sostenible. Lo alcanzado mediante las enmiendas orgánicas concuerda con lo propuesto por Alcántara (38), debido a que considera que un suelo contaminado presenta proporciones deficientes de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), lo cual constituye a un suelo fértil desde el punto de vista del intercambio catiónico, además de que considera que la aplicación de tal entorno de remediación presenta un costo relativamente bajo ya que los suelos de relaves presentan características físicas que permiten la práctica sostenible de dicho entorno. Finalmente, los resultados alcanzados y validados concuerdan parcialmente con lo propuesto por Insuasty (8), que considera que los procesos de biorremediación son una excelente técnica para la recuperación de suelos contaminados, sin embargo, aún no llegan a ser tecnológicamente eficientes debido a la necesidad de adaptabilidad de los procesos a los diversos ecosistemas, usualmente alterados por actividades antropogénicas industriales a gran escala, como el caso de la presente en relación a la minería.

## CONCLUSIONES

- a) El compost de estiércol animal: vacuno, ovino y de cuy, aplicado como enmienda orgánica más un sustrato de malta y jora en gran proporción influye en la biorremediación de metales pesados, principalmente de plomo, en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.
- b) El cobre, plomo y zinc fueron los metales pesados que excedieron los Estándares de Calidad Ambiental/Guías de Calidad de Suelos del CCME, llegando a un valor inicial de 9137 Pb mg/Kg, para alcanzar un valor máximo de reducción de 874.7 Pb mg/Kg y de 11851 Zn mg/Kg a 949 Zn mg/Kg, tras la biorremediación de suelos contaminados con relaves mineros con compost de estiércol animal, Huari - La Oroya, 2019.
- c) Los parámetros asociados a la obtención de una enmienda orgánica adecuada para la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019 están relacionados con un ambiente de humedad adecuado, además de la temperatura y pH óptimo acorde al método INDORE, sin embargo, el factor determinante para una correcta biorremediación con la mencionada enmienda orgánica fue la adición significativa de un sustrato basado en malta, jora y levadura que estimuló a la producción de microorganismos en un ambiente aeróbico.
- d) La eficiencia de aplicar biopilas para la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019 alcanzó un valor máximo de 91.99 % respecto de la comparación entre concentraciones (inicial vs final) de la pila que reflejó un mejor comportamiento dentro del pre experimento.

## RECOMENDACIONES

- a) Emplear enmiendas orgánicas con otras proporciones y otros residuos principalmente usados en la elaboración de compost de calidad.
- b) Emplear sustratos distintos que permitan el desarrollo de otros microorganismos que permitan alcanzar valores de biorremediación más altos.
- c) Emplear las biopilas hechas de compost como método de remediación de suelos contaminados con relaves mineros.
- d) Evaluar el potencial de biorremediación de suelos contaminados con metales pesados empleando compost hecho de estiércol animal.
- e) Aplicar sustratos activados a nivel de laboratorio de modo que se puedan comparar los niveles de eficiencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PUGA, Soraya, y otros. *Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la Industria Minera*. 1 y 2, Lima : Ecología Aplicada, 2006, Vol. 5. 17262216.
2. CEDERSTAV, Anna y BARANDIARÁN, Alberto. *La Oroya no espera*. Perú : s.n., 2002. 9972792331.
3. SEPAR. Composición Química del Estiércol o Guano. *Boletín Estiércoles*. 2004.
4. BELTRÁN, Mayra Eleonora y GÓMEZ, Alida Marcela. *Biorremediación de Metales Pesados Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Mercurio (Hg) mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión*. Nueva Granada : Revista FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS, 2016, Vol. 12. 19004699.
5. HURTADO, Jasmin y BERASTAIN, Arturo. *Optimización de la biorremediación en relaves de cianuración adicionando nutrientes y microorganismos*. Perú : s.n., 2012. 15610837.
6. ARCE, Siles y CALDERÓN, Marilú. *Suelos contaminados con plomo en la Ciudad de La Oroya - Junín y su impacto en las aguas del Río Mantaro*. 40, Lima : Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM, 2017, Vol. 20. 15610888.
7. JIMÉNEZ, Melissa. *Biorremediación con Inóculos de Pleurotus ostreatus para recuperar suelos contaminados con metales pesados en La Florida Cajamarca, 2016*. Cajamarca : Universidad César Vallejo, 2016.
8. INSUASTY, Marlon Jonathan. *Estudio sobre captura eficiente de metales pesados empleando procesos de biorremediación*. Bucaramanga : Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2017.
9. MAURICIO, Sandy Susana. *Biorremediación con abono bocashi para la recuperación de los suelos contaminados con plomo (Pb) en la comunidad Vicco-Pasco*. Vicco-Pasco : Universidad César Vallejo, 2016.
10. ROSSI, María Gabriela. *Evaluación y propuestas de remediación a suelos contaminados con metales pesados e hidrocarburos de procedencia industrial*. Ciudad Juárez, Chihuahua : Universidad Autónoma de Nuevo León, 2002.

11. VELASCO, Juan Antonio y VOLKE, Tania Lorena. *El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México*. 66, México : Gaceta Ecológica, 2003. 1405-2849.
12. GONZÁLES, Edwin Humberto. *Concepto y estrategias de biorremediación*. 01, s.l. : Universidad Antonio Nariño, 2011, Vol. 1.
13. MONTES, Dulce. *Glosario de Términos de Reciclaje*. México D.F. : UNAM, 2006.
14. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. *Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Perú : s.n., 2016.
15. ENCICLOPEDIA AMBIENTAL AMBIENTUM. Ambientum.com. [En línea] [Citado el: 13 de Diciembre de 2018.] [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/natura/el\\_ecosistema\\_natural.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/natura/el_ecosistema_natural.asp).
16. SMITH, Thomas M. y SMITH, Robert Leo. *Ecología*. España : Pearson, 2006.
17. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS*. Perú : s.n., 2013.
18. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). *ECOLOGIA Y ENSEÑANZA RURAL - Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. Roma, Italia : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1996.
19. ITURBE, Rosario. *¿Qué es la biorremediación?* México D.F. : Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. 9786070212673.
20. LONDOÑO, Luis Fernando, LONDOÑO, Paula Tatiana y MUÑOZ, Fabián Gerardo. *Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal*. 2, Colombia : Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2016, Vol. 14.
21. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Perú : s.n., 2016-2024.
22. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Reciclaje y disposición final segura de RESIDUOS SÓLIDOS*. Río de Janeiro, Brasil : s.n., 2008.

23. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FUNDAMENTALES EN AGRICULTURA TROPICAL (INIFAT). *Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida*. Cuba : s.n., 2010.
24. ROMÁN, Pilar, MARTÍNEZ, Maria y PANTOJA, Alberto. *Manual de Compostaje del Agricultor*. Santiago de Chile : s.n., 2013. 9789253078448.
25. ORTÍZ, Irene, y otros. *Técnicas de recuperación de suelos contaminados*. Madrid : Universidad de Alcalá, 2007.
26. MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL Y MEDIO AMBIENTE. *Plan Nacional de Valoración de Residuos*. Argentina : s.n., 1998.
27. PULGAR-VIDAL, Manuel. Resolución Ministerial N° 066-2016-MINAM. *Guía General para el Plan de Compensación Ambiental*. Lima : s.n., 2016.
28. MANUAL TÉCNICOS PARA ORGANOPÓNICOS, HUERTOS INTENSIVOS Y ORGANOPONÍA SEMIPROTEGIDA. ABONOS ORGÁNICOS (COMPOSTAJE Y LUMBRICULTURA).
29. DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD AMBIENTAL. *GLOSARIO DE TÉRMINOS Sitios Contaminados*. Perú : s.n., 2016.
30. NORMAS E INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL - DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS. *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana*. Perú : s.n., 2012.
31. RAMÍREZ, Roberto. *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. Santafé de Bogotá, DC. : s.n., 1997.
32. ARROYO, Jacinto. *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* Perú : Fundación para el desarrollo y aplicación de las ciencias, 2012.
33. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Collado y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill, 2014. 9781456223960.
34. FERRERA-CERRATO, Ronald, y otros. *Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos*. 2, México : Revista Latinoamericana de Microbiología, 2006, Vol. 48.

35. LEON, Vladimir Alfonso. *Capacidad Fitorremediadora de especies altoandinas para suelos contaminados por metales pesados procedentes de la Compañía Minera Lincuna SAC, en condiciones de invernadero, 2015-2016*. Huaraz : Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", 2017.
36. PEÑA, Flor de Maria. *Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando Helianthus annuus L. en la estación experimental El Mantaro. 1*, El Mantaro : Prospectiva Universitaria, 2017, Vol. 9.
37. CORNEJO, Melitza de Lourdes. *Biorremediación de relaves mineros con un consorcio microbiano nativo caracterizado molecularmente y productor de enzimas degradadoras de cianuro y derivados*. Tumbes : Universidad Nacional de Tumbes, 2016.
38. ALCÁNTARA, Max Clive. *Recuperación de suelos de relaves mineros para convertirlos en áreas verdes en la planta piloto metalúrgica de Yauris-UNCP*. Yauris : CONVICCIONES, 2015.
39. BENITEZ, Yeison Javier. *Estado del arte en métodos biotecnológicos potenciales a ser empleados para el tratamiento de aguas o suelos contaminados con mercurio, provenientes de la minería en zonas con antecedentes de explotación minera aurífera*. Manizales : Universidad Católica de Manizales, 2017.
40. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Aprende a prevenir los efectos del mercurio*. Lima : s.n., 2016.
41. PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA. *Ley General de Residuos Sólidos*. Lima : s.n., 2008.
42. INSUASTY MANRIQUE, Marlon Jonathan. *Estudio sobre captura eficiente de metales pesados empleando procesos de biorremediación*. Bucaramanga : s.n., 2017.

## **ANEXOS**

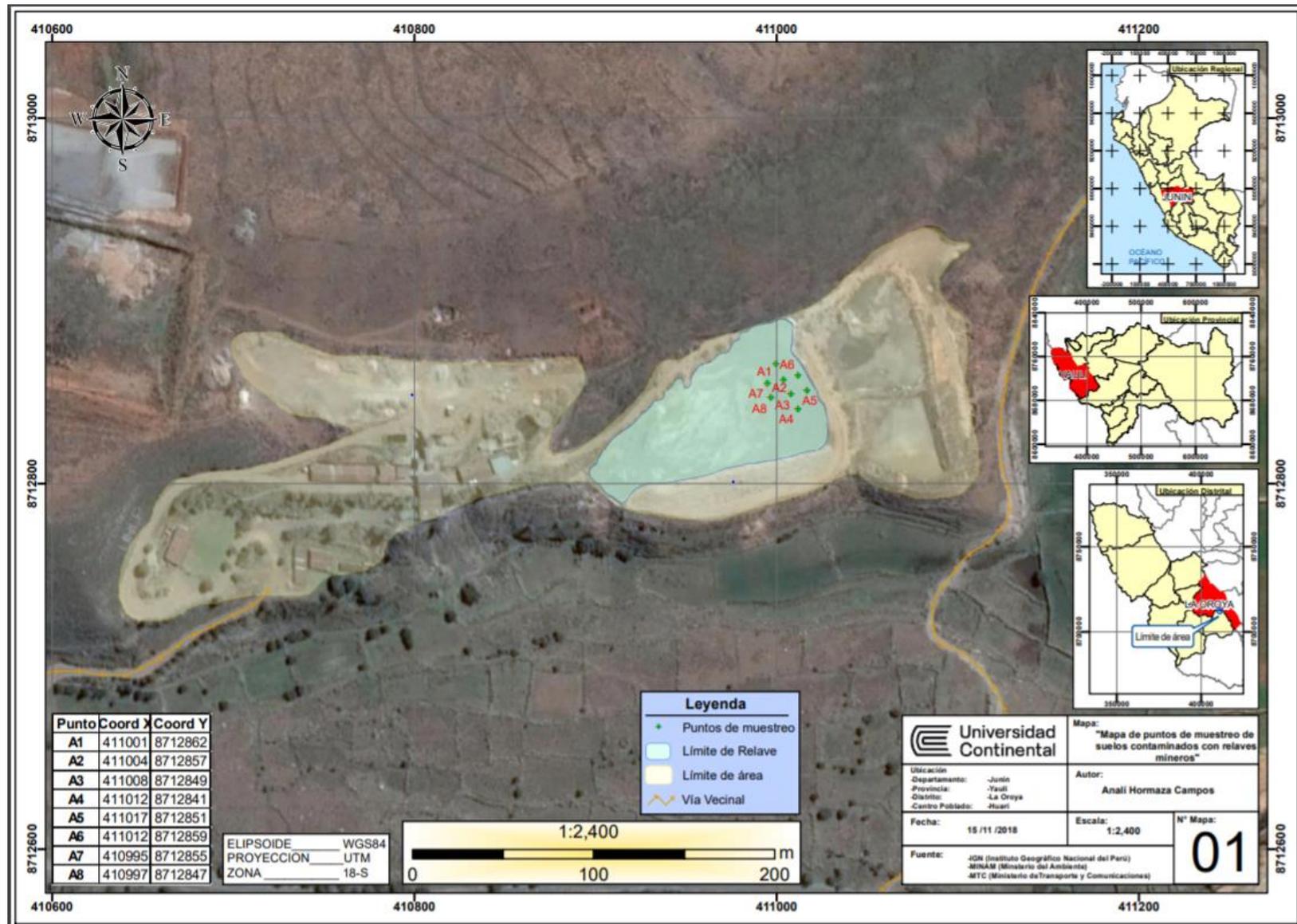
Anexo 01. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es la influencia del compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>*¿Cuál es la concentración de los metales pesados (Cu, Pb y Zn) tras la biorremediación de suelos contaminados con</p>	<p>Objetivos general</p> <p>Determinar la influencia del compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>*Determinar la concentración de los metales pesados (Cu, Pb y Zn) tras la biorremediación de suelos contaminados con relaves mineros con compost de estiércol</p>	<p>Hipótesis de investigación:</p> <p>H1: El compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) influye en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.</p> <p>Hipótesis nula:</p> <p>H0: El compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) no influye en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.</p> <p>Hipótesis alternativa</p>	<p>Variable dependientes</p> <p>Biorremediación de suelos contaminados con metales pesados.</p> <p>Variable independiente</p> <p>Compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) más sustrato como enmienda orgánica.</p>	<p>Método general</p> <p>Hipotético-deductivo.</p> <p>Método específico</p> <p>Observacional.</p> <p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicado.</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Explicativo.</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Pre-experimental.</p>

