



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUÍMICA**



**REMEDIACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES MINEROS A  
ESCALA LABORATORIO MEDIANTE MICROORGANISMOS EN  
LA MINA ESCUELA POMPERÍA – PUNO.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**CAROLINA CCOSI CARIAPAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*Se la dedico a Dios que siempre guía mi camino y acompaña en este largo camino de la vida el cual siempre me levanta de los malos y buenos momentos.*

*Dedico con todo el alma y corazón mi tesis a mi madre, por su apoyo incondicional pues sin ella no lo había logrado, por la bendición y fuerza que me da a diario, me lleva por el camino del bien. A mi hermano que ha sido el principal apoyo y crecimiento de mi vida profesional, sentó en mis las bases de responsabilidad, ganas de crecer y seguir siendo mejor persona en la vida, en el tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón a admirarlo cada día.*

***Carolina Ccosi***



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante y por haberme permitido tener una familia maravillosa quienes han creído en mí siempre dándome ejemplo a seguir, humildad y enseñándome a valorar todo lo que tengo.*

*La universidad me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son imparables.*

*Agradezco mucho por la enseñanza y por la ayuda que fueron fundamentales a mis docentes de mi facultad por todos los conocimientos que me otorgaron*

*En particular agradezco a mi director de tesis quien me ha guiado y orientado en la realización de mi proyecto de tesis y por las sugerencias aportadas.*

***Carolina Ccosi***



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**RESUMEN ..... 11**

**ABSTRACT..... 12**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA ..... 14**

**1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 14**

1.2.1. Problema general ..... 14

1.2.2. Problemas específicos ..... 14

**1.3. JUSTIFICACIÓN ..... 14**

**1.4. OBJETIVOS ..... 15**

1.4.1. Objetivo general..... 15

1.4.2. Objetivos específicos ..... 15

**1.5. HIPÓTESIS ..... 15**

1.5.1. Hipótesis general..... 15

1.5.2. Hipótesis específicas ..... 16

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. MARCO TEÓRICO ..... 17**



2.1.1. Remediación .....	17
2.1.2. Pasivos ambientales .....	20
2.1.3. Microorganismos .....	27
2.1.4. Remediación de pasivos ambientales mineros como estrategia para el cuidado del ambiente. ....	33
2.1.5. Gestión de pasivos ambientales mineros. ....	34
2.1.6. Los pasivos ambientales mineros y sus efectos en el medio ambiente. 35	
2.1.7. Microorganismos y metales pesados: Una interacción en beneficio del medio ambiente. ....	37
2.1.8. Transformaciones mediadas por microorganismos. ....	38
<b>2.2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>38</b>

### CAPITULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2. MATERIALES Y EQUIPOS .....</b>	<b>44</b>
3.2.1. Material experimental .....	44
3.2.2. Equipo .....	44
3.2.3. Equipos de seguridad .....	44
3.2.4. Equipos e Instrumentos .....	44
<b>3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>44</b>
3.3.1. Metodología para el objetivo 1 .....	44
3.3.2. Metodología para el objetivo 2 .....	45
3.3.3. Metodología para el objetivo 3. ....	46
<b>3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>46</b>



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 1.....</b>	<b>47</b>
<b>4.2. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 2.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 3.....</b>	<b>48</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>

**Tema :** Pasivos Ambientales Mineros

**Línea:** Tecnologías Ambientales y Recursos Naturales.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 21 de octubre de 2022



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Pasos para la caracterización de las muestras de suelo de pasivos ambientales mineros. ....	45
<b>Figura 2.</b> Composición de la muestra 1 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pomperia. ....	49
<b>Figura 3.</b> Composición de la muestra 2 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pomperia. ....	50
<b>Figura 4.</b> Composición de la muestra 3 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pomperia. ....	51
<b>Figura 5.</b> Composición de la muestra 4 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pomperia. ....	52
<b>Figura 6.</b> Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos (Bio Mikhuy) en el primer muestreo. ....	53
<b>Figura 7.</b> Composición de la muestra 5 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	54
<b>Figura 8.</b> Composición de la muestra 6 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pomperia. ....	55