<p>relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019?</p> <p>*¿Cuáles son parámetros asociados a la obtención de una enmienda orgánica adecuada para la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019?</p> <p>*¿Cuál es la eficiencia de biopilas para la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019?</p>	<p>animal, Huari - La Oroya, 2019.</p> <p>*Identificar los parámetros asociados a la obtención de una enmienda orgánica adecuada para la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.</p> <p>* Determinar la eficiencia de biopilas para la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019.</p>	<p>Ha: El compost de estiércol animal (vacuno, ovino y de cuy) influye en la biorremediación de metales pesados (Cu, Pb y Zn) en suelos contaminados con relaves mineros, Huari - La Oroya, 2019 en función de la eficiencia de las biopilas.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>La concentración de los contaminantes asociados al relave minero disminuye tras la biorremediación aplicando compost al suelo, sin embargo, no llegan a encontrarse por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental, Huari - La Oroya, 2019.</p> <p>Los parámetros asociados a la obtención de una enmienda orgánica adecuada para la</p>		
--	--	---	--	--

		<p>biorremediación de suelos contaminados por relaves mineros se relacionan con el pH, la temperatura y humedad (características de compost ideal), además de la cantidad de adición del sustrato empleado a base de malta, jora y levadura considerando un ambiente aeróbico, Huari - La Oroya, 2019.</p> <p>La aplicación de biopilas para la biorremediación de suelos contaminados con relaves mineros alcanza valores altos de eficiencia (superiores al 80 %), Huari - La Oroya, 2019.</p>		
--	--	--	--	--

Anexo 02. Mapa de puntos de muestreo de suelos contaminados con relave minero.



Anexo 03. Prueba inicial para determinar la concentración inicial de los metales pesados en suelos de relave minero.

**INFORME DE ENSAYO N° 185892  
CON VALOR OFICIAL**

Nombre del Cliente : **ANALI HORMAZA CAMPOS**  
 Dirección : Reservado por el Cliente  
 Solicitado Por : ANALI HORMAZA CAMPOS  
 Referencia : Cotización N°4147-18  
 Proyecto : Reservado por el Cliente  
 Procedencia : Huancayo - Muestras de Huari - La Oroya (Relave Minero) Junín  
 Muestreo Realizado Por : El Cliente  
 Cantidad de Muestra : 2  
 Producto : Suelo  
 Fecha de Recepción : 13/12/2018  
 Fecha de Ensayo : 13/12/2018 al 27/12/2018  
 Fecha de Emisión : 27/12/2018

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

**I. Resultados**

Código de Laboratorio	185892-01	185892-02
Código de Cliente	AH - T - 01	AH - T - 02
Fecha de Muestreo	08/12/2018	08/12/2018
Hora de Muestreo (h)	10:00	11:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 411012.7 N 8712836.4	E 410910.9 N 8712817.2
Tipo de Producto	Suelo	Suelo

Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados	
<b>Metales (ICP-AES) (Peso Seco)</b>				
Ag Plata	mg/Kg PS	0,16	<0,16	<0,16
Al Aluminio	mg/Kg PS	0,10	4855	634,5
As Arsénico	mg/Kg PS	2,21	<2,21	<2,21
B Boro	mg/Kg PS	1,99	<1,99	<1,99
Ba Bario	mg/Kg PS	0,34	30,04	17,40
Be Berilio	mg/Kg PS	0,03	<0,03	<0,03
Ca Calcio	mg/Kg PS	1,49	17502	10105
Cd Cadmio	mg/Kg PS	0,04	<0,04	<0,04
Ce Cerio	mg/Kg PS	0,25	<0,25	<0,25
Co Cobalto	mg/Kg PS	0,10	1,74	<0,1
Cr Cromo	mg/Kg PS	0,03	<0,03	<0,03
Cu Cobre	mg/Kg PS	0,04	117,4	98,59
Fe Hierro	mg/Kg PS	0,05	38507	54603
K Potasio	mg/Kg PS	0,31	371,9	413,7
Li Litio	mg/Kg PS	1,21	<1,21	<1,21
Mg Magnesio	mg/Kg PS	0,32	10756	3393
Mn Manganeso	mg/Kg PS	0,04	1548	4951
Mo Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	<0,06	<0,06
Na Sodio	mg/Kg PS	0,94	<0,94	<0,94
Ni Níquel	mg/Kg PS	0,05	<0,05	<0,05
P Fósforo	mg/Kg PS	0,69	<0,69	<0,69
Pb Plomo	mg/Kg PS	0,87	1200	9137
Sb Antimonio	mg/Kg PS	0,54	<0,54	<0,54
Se Selenio	mg/Kg PS	0,82	<0,82	<0,82
Si Silicio	mg/Kg PS	0,62	560,4	202,7
Sn Estaño	mg/Kg PS	0,73	<0,73	<0,73
Sr Estroncio	mg/Kg PS	0,12	23,09	68,65
Ti Titanio	mg/Kg PS	0,08	185,8	25,89
Tl Talio	mg/Kg PS	0,74	<0,74	<0,74
V Vanadio	mg/Kg PS	0,03	<0,03	<0,03
Zn Zinc	mg/Kg PS	0,19	2186	11851

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo. "-/-" = No Analizado.

## INFORME DE ENSAYO N° 185892 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	185892-01	185892-02	
Código de Cliente	AH - T - 01	AH - T - 02	
Fecha de Muestreo	08/12/2018	08/12/2018	
Hora de Muestreo (h)	10:00	11:00	
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 411012.7 N 8712836.4	E 410910.9 N 8712817.2	
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Metales (ICP-AES) (Peso Seco)			
Hg Mercurio	mg/Kg PS	1,00	<1,00

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo. "—" = No Analizado.

### II. Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V and Zn)	EPA Method 3050-B; Rev. 02., 1996 EPA Method 200.7; Rev. 4.4., 1994	Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry ICP-AES.
Metales (CVAA - FIMS)		
Mercurio	EPA Method 7471B; Rev.2. Feb. 2007	Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis.

Alfonso Vilca M.  
CCSA  
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.

El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.

El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.

Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

\*\* FIN DEL INFORME \*\*

## Anexo 04. Caracterización microbiológica.

Página 1 de 3

### INFORME DE ENSAYO N° MA19030021 SIN VALOR OFICIAL

#### DATOS DEL CLIENTE

Nombre del Cliente : ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
Domicilio Legal :   
Solicitado Por : ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
Referencia : O/S 19020019

#### DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Pilcomayo  
Plan de Muestreo : Realizado por el Cliente  
Cantidad de Muestras : 01 muestra x 01 und. x 500 g. aprox.  
Condición de la Muestra : En buen estado y cerrado

Fecha de Muestreo : 25/02/2019  
Fecha de Ingreso : 25/02/2019  
Fecha Inicio Ensayo : 25/02/2019  
Fecha de término de ensayo : 05/03/2019

#### MÉTODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Identificación de Aspergillus sp.	Observación de colonias típicas en microscopio y sembrado en cámara húmeda para identificación
Recuento de actinomicetos (UFC/g)	American public Health Association. 1992. Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. Ed. Chapter 13.
Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	International Commission on Microbiological Specifications for foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.
Carbono Orgánico Total (*)	Método de Walkley Black
Conductividad (*)	EPA 841-B-97003 Nov. 1997
Materia Orgánica (*)	EPA 841-B-97003 Nov. 1997
Nitrogeno Orgánico total (*)	Método Kjeldahl, Jackson
Nitrogeno, Fosforo, Potasio (*)	EPA 841-B-97003 Nov. 1997
Relación C/N (*)	EPA 841-B-97003 Nov. 1997

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

SIGLAS: "EPA". U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes

**INFORME DE ENSAYO N° MA19030021  
SIN VALOR OFICIAL**

Cod. Cliente	A1	A2	A3	B2		
Cod. Lab.	190225-01	190225-02	190225-03	190225-04		
Tipo de Producto	Lodo (Compost)	Lodo (Compost)	Lodo (Compost)	Lodo (Compost)		
Fecha de Muestreo	25/02/2019	25/02/2019	25/02/2019	25/02/2019		
Hora de Muestreo	11:00	11:30	12:00	12:30		
Ubicación Geográfica UTM	E: 472406.56	E: 472406.56	E: 472406.56	E: 472406.56		
	N: 8668540.13	N: 8668540.13	N: 8668540.13	N: 8668540.13		
	Cota: 3215	Cota: 3215	Cota: 3215	Cota: 3215		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Identificación de Aspergillus sp.	-	-	< 1,000.00	10,000.00	<1,000.00	< 1,000.00
Recuento de actinomicetos	UFC/g	-	77,000.00	320,000.00	1,000,000.00	350,000.00
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	-	96,000.00	120,000.00	170,000.00	52,000.00
Carbono Orgánico Total *	%	-	24.10	25.40	26.80	22.70
Conductividad *	dS/cm	-	3.81	4.82	5.32	4.48
Fosforo *	g/kg	-	27.60	28.10	26.20	27.50
Materia Orgánica *	%	-	43.20	45.70	48.30	40.80
Nitrogeno Orgánico *	%	-	5.42	4.15	3.85	3.92
Nitrogeno *	g/Kg	-	12.30	14.20	12.80	13.10
Potasio *	g/Kg	-	4.80	5.90	4.30	5.10
Relación C/N *	-	-	7.90	11.10	12.50	10.40

**Leyenda:** L.D = Limite de detección N.A. = No aplica

Lima, 12 de Marzo del 2019

## ANEXOS



Fig. 1: Recuento de Mohos y levaduras muestra 1902079, no se observan colonias típicas de Aspergillus



Fig. 2: Recuento de Mohos y levaduras muestra 1902080, se observa 1 colonia típicas de Aspergillus



Fig. 3: Recuento de Mohos y levaduras muestra 1902081, no se observan colonias típicas de Aspergillus



Fig. 4: Recuento de Mohos y levaduras muestra 1902082, no se observan colonias típicas de Aspergillus



Fig. 5: Toma de la colonia típica de Aspergillus encontrada en la muestra 1902080

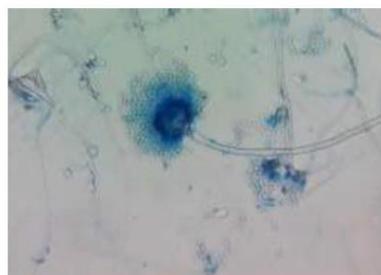


Fig. 6: Toma microscópica de la colonia típica de Aspergillus encontrada en la muestra 1902080

Lima, 12 de Marzo del 2019

## Anexo 05. Resultados de los ensayos de las biopilas.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-099



### INFORME DE ENSAYO N° 000035383

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A1-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPESA:** 000034495  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N: 8712817.2 / E: 0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 09:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

#### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aluminio	mg/kg	6076	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.2783
Antimonio	mg/kg	14.21	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0105
Arsénico	mg/kg	536.2	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0154
Bario	mg/kg	165.2	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0236
Berilio	mg/kg	0.4159	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0161
Boro	mg/kg	35.45	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0379
Cadmio	mg/kg	27.69	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0308
Calcio	mg/kg	105342	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.9412
Cobalto	mg/kg	21.16	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0169
Cobre	mg/kg	933.5	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0165
Cromo	mg/kg	20.24	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0198
Estaño	mg/kg	138.7	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.1169
Estroncio	mg/kg	188.5	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0607
Hierro	mg/kg	44714	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.4553
Litio	mg/kg	6.810	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0146
Magnesio	mg/kg	27269	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.3061

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

MC2301-1

1/3

**INFORME DE ENSAYO N° 000035383**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A1-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034495  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 09:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Manganeso	mg/kg	2930	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0214
Mercurio	mg/kg	0.6804	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0159
Molibdeno	mg/kg	7.162	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0168
Níquel	mg/kg	23.65	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0219
Plata	mg/kg	4.129	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0135
Plomo	mg/kg	1926	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0141
Potasio	mg/kg	15817	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Selenio	mg/kg	5.132	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0421
Silicio	mg/kg	145.2	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3901
Sodio	mg/kg	1299	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Talio	mg/kg	0.3596	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0140
Titanio	mg/kg	118.1	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0511
Vanadio	mg/kg	18.32	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0205

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
**LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)**