<b>Figura 9.</b> Composición de la muestra 7 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	56
<b>Figura 10.</b> Composición de la muestra 8 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	57
<b>Figura 11.</b> Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos Bio Mikhuy (Pseudomonas aeruginosa ) en el segundo muestreo. ....	58
<b>Figura 12.</b> Composición de la muestra 9 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	59
<b>Figura 13.</b> Composición de la muestra 10 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	60
<b>Figura 14.</b> Composición de la muestra 11 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	61
<b>Figura 15.</b> Composición de la muestra 11 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	62
<b>Figura 16.</b> Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos Bio Mikhuy (Pseudomonas aeruginosa) en el tercer muestreo. ....	63
<b>Figura 17.</b> pH de las muestras de suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas de la Mina Escuela Pompería. ....	64





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables .....	46
<b>Tabla 2.</b> Caracterización del pasivo ambiental (pH y humedad (%)) .....	47
<b>Tabla 3.</b> Condiciones de adaptación de los microorganismos al pasivo ambiental .....	48
<b>Tabla 4.</b> Composición de la muestra 1 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.....	48
<b>Tabla 5.</b> Composición de la muestra 2 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.....	49
<b>Tabla 6.</b> Composición de la muestra 3 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.....	50
<b>Tabla 7.</b> Composición de la muestra 4 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.....	52
<b>Tabla 8.</b> Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos en el producto Bio Mikhuy.....	53
<b>Tabla 9.</b> Composición de la muestra 5 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.....	54
<b>Tabla 10.</b> Composición de la muestra 6 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.....	55



<b>Tabla 11.</b> Composición de la muestra 7 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.....	56
<b>Tabla 12.</b> Composición de la muestra 8 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.....	57
<b>Tabla 13.</b> Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos en el producto Bio Mikhuy.....	58
<b>Tabla 14.</b> Composición de la muestra 9 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.....	59
<b>Tabla 15.</b> Composición de la muestra 10 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	60
<b>Tabla 16.</b> Composición de la muestra 11 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	61
<b>Tabla 17.</b> Composición de la muestra 12 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería. ....	62
<b>Tabla 18.</b> Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos en el producto Bio Mikhuy en el tercer muestreo. ....	63
<b>Tabla 19.</b> Valores del pH y humedad de las muestras de suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas de la Mina Escuela Pompería.....	64



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tomó como material experimental muestras con suelos de pasivos ambientales de la mina escuela Pompería, las pruebas se realizaron en el laboratorio de monitoreo y evaluación de la calidad ambiental de la Facultad de Ingeniería de Minas y en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, durante el periodo marzo a diciembre del 2020. El objetivo general planteado fue: Determinar la eficiencia de los microorganismos bacterias fototrópicas o fotosintéticas (*Rhodospseudomonas plastrus*, *Rhodobacter spaerodes*), bacterias ácido lácticas (*Lactobasillus plantarum*, *Lactobasilos casei*, *Streptococcus lactis*), levaduras (*Saccharomyces servisiae*, *Candida utilis*), alctinomicetos o actinobacterias (*Stroptomyces albus*, *Streptomyces griseus*), hongos de fermentación(*Aspergillus*, *Penicillium*) en el producto Bio Mikhuy, para ello se realizó la caracterización de los pasivos ambientales con presencia de minerales contaminantes que se envió la muestra de suelo a laboratorios analíticos del sur E.I.R.L, utilizando el método de barrido con el equipo de absorción atómica , dando resultados de un alto contenido de Cu(863.6ppm), Pb(578.6ppm), Zn(173.0ppm) y Al(8530ppm). Así como también se adaptó gradualmente los microorganismos al pasivo ambiental usando el procedimiento convencional en el producto Bio Mikhuy adecuándose a una temperatura de 20°C y a una humedad de 18% a 22%. Se concluye que esta técnica es muy eficiente en la biorremediación de los pasivos ambientales contaminados con metales de Cu, Pb, Zn y Al, logrando una buena eficiencia de remoción de los metales pesados por acción de los microorganismos es alta, obteniendo promedios de: Cu (99.86%), Pb (99.87%), Zn (99.76%) y Al (99.90%).

**Palabras Clave:** Microorganismos de remediación ambiental, pasivos ambientales, remoción de metales.



## ABSTRACT

The present research work took as experimental material samples with soils of environmental liabilities of Pompería school mine, the tests were carried out in the laboratory of monitoring and evaluation of the environmental quality of the Faculty of Mining Engineering and in the Laboratory of soils of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Altiplano of Puno, during the period from March to December 2020. The general objective was: Determine the efficiency of phototropic or photosynthetic bacteria (*Rhodopseudomonas plastrus*, *Rhodobacter spaerodes*), lactic acid bacteria (*Lactobasillus plantarum*, *Lactobasilos casei*, *Streptococcus lactis*), yeasts (*Saccharomyces servisiae*, *Candida utilis*), alctinomycetes or actinobacteria (*Stroptomyces albus*, *Streptomyces griseus*), fermentation fungi (*Aspergillus*), Pompería School Mine. For this, the characterization of the environmental liabilities with the presence of polluting minerals was carried out, which sent the soil sample to analytical laboratories in the south E.I.R.L, using the scanning method with the atomic absorption equipment, giving results of a high content of Cu(863.6ppm), Pb(578.6ppm), Zn(173.0ppm) and Al(8530ppm). As well as the microorganisms were gradually adapted to the passive environment using the conventional procedure in the Bio Mikhuy product, adapting to a temperature of 20 ° C and a humidity of 18% to 22%. It is concluded that this technique is very efficient in the bioremediation of environmental liabilities contaminated with Cu, Pb, Zn and Al metals, achieving a good removal efficiency of heavy metals by the action of microorganisms is high, obtaining averages of: Cu (99.86%), Pb (99.87%), Zn (99.76%) and Al (99.90%).

**Keywords:** Environmental remediation microorganisms, environmental liabilities, metal removal.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la minería genera contaminación en las diferentes etapas de su actividad, a nivel global y en nuestro país las consecuencias de la contaminación con metales pesados causan deterioros al medio ambiente que afecta la flora y fauna. Las causas de la contaminación son evidentes en la zona: mina escuela Pompería por la presencia de metales pesados y la carencia de vegetación y vida silvestre. El impacto depende de cada contaminante y de su concentración, que van degradando el suelo, convirtiéndolos en pasivos ambientales mineros que se manifiestan de manera directa e indirecta e influye en el equilibrio de los ecosistemas y por ende es necesario remediar estos pasivos ambientales y reestablecer el medio ambiente tomando como medida de solución el potencial metabólico de los microorganismos.

Para la investigación primeramente se identificó el problema a investigar, la presencia de metales pesados en los pasivos ambientales, que afecta al equilibrio de los ecosistemas presentes en la zona y siendo necesario remediarlos, para lo cual se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es la eficiencia de los microorganismos a escala laboratorio en la Mina Escuela – Pompería?, cuyo objetivo es determinar la eficiencia de los microorganismos para remediar los pasivos ambientales.

Revisando los antecedentes algunos investigadores obtuvieron resultados positivos respecto a la remoción de metales pesados con microorganismos y tomando como referencia tales indagaciones, se realizó la investigación aprovechando las características y funciones metabólicas de los microorganismos a escala laboratorio, obteniendo una eficiencia óptima en la remoción de los metales pesados Cu, Pb, Zn, Al, y posteriormente realizarlo a escala mayor y remediar los pasivos ambientales mineros.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la Mina Escuela Pompería existen pasivos ambientales mineros a causa de la explotación minera, generando un suelo ácido y la presencia de metales pesados que no permiten el uso de los suelos para cultivar y reforestar la zona.

### 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.2.1. Problema general

¿Cuál es la eficiencia de los microorganismos a escala laboratorio en la Mina Escuela – Pompería de Puno?

#### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características de los pasivos ambientales de la Mina Escuela Pompería?
- ¿De qué manera los microorganismos se adaptan en suelos con presencia de óxido y a temperaturas como mínimo 6°C?
- ¿Cuál es la eficiencia de los microorganismos para remediar los pasivos ambientales?

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

**Justificación ambiental:** El presente trabajo de investigación permite dar alternativa de solución para remediar el pasivo ambiental existente y evitar un desastre ecológico.

**Justificación social:** Los resultados del presente trabajo de investigación permitirán que la población de las comunidades del entorno utiliza como zonas de pastoreo para sus animales y así restablecer la actividad agropecuaria.



**Justificación científica o técnica:** El presente trabajo de investigación genera conocimientos científicos sobre remediación de suelos ácidos utilizando microorganismos en el producto bio mikhuy y que contribuye a la remediación de los pasivos ambientales, realizando la remoción de los metales pesados como, Cu, Pb, Zn y Al, aprovechando las funciones metabólicas de los microorganismos través de cambios en el estado redox de los residuos, favoreciendo así a mecanismos que modifican la disolución, movimiento y/o toxicidad de los agentes contaminantes, haciendo posible la remediación del suelo.

## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de los microorganismos *Rhodopseudomonas Plastrus*, *Rhodobacter Spaerodes*, *Lactobasillus Plantarum*, *Lactobasilos Casei*, *Streptococcus Lactis*, *Saccharomyces Servisae*, *Candida Utilis*, *Stroptomyces Albus*, *Streptomyces Griseus*, *Aspergillus* y *Penicillium*, en el producto Bio Mikhuy, para remediar los pasivos ambientales en la Mina Escuela Pompería.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los pasivos ambientales con presencia de minerales contaminantes.
- Adaptar gradualmente los microorganismos al pasivo ambiental,
- Determinar la eficiencia de los microorganismos en la remediación de los pasivos ambientales contaminados con metales de Cu, Pb, Zn, Al.

## 1.5. HIPÓTESIS

### 1.5.1. Hipótesis general

La eficiencia de los microorganismos en el producto Bio Mikhuy para remediar los pasivos ambientales superan el 95%.



### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- Las características del pasivo ambiental están contaminadas con solución ácida y con presencia de metales pesados.
- Los microorganismos se adaptan gradualmente a la temperatura ambiental y a la humedad del pasivo ambiental.
- La eficiencia de los microorganismos en el producto Bio Mikhuy superan el 95% para remediar el pasivo ambiental minero.





## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Remediación

Ponce y Jahuir, (2019), describen al medio ambiente como el conjunto de ecosistemas en donde se desarrolla la vida y su calidad, así como sus componentes bióticos y abióticos, los ecosistemas conformados por las poblaciones de especies que forman una red de interacciones de orden biológico, físico y químico, agregando a ello los razones sociales y culturales contribuyentes de los seres humanos.

Las actividades mineras en general, causan generalmente perjuicios a la naturaleza que en muchos casos son irreversibles como la contaminación del agua, los suelos y el aire con metales pesados y sustancias químicas; además, se ven afectadas las actividades económicas de las poblaciones locales, como la agricultura y ganadería, la contaminación del agua afecta fuertemente en la mortandad de los animales.

La actividad minera es el conjunto de actividades relacionadas con el descubrimiento y extracción de minerales que se encuentran debajo de la tierra e implica necesariamente la modificación de la geografía y la fisiografía del paisaje natural, explotando un recurso no renovable mediante procedimientos destructivos o contaminantes, como la trituración, la molienda, el lavado y clasificación de los minerales, la refinación y la fundición (Ameriso et al. 2015).

Ameriso et al., (2015) informa que, en la exploración de los recursos mineros, las actividades que se ejecutan con impacto ambiental son la apertura de los caminos de acceso, mapeos topográficos y geológicos, el montaje de campamentos e instalaciones



auxiliares, trabajos geofísicos, investigaciones hidrogeológicas, aperturas de zanjas, trincheras, pozos de reconocimiento y tomas de muestras. Durante de explotación, los impactos que se producen están en función del método y al sistema a utilizarse. El deterioro del aire puede producirse por las partículas en suspensión que genera la actividad minera, que constituye una causa de las enfermedades respiratorias de los seres humanos y el deterioro de la vegetación.

Ponce y Jahuir, (2019), cuestionan que la remediación ecológica, esta necesariamente vinculado con la restauración ecológica y biológica del medio ambiente, como también de otros mecanismos vinculados en un manejo ambiental adecuado, donde el restablecimiento incluida la restauración y remediación del medio ambiente, constituye la herramienta fundamental que remedie y recobre lugares contaminados, restaurando la naturaleza de los daños causados por los sucesos ambientales. Asimismo, la remediación debe ejecutarse protegiendo la integridad del ecosistema para la vida sana; es decir, a diferencia del concepto de la ley ambiental peruana, debe ejecutarse el proceso de restauración y rehabilitación ecológica, asegurando y garantizando la restauración de sus elementos bióticos y abióticos perjudicados, donde el alcance de la reposición del daño ambiental vaya, hasta que el objeto natural, vuelva al estado inicial de salud ambiental (Ponce, 2018).