**INFORME DE ENSAYO N° 000035383**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A1-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034495  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 09:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Zinc	mg/kg	5918	EPA Method 3051A Rev. 1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev. 1. January 1998	ICP-MS	0.0456

Callao, 24 de mayo de 2019



Fdo. Vanessa León Legua  
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
 CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
 LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035384**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A2-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034496  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 10:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aluminio	mg/kg	12492	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.2783
Antimonio	mg/kg	9.414	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0105
Arsénico	mg/kg	62.94	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0154
Bario	mg/kg	86.00	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0236
Berilio	mg/kg	0.4013	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0161
Boro	mg/kg	40.05	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0379
Cadmio	mg/kg	8.571	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0308
Calcio	mg/kg	63694	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.9412
Cobalto	mg/kg	14.60	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0169
Cobre	mg/kg	260.3	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0165
Cromo	mg/kg	16.18	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0198
Estaño	mg/kg	41.09	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.1169
Estroncio	mg/kg	184.7	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0607
Hierro	mg/kg	46010	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.4553
Litio	mg/kg	15.90	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0146
Magnesio	mg/kg	11969	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.3061

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035384**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A2-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034496  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 10:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Manganeso	mg/kg	1155	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0214
Mercurio	mg/kg	0.1934	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0159
Molibdeno	mg/kg	8.367	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0168
Níquel	mg/kg	7.136	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0219
Plata	mg/kg	3.125	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0135
Plomo	mg/kg	895.2	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0141
Potasio	mg/kg	18837	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Selenio	mg/kg	3.502	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0421
Silicio	mg/kg	172.6	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3901
Sodio	mg/kg	1420	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Talio	mg/kg	0.1522	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0140
Titanio	mg/kg	278.2	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0511
Vanadio	mg/kg	35.54	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0205

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035384**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A2-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034496  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 10:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Zinc	mg/kg	1062	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0456

Callao, 24 de mayo de 2019



Fdo. Vanessa León Legua  
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
 CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035385**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A3-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034497  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 11:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aluminio	mg/kg	10018	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.2783
Antimonio	mg/kg	4.299	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0105
Arsénico	mg/kg	60.53	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0154
Bario	mg/kg	60.14	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0236
Berilio	mg/kg	0.2904	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0161
Boro	mg/kg	28.73	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0379
Cadmio	mg/kg	6.919	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0308
Calcio	mg/kg	51855	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.9412
Cobalto	mg/kg	12.97	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0169
Cobre	mg/kg	267.8	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0165
Cromo	mg/kg	12.59	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0198
Estaño	mg/kg	29.51	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.1169
Estroncio	mg/kg	145.7	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0607
Hierro	mg/kg	41016	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.4553
Litio	mg/kg	12.04	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0146
Magnesio	mg/kg	10366	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.3061

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035385**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A3-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034497  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 11:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Manganeso	mg/kg	1043	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0214
Mercurio	mg/kg	0.1700	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0159
Molibdeno	mg/kg	6.767	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0168
Níquel	mg/kg	5.718	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0219
Plata	mg/kg	3.636	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0135
Plomo	mg/kg	874.7	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0141
Potasio	mg/kg	14114	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Selenio	mg/kg	3.144	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0421
Silicio	mg/kg	147.1	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3901
Sodio	mg/kg	1131	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Talio	mg/kg	0.1116	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0140
Titanio	mg/kg	240.3	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0511
Vanadio	mg/kg	29.64	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0205

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035385**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A3-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034497  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 11:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

**RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Zinc	mg/kg	949.0	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0456

Callao, 24 de mayo de 2019



Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035386**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** SS-B2-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034498  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 12:30:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

**RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aluminio	mg/kg	11980	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.2783
Antimonio	mg/kg	7.566	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0105
Arsénico	mg/kg	99.60	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0154
Bario	mg/kg	75.25	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0236
Berilio	mg/kg	0.3536	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0161
Boro	mg/kg	33.79	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0379
Cadmio	mg/kg	10.27	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0308
Calcio	mg/kg	57754	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.9412
Cobalto	mg/kg	17.05	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0169
Cobre	mg/kg	429.7	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0165
Cromo	mg/kg	15.01	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0198
Estaño	mg/kg	22.84	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.1169
Estroncio	mg/kg	162.5	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0607
Hierro	mg/kg	52156	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.4553
Litio	mg/kg	15.70	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0146
Magnesio	mg/kg	12584	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3061

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
**LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)**

**INFORME DE ENSAYO N° 000035386**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** SS-B2-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034498  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 12:30:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

**RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Manganeso	mg/kg	1307	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0214
Mercurio	mg/kg	0.3691	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0159
Molibdeno	mg/kg	8.586	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0168
Níquel	mg/kg	7.415	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0219
Plata	mg/kg	5.093	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0135
Plomo	mg/kg	1125	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0141
Potasio	mg/kg	16124	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Selenio	mg/kg	4.081	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0421
Silicio	mg/kg	193.5	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3901
Sodio	mg/kg	1248	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Talio	mg/kg	0.1974	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0140
Titanio	mg/kg	277.9	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0511
Vanadio	mg/kg	35.01	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0205

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
**LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)**

**INFORME DE ENSAYO N° 000035386**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** SS-B2-AH-T-02  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034498  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-02.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712817.2 / E:0410910.9 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 12:30:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

**RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Zinc	mg/kg	1570	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0456

Callao, 24 de mayo de 2019



Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035387**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A1-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034499  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 09:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aluminio	mg/kg	10961	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.2783
Antimonio	mg/kg	7.217	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0105
Arsénico	mg/kg	61.97	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0154
Bario	mg/kg	70.89	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0236
Berilio	mg/kg	0.3468	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0161
Boro	mg/kg	28.66	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0379
Cadmio	mg/kg	8.233	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0308
Calcio	mg/kg	52233	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.9412
Cobalto	mg/kg	13.36	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0169
Cobre	mg/kg	311.7	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0165
Cromo	mg/kg	14.29	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0198
Estaño	mg/kg	17.76	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.1169
Estroncio	mg/kg	152.0	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0607
Hierro	mg/kg	42408	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.4553
Litio	mg/kg	11.25	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0146
Magnesio	mg/kg	10742	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.3061

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035387**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A1-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034499  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 09:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Manganeso	mg/kg	1073	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0214
Mercurio	mg/kg	0.1626	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0159
Molibdeno	mg/kg	6.773	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0168
Níquel	mg/kg	6.321	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0219
Plata	mg/kg	3.475	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0135
Plomo	mg/kg	886.3	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0141
Potasio	mg/kg	14677	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	1.0191
Selenio	mg/kg	3.116	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0421
Silicio	mg/kg	217.0	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.3901
Sodio	mg/kg	1149	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	1.0191
Talio	mg/kg	0.1247	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0140
Titanio	mg/kg	256.9	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0511
Vanadio	mg/kg	31.46	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0205