Álvarez et al., (2021), indican que en la remediación de suelos y aguas es primordial tener presente tres criterios para la síntesis de nanopartículas; no deben ser tóxicas, entre ellas sustancias orgánicas e inorgánicas perjudiciales y evitar disolventes costosos, es decir, se prefiere la síntesis basada en solución acuosa; y el proceso general debe ser simple, económico y amigable ambientalmente.



Ávila, (2018) informa que ambientalmente, los metales que generan más incertidumbre por su presencia y/o acumulación, son aquellos que pueden tener un efecto tóxico o inhibitorio en los organismos vivos como el cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo, mercurio, níquel, plata, estaño, zinc y lantánidos/actínidos, estos métodos biológicos de remediación circunscriben la utilización de microorganismos para descomponer los metales por cambio de valencia, precipitación química extracelular, o volatilización (muchos microorganismos logran disminuir enzimáticamente una diversidad de metales en procesos propios de su metabolismo que no son coherentes con la asimilación de metales); el uso de variedad de especies de plantas para descontaminar suelo y agua por inactivación del metal en la rizósfera o translocando el mismo en las partes aéreas

Infante, (2021), manifiesta que existe una variedad de tecnologías de remediación; sin embargo, entre las más usadas y catalogadas como las mejores, disponibles a nivel mundial para suelos/sedimentos contaminados con hidrocarburos están citados en algunos trabajos de investigación.

García *et al.*, (2020), indican que en las principales técnicas de biorremediación se usan microorganismos (levaduras, hongos filamentosos o bacterias) para descomponer o degradar sustancias nocivas en menos tóxicas. Algunos microorganismos, como las bacterias, tienen algunos genes que tienen la capacidad de decodificar enzimas para luego degradar algunas sustancias orgánicas nocivas para los seres humanos, como, por ejemplo, combustibles, residuos orgánicos y agrícolas, sustancias peligrosas para poder descomponerlos a sustancias menos peligrosas, principalmente gases y agua, cuando los microorganismos mueren cuando se agotó su fuente de alimentación (contaminantes) no presentan ningún riesgo ni peligro posteriormente.



### 2.1.2. Pasivos ambientales

El acceso a una buena calidad de vida debe ser la prioridad en una sociedad moderna practicando una explotación sostenible en las actividades extractivas en principal en las actividades mineras ya que estas generan pasivos ambientales que deben ser identificadas y evaluadas para que no tengan impactos graves al medio ambiente y la salud por tanto sean expuestas a riesgos ambientales irreversibles, asimismo no afecte al factor socioeconómico de las poblaciones aledañas.

Ya que no son fácilmente cuantificables debido a la interacción con los ecosistemas; por ello, en la evaluación de los pasivos se tendría que incluir, entre otros factores, el costo de reparación del daño ambiental, el valor de la producción perdida (riqueza no producida) como consecuencia de la contaminación, así como una compensación por los daños irreversibles ocasionados a los factores ambientales incluidos la humanidad; una empresa que causa daño al medio ambiente es responsable de la contaminación, tanto en lo jurídico como en términos económicos, ya que la empresa contaminadora tendrá que asumir los costos de mitigación y remediación de las áreas alteradas, así como la compensación a las víctimas por los daños irreversibles (Sotomayor, 2015).

Asimismo, Sotomayor (2016), menciona que las instalaciones, efluentes, emisiones, depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, que hayan sido abandonadas o permanezcan inactivas y constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, seguridad, ecosistema y la propiedad se consideran pasivos ambientales como también las actividades metalúrgicas, a través del tiempo, dieron origen a la formación de los pasivos mineros, cuyos componentes se indican a continuación: labores subterráneas de la mina, labores de tajo abierto, depósitos de



desmontes (botaderos), depósitos de relaves, pilas de lixiviación, generación de aguas ácidas, descarga de sedimentos, residuos metalúrgicos, instalaciones de planta concentradora, Instalaciones de talleres de mantenimiento, subestaciones eléctricas, estaciones de combustible, instalaciones de campamentos y oficinas, rellenos sanitarios, alteración del paisaje y deforestación.

Según Cahuana y Aduvire, (2019), definen que los pasivos ambientales son aquellas instalaciones con residuos generados por minas y labores abandonadas a la intemperie que constituyen un riesgo potencial en la salud de la población y el ecosistema. Por tanto, Así también refieren que unas de las principales fuentes de contaminación son por elementos tóxicos, entre ellos, la movilización de carga metálica en los drenajes ácidos producidos por la oxidación de sulfuros que representan un riesgo potencial de acumulación en los tejidos de las especies vegetales circundantes en zonas de emplazamiento de pasivos ambientales mineros.

Según Cahuana y Aduvire, (2019), refieren que la actividad minera genera impactos ambientales y sociales sin importar donde se desarrolle. Hace algunas décadas no se gestionaba el plan de cierre de las minas solo se abandonaban; generándose contaminación al medio ambiente. El pasivo ambiental minero hace referencia a los impactos ambientales generados por las operaciones mineras abandonadas con o sin dueño u operador identificables y en donde no se hayan realizado un cierre de minas reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente (Arango & Olaya, 2012).

#### **a. Clasificación de los pasivos ambientales mineros**

Según Arango et al. (2020) se clasifican en:

- Pasivos ambientales mineros latentes. Aquellos en los que el riesgo no existe.



- Pasivos ambientales mineros inactivos. Aquellos en los cuales el riesgo se solucionó.
- Pasivos ambientales mineros contingentes. Son generados por aquellos que tienen mayor posibilidad de generar riesgos a futuro. Se asocian a labores mineras, que aun estando en funcionamiento y que incumplen con los requisitos requeridos para su explotación.

#### **b. Causa y Problemas socioambientales de los pasivos ambientales mineros**

Según Sánchez, (2019), es necesario controlar y solucionar las consecuencias que trae consigo a la sociedad y al medio ambiente, al no gestionar adecuadamente los pasivos ambientales, podrían ocasionar costos elevados que, en muchas ocasiones, serían mayores a las labores preventivas, el vertimiento de los materiales de desecho es transportados por los agentes geológicos externos que puede contener compuestos tóxicos para la salud y el medio ambiente. A su vez, los factores que condicionan la vulnerabilidad social y ambiental dependen en gran medida de la extensión, localización y de la cercanía a los recursos naturales que benefician a la población tales como el agua, el aire y el suelo.

En ese entender, es importante tener en cuenta la distancia entre los pasivos ambientales mineros y la zona donde se deposita los agentes contaminantes como: comunidades, ecosistemas, recursos hídricos, zonas agropecuarias y áreas silvestres. Generalmente el impacto se agrava cuando se contamina los recursos hídricos por la cercanía de los acuíferos con los relaves abandonados que posteriormente van a generar drenaje ácido o a derrumbes de labores subterráneas que podrían cambiar la dirección del cauce de los recursos hídricos.

Por tanto, los pasivos ambientales mineros presentan un grave riesgo para la sociedad y el equilibrio de los ecosistemas pudiendo afectar a la población, al medio



ambiente y a las labores cotidianas propias de la zona desencadenando altos grados de conflictividad con las comunidades cercanas.

### **c. Etapas y Actividades de un ciclo minero**

Según Ubaque et al., (2014), sus etapas y actividades del ciclo minero son:

1. Prospección
  - a) Regional
  - b) Semirregional
  - c) Local
2. Trabajos de exploración
  - a) Fase I: Exploración de superficie y cartografiado geológico.
  - b) Fase II: Perforaciones diamantinas
  - c) Fase III: Evaluación y modelamiento geológico.
  - d) Fase IV: planificación del método de explotación
3. Construcción y montaje
  - a) Elaboración de planes de trabajos y obras
  - b) Inicio y desarrollo de frentes mineros
  - c) Obras civiles y de infraestructura
4. Trabajos en obras de explotación.

Medidas de superficie:

- a) A cielo abierto
- b) Rajo abierto
- c) Contorno
- d) Dragada
- e) Trincheras



## 5. Cierre y abandono

- a) Obras de restauración
- b) Obras de recuperación

### **d. Consideraciones en la gestión de recursos minerales en el ambiente**

Según Ayala et al., (2004), existen consideraciones que se deben tener en cuenta, estos son:

- a) Aprovechamiento integral de las materias primas

La minería es trascendental para el desarrollo de la sociedad y la economía por lo que su explotación y aprovechamiento debe ser efectivo y eficaz cumpliendo parámetros de sostenibilidad ecológica preservando la biodiversidad y los equilibrios ecológicos en general.

- b) Reciclado de materiales de desecho

Existen diversos productos que no son usados que generan cantidades de materiales que pueden reciclarse económicamente.