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

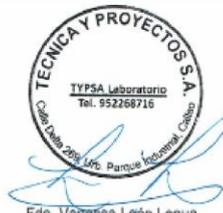
**INFORME DE ENSAYO N° 000035387**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A1-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034499  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 09:30:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Zinc	mg/kg	1219	EPA Method 3051A Rev. 1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev. 1. January 1998	ICP-MS	0.0456

Callao, 24 de mayo de 2019



Fdo. Vanessa León Legua  
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
 CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
 LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035388**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A2-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034500  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 10:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aluminio	mg/kg	4501	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.2783
Antimonio	mg/kg	15.42	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0105
Arsénico	mg/kg	289.9	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0154
Bario	mg/kg	86.48	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0236
Berilio	mg/kg	0.4604	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0161
Boro	mg/kg	28.98	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0379
Cadmio	mg/kg	34.27	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0308
Calcio	mg/kg	60775	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.9412
Cobalto	mg/kg	5.689	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0169
Cobre	mg/kg	297.4	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0165
Cromo	mg/kg	12.75	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0198
Estaño	mg/kg	18.81	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.1169
Estroncio	mg/kg	192.1	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0607
Hierro	mg/kg	57301	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.4553
Litio	mg/kg	8.341	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0146
Magnesio	mg/kg	10799	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3061

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035388**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A2-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034500  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 10:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Manganeso	mg/kg	3996	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0214
Mercurio	mg/kg	0.1718	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0159
Molibdeno	mg/kg	3.982	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0168
Níquel	mg/kg	8.533	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0219
Plata	mg/kg	8.456	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0135
Plomo	mg/kg	1000	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0141
Potasio	mg/kg	15125	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Selenio	mg/kg	2.096	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0421
Silicio	mg/kg	112.5	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3901
Sodio	mg/kg	1168	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Talio	mg/kg	0.1508	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0140
Titanio	mg/kg	82.42	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0511
Vanadio	mg/kg	16.74	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0205

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035388**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A2-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034500  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 10:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Zinc	mg/kg	9300	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0456

Callao, 24 de mayo de 2019



Fdo. Vanessa León Legua  
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
 CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
 LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035389**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A3-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034501  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO. JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 11:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aluminio	mg/kg	5456	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.2783
Antimonio	mg/kg	17.02	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0105
Arsénico	mg/kg	313.9	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0154
Bario	mg/kg	82.43	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0236
Berilio	mg/kg	0.6203	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0161
Boro	mg/kg	26.83	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0379
Cadmio	mg/kg	39.80	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0308
Calcio	mg/kg	63050	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.9412
Cobalto	mg/kg	5.887	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0169
Cobre	mg/kg	322.8	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0165
Cromo	mg/kg	16.81	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0198
Estaño	mg/kg	22.10	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.1169
Estroncio	mg/kg	208.8	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0607
Hierro	mg/kg	64116	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.4553
Litio	mg/kg	6.851	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.0146
Magnesio	mg/kg	10202	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1, January 1998	ICP-MS	0.3061

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035389**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A3-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034501  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 11:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Manganeso	mg/kg	4498	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0214
Mercurio	mg/kg	0.1569	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0159
Molibdeno	mg/kg	3.768	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0168
Níquel	mg/kg	10.03	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0219
Plata	mg/kg	11.31	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0135
Plomo	mg/kg	1183	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0141
Potasio	mg/kg	15235	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Selenio	mg/kg	2.234	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0421
Silicio	mg/kg	158.8	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3901
Sodio	mg/kg	1159	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Talio	mg/kg	0.1631	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0140
Titanio	mg/kg	126.4	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0511
Vanadio	mg/kg	19.77	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0205

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035389**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** CS-A3-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034501  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 11:00:00 a.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

**RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Zinc	mg/kg	10762	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0456

Callao, 24 de mayo de 2019



Fdo. Vanessa León Legua  
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
 CQP N° 927

L.C. Limite de cuantificación/L.D. Limite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
 LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000035390**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** SS-B2-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034502  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 12:00:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aluminio	mg/kg	9531	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.2783
Antimonio	mg/kg	6.419	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0105
Arsénico	mg/kg	64.34	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0154
Bario	mg/kg	62.33	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0236
Berilio	mg/kg	0.2556	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0161
Boro	mg/kg	35.22	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0379
Cadmio	mg/kg	6.672	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0308
Calcio	mg/kg	54150	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.9412
Cobalto	mg/kg	13.88	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0169
Cobre	mg/kg	292.2	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0165
Cromo	mg/kg	23.98	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0198
Estaño	mg/kg	20.15	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.1169
Estroncio	mg/kg	150.1	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0607
Hierro	mg/kg	42251	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.4553
Litio	mg/kg	12.73	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0146
Magnesio	mg/kg	10293	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3061

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

MC2301-1

1/3

**INFORME DE ENSAYO N° 000035390**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** SS-B2-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034502  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 12:00:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

**RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Manganeso	mg/kg	1016	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0214
Mercurio	mg/kg	0.1554	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0159
Molibdeno	mg/kg	6.879	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0168
Níquel	mg/kg	5.613	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0219
Plata	mg/kg	2.749	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0135
Plomo	mg/kg	845.8	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0141
Potasio	mg/kg	15446	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Selenio	mg/kg	3.219	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0421
Silicio	mg/kg	123.9	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.3901
Sodio	mg/kg	1105	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	1.0191
Talio	mg/kg	0.1165	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0140
Titanio	mg/kg	193.5	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0511
Vanadio	mg/kg	27.47	EPA Method 3051A Rev.1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev.1. January 1998	ICP-MS	0.0205

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
**LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)**

**INFORME DE ENSAYO N° 000035390**

**CLIENTE:** ANALÍ CYNTHIA HORMAZA CAMPOS  
**DOMICILIO LEGAL:** ( )  
**REFERENCIA CLIENTE:** SS-B2-AH-T-01  
**CÓDIGO TYPSA:** 000034502  
**MATRIZ:** Suelo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Cotización N°00020003978.  
 Aproximadamente 1 Kg de Muestra (Suelo).  
 Proyecto: MUESTREO DE CALIDAD DE SUELOS PARA TESIS - PUNTO: AH-T-01.  
 Tomada por el cliente  
**DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:**  
**CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:**  
**DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:** N:8712836.4 / E:0411012.7 DISTRITO DE PILCOMAYO, PROVINCIA HUANCAYO, DEPARTAMENTO: JUNÍN.  
**FECHA DE TOMA:** 21/04/2019 12:00:00 p.m.  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13/05/2019  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:** 13/05/2019 - 24/05/2019

RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Zinc	mg/kg	952.2	EPA Method 3051A Rev. 1 February 2007 / EPA Method 6020A Rev. 1. January 1998	ICP-MS	0.0456

Callao, 24 de mayo de 2019



Fdo. Vanessa León Legua  
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopia  
 CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
 LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Delta, 269, Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

Anexo 06. Datos de la elaboración de compost.

FECHA	B1			B2			B3		
	T°	pH	Humedad	T°	pH	Humedad	T°	pH	Humedad
15/10/2018	39,3	6	46%	44,0	6	47%	43,6	6	46%
16/10/2018	41,0	6,5	48%	38,9	6,5	46%	40,5	6	47%
17/10/2018	44,5	6	44%	39,0	6	45%	41,3	6,5	46%
18/10/2018	42,0	6,5	46%	41,7	6,5	47%	38,6	6	45%
19/10/2018	36,0	5,5	48%	43,0	6	46%	40,0	6	49%
20/10/2018	46,2	6,5	50%	43,7	6,5	48%	39,1	6,5	50%
21/10/2018	47,4	6	48%	41,2	6	47%	45,3	6	49%
22/10/2018	43,5	6	50%	40,0	6	50%	44,0	6	50%
23/10/2018	39,7	6,5	48%	37,6	6,5	49%	43,6	5,5	47%
24/10/2018	43,5	6	47%	43,0	5,5	47%	38,6	6	46%
25/10/2018	47,5	6,5	45%	42,0	5,5	44%	45,3	6	47%
26/10/2018	46,8	6	42%	41,3	6	42%	42,6	6,5	44%
27/10/2018	48,6	6,5	44%	39,0	6,5	40%	44,8	6	42%
28/10/2018	45,3	6	46%	41,0	6,5	45%	45,3	6	43%
29/10/2018	48,4	6,5	48%	37,5	6	47%	40,5	5,5	45%
30/10/2018	48,0	6	44%	38,1	5,5	42%	39,0	6	44%
31/10/2018	46,1	6,5	40%	42,0	6,5	40%	43,0	6,5	42%
01/11/2018	47,0	6	42%	39,6	6	42%	42,6	6	44%
02/11/2018	47,5	6,5	44%	39,1	5,5	44%	40,0	6	46%

03/11/2018	43,8	6,5	47%	42,7	5,5	45%	45,3	5,5	47%
04/11/2018	46,0	6	48%	40,0	6	47%	42,7	6	49%
05/11/2018	47,2	6,5	49%	41,6	6,5	49%	41,0	6	44%
06/11/2018	46,3	6	47%	39,7	6,5	46%	42,8	5,5	45%
07/11/2018	46,1	6,5	43%	44,0	6	45%	39,6	6	43%
08/11/2018	47,0	6	45%	43,2	6,5	44%	37,2	6	42%
09/11/2018	48,3	6,5	44%	41,9	6	42%	43,4	6,5	44%
10/11/2018	44,0	6	44%	47,0	5,5	44%	47,0	6	42%
11/11/2018	46,0	6,5	48%	49,4	6	46%	46,2	6,5	47%
12/11/2018	49,3	5,5	50%	52,0	6,5	48%	44,7	6	46%
13/11/2018	55,0	6,5	52%	55,3	6	50%	48,4	6	50%
14/11/2018	50,0	6	54%	50,3	6,5	52%	49,0	5,5	52%
15/11/2018	53,0	6,5	60%	48,0	6	58%	45,3	6	55%
16/11/2018	54,5	6,5	54%	51,8	6	54%	51,0	6	52%
17/11/2018	57,6	6	56%	55,0	6,5	55%	55,3	6,5	54%
18/11/2018	58,2	6	54%	53,4	6,5	52%	52,7	6	52%
19/11/2018	52,0	6,5	56%	52,6	6	55%	50,5	5,5	56%
20/11/2018	59,6	6,5	58%	57,3	6	57%	57,4	6	54%
21/11/2018	60,0	6	54%	61,0	6,5	55%	56,8	5,5	52%
22/11/2018	62,5	6,5	56%	59,3	6	56%	60,1	6	50%
23/11/2018	61,0	6,5	54%	64,8	5,5	55%	59,4	6	52%

24/11/2018	58,0	6,5	56%	66,3	6	55%	67,3	6,5	54%
25/11/2018	55,8	6	60%	62,0	6,5	58%	63,5	6	56%
26/11/2018	59,6	5,5	56%	59,8	6,5	54%	62,6	6,5	58%
27/11/2018	57,3	6	58%	62,0	6	56%	60,3	6	58%
28/11/2018	59,0	5,5	56%	63,6	5,5	57%	65,3	6,5	58%
29/11/2018	53,7	6	58%	56,9	6	55%	62,2	6	56%
30/11/2018	57,4	6,5	54%	59,2	6,5	54%	61,0	6,5	57%
01/12/2018	55,8	6	56%	60,1	6,5	54%	59,5	6	55%
02/12/2018	57,7	6,5	54%	62,5	6	52%	63,5	6	53%
03/12/2018	58,3	6	48%	58,4	6,5	47%	62,0	6,5	49%
04/12/2018	58,0	6,5	45%	62,1	6	46%	58,9	6	47%
05/12/2018	55,6	6,5	46%	62,0	6	47%	60,5	5,5	45%
06/12/2018	53,0	6	44%	59,2	6,5	46%	61,6	6	48%
07/12/2018	57,4	6	48%	55,0	6	47%	55,7	5,5	45%
08/12/2018	56,6	6,5	46%	56,0	6	45%	53,8	6	47%
09/12/2018	53,0	6	47%	58,0	6,5	44%	61,0	6,5	45%
10/12/2018	54,4	5,5	47%	54,0	6	46%	55,6	6	49%
11/12/2018	50,0	6	45%	54,6	6,5	42%	52,8	6	44%
12/12/2018	50,3	6,5	42%	52,1	6	44%	50,6	5,5	46%
13/12/2018	48,0	6	44%	50,0	5,5	42%	52,7	6	45%
14/12/2018	47,3	6,5	40%	48,3	6,5	42%	48,9	6,5	45%

15/12/2018	44,0	6	42%	42,7	6,5	40%	46,5	6	44%
16/12/2018	42,7	5,5	40%	43,9	6	42%	43,7	5,5	44%
17/12/2018	40,7	6,5	40%	38,5	6,5	42%	40,0	6	44%
18/12/2018	39,6	6,5	42%	37,0	6	44%	36,7	6,5	46%
19/12/2018	41,6	6	40%	41,1	6	42%	38,0	6	45%
20/12/2018	39,3	6	42%	39,5	6,5	44%	37,5	6,5	45%
21/12/2018	41,6	6,5	40%	33,0	6,5	42%	38,2	6,5	41%
22/12/2018	36,2	6	44%	37,4	6	46%	35,0	6	47%
23/12/2018	35,9	6,5	46%	36,2	6	44%	34,7	6,5	45%
24/12/2018	33,0	6	45%	31,7	6,5	45%	37,6	6	46%
25/12/2018	32,4	5,5	40%	36,6	6	42%	34,9	6,5	44%
26/12/2018	28,7	5,5	44%	34,2	6	46%	37,2	6	45%
27/12/2018	36,0	6	42%	28,0	6,5	44%	38,5	6,5	46%
28/12/2018	37,8	6,5	45%	32,8	5,5	44%	36,9	6	42%
29/12/2018	35,6	6,5	48%	29,5	6	46%	35,0	6,5	49%
30/12/2018	32,5	6	45%	30,2	6,5	42%	33,4	6,5	44%
31/12/2018	37,4	6,5	48%	31,9	6	46%	36,0	6	47%
01/01/2019	32,3	6	50%	27,4	6	48%	34,6	6,5	49%
02/01/2019	37,4	6,5	54%	29,5	5,5	47%	37,1	6	50%
03/01/2019	36,1	6	52%	31,7	6,5	50%	33,0	5,5	53%
04/01/2019	31,6	6,5	47%	32,0	6	50%	28,9	6	48%

05/01/2019	35,2	5,5	45%	28,4	6,5	48%	35,4	6,5	47%
06/01/2019	36,1	6	43%	31,0	6	45%	33,2	6	42%
07/01/2019	34,2	6,5	40%	30,3	6,5	45%	30,0	6,5	44%
08/01/2019	30,5	6	45%	29,5	6	46%	32,0	6	44%
09/01/2019	27,8	6,5	44%	33,5	6,5	47%	30,1	5,5	46%
10/01/2019	29,0	6	42%	27,6	6	46%	27,8	6	44%
11/01/2019	30,5	6,5	47%	32,7	6,5	45%	29,1	5,5	46%
12/01/2019	31,0	6	49%	28,0	6	50%	30,1	6	48%
13/01/2019	28,9	6	48%	27,5	5,5	45%	27,9	5,5	47%
14/01/2019	31,1	6	49%	29,4	6	47%	28,0	6	46%
15/01/2019	30,1	6,5	50%	25,7	6,5	49%	31,8	6,5	48%

Anexo 07. Datos de las biopilas respecto de sus criterios de campo.

Fecha	Parámetros	CS-A1-AH-T-01	CS-A1-AH-T-02	CS-A2-AH-T-01	CS-A2-AH-T-02	CS-A3-AH-T-01	CS-A3-AH-T-02	SS-B2-AH-T-01	SS-B2-AH-T-02
13/01/19	Temperatura	22.2	21.7	19.8	19.5	19.6	20.7	19.8	23.1
	Humedad	47	46	47	47	45	47	45	42
	pH	6	7	7	6	6	6	6	6
20/01/19	Temperatura	21.3	21.7	21.9	22.5	22	21.7	22.1	22.3
	Humedad	48	46	45	45	46	46	48	47
	pH	7	7	7	6.5	7	7	7	6.5
27/01/19	Temperatura	24.1	26	26.5	26.5	25.7	26	22.3	23.9
	Humedad	48	46	41	43	41	40	49	44
	pH	7.5	7	7	7	6.5	6.5	6.5	6.5
03/02/19	Temperatura	24.5	23.9	26	23.1	26.7	26.8	25.7	26.6
	Humedad	45	42	44	47	47	46	53	46
	pH	6.5	7	7	7	7	7	7	6.5
10/02/19	Temperatura	17.5	16.4	15.4	15.8	16.4	16.2	22.7	16.5
	Humedad	65	68	65	66	65	63	61	63
	pH	7	6.5	7	6.5	7	7	7	7
17/02/19	Temperatura	23.3	24.5	25.3	24.9	25.2	24.5	22.6	23.7
	Humedad	53	49	47	47	49	48	51	49
	pH	6.5	7	6.5	6.5	6.5	7	6.5	7
24/02/19	Temperatura	26.1	26.8	26.3	26	27.1	25	27.1	25.5
	Humedad	51	41	49	40	47	41	44	42
	pH	7	6.5	6.5	6.5	7	6.5	7	7
03/03/19	Temperatura	26.1	26.8	26.3	26	27.1	25	27.1	25.5
	Humedad	51	41	49	40	47	41	44	42
	pH	7	6.5	7	6.5	7	7	7	6.5

10/03/19	Temperatura	18.3	20.6	18.3	19.7	19.4	21	22.6	21.5
	Humedad	85	79	81	85	73	56	54	61
	pH	7	7.5	7	7	7	7	5.5	7
17/03/19	Temperatura	27	27.5	27.7	28.2	26.9	27.2	26.8	27
	Humedad	39	37	39	38	41	41	45	43
	pH	7	6.5	7	7	7	7	7.5	7
24/03/19	Temperatura	52.7	49.3	51.5	50.7	49.7	47.3	34.1	45.8
	Humedad	23	21	23	23	28	24	52	35
	pH	7	7	7	7	7	7	7	7
31/03/19	Temperatura	26.2	28.8	38	43.8	47	40.8	33.4	31
	Humedad	60	45	32	32	25	26	30	34
	pH	6.5	7	7	6.5	7	6.5	7	6.5
07/04/19	Temperatura	37.5	41.7	46.6	46.3	42.6	44.2	34.9	38.8
	Humedad	24	25	27	26	33	30	43	41
	pH	7	6.5	6.5	7	7	7	6.5	7

Anexo 08. Panel fotográfico.



Fotografías 01 y 02: Sustrato añadido al compost mezclado con suelo de relave.



Fotografía 03. Muestras de pilas separadas y mezcladas.



Fotografías 04 y 05. Preparación de las pilas y estandarización del pH con cal.



Fotografía 06. Pilas.



Fotografía 07. Muestra de biopilas mezcladas (relave minero y compost).



Fotografía 08. Regulación de pH, humedad y temperatura.

Anexo 09. Tabla A-3 del apéndice del libro de Triola para valores críticos de la prueba t.

<b>TABLA A-3</b>		<b>Distribución t: Valores críticos t</b>				
		Área en una cola				
		0.005	0.01	0.025	0.05	0.10
Grados de libertad	Área en dos colas					
	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	
1	63.657	31.821	12.706	6.314	3.078	
2	9.925	6.965	4.202	2.920	1.886	
3	5.841	4.541	3.182	2.353	1.638	
4	4.604	3.747	2.776	2.132	1.533	
5	4.032	3.365	2.571	2.015	1.476	
6	3.707	3.143	2.447	1.943	1.440	
7	3.499	2.998	2.365	1.895	1.415	
8	3.355	2.896	2.306	1.860	1.397	
9	3.250	2.821	2.262	1.833	1.383	
10	3.169	2.764	2.228	1.812	1.372	
11	3.106	2.718	2.201	1.796	1.363	
12	3.055	2.681	2.179	1.782	1.356	