- c) Utilización eficiente de la energía

Las innovaciones tecnológicas demandan una gran cantidad de energía que en ocasiones presentan rendimientos muy bajos, lo más recomendable es la sustitución de estos productos por unos que tengan menos consumo de energía.

- d) Explotación racional de los yacimientos

La interpretación geológica de los yacimientos y un diseño adecuado de las minas son procedimientos principales para conseguir una recuperación minera más eficiente y básica para su aprovechamiento racional (Herrera, 2007).

- e) Planificación del abastecimiento de minerales

En las labores mineras los planes de abastecimiento constituyen una buena herramienta para el sostenimiento de la mina y poder asegurar el suministro de materias





primas, así como también sirve de base para la propuesta en marcha y ejecución de programas de ordenación minero ambiental en algunos subsectores (Herrera, 2007).

f) Legislación ambiental

La aplicación de la legislación en materia ambiental y de seguridad influirá a la gestión de los recursos en dos facetas distintas; primero, que los impactos producidos sean menores al aplicarse medidas correctoras sobre las alteraciones de carácter temporal y permanente, así mismo procede a la recuperación de los suelos y segundo; se producen algunos afectos indirectos al obtenerse sustancias sustitutivas de las naturales (Herrera, 2007).

g) Problemática de los PAM

Arango y Olaya, (2012), sustentan que la minería abandonada tiene un amplio rango de impactos ambientales y socioeconómicos. Entre los impactos negativos ambientales más frecuentes de las minas en abandono son (Gordillo, 2018).

- Alteración de ecosistemas
- Pilas de lixiviación
- Hundimiento de suelos
- Combustión espontánea de desechos de carbón
- Contaminación de recursos hídricos
- Edificaciones y plantas abandonadas
- Pérdida de flora
- Pozos abiertos a intemperie

e. Factores para el manejo de los PAM

Según Arango y Olaya (2012) Se deben analizar aspectos como:

- El tiempo



Es relevante ya que los daños causados en el pasado hasta la actualidad se han acumulado varios eventos

- El espacio

Es de importancia ya que los daños se pueden dispersar y delimitar áreas.

- La responsabilidad y la estrecha relación entre el medio natural y el ser humano.

#### **f. Identificación de impactos ambientales**

Según Bertrán et al., (2016), mencionan que, para comprender la generación de los impactos mineros. Es necesario conocer los componentes del medio ambiente, estos son (Silva, 2019).

- Medio abiótico:

El medio abiótico son los elementos donde se albergan los seres bióticos, tales como el agua, la luz, el suelo, la humedad y el aire (Bertrán et al. (2016).

- Medio biótico:

Consta de todos los seres vivos tales como, plantas, animales y otros organismos vivos (Silva, 2019).

- Medio socioeconómico

Involucra los aspectos sociales, histórico-culturales y económicas de las poblaciones aledañas.

#### **g. Instrumentos de gestión ambiental aplicables a las actividades mineras**

Según el decreto supremo N°040-EM (2014) son aplicables a las actividades mineras las siguientes categorías de estudios ambientales:

- Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd) Categoría II
- Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d). Categoría III, Asimismo, la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) es un instrumento de gestión ambiental



preventivo aplicable a las políticas, planes o programas del sector minero. En donde están involucrados los proyectos mineros que involucren actividades de explotación, como los trabajos que se realizan en general, transporte del acopio de minerales y/o concentrados.

#### **h. Aspectos socio-económicos**

Según Oblasesr y Chaparro (2008), la explotación minera causó grandes daños al medio ambiente deteriorando la flora y fauna en las zonas circundantes al área de explotación, como la disposición de residuos mineros, almacenamiento de relaves en forma de pozas, al colapsar causan tragedias ambientales y humanas, contaminando los suelos y recursos hídricos afectando el abastecimiento del agua, recurso indispensable para el desarrollo de los seres vivos.

Así también refiere que los suelos se ven afectados por la erosión y degradación, afectando la producción agrícola, ganadera y otras actividades económicas.

Se ve afectado también el impacto físico y visual sobre el paisaje y patrimonios culturales, disminuyendo la actividad turística.

Las migraciones producidas por la instalación de labores mineras pueden causar tensión social a los lugareños de las comunidades cercanas y locales muchas veces las actividades mineras llevan aspectos negativos como aumento del alcoholismo, prostitución, violencia y además un aumento en el costo de los productos.

#### **2.1.3. Microorganismos**

Los microorganismos y sus metabolitos cumplen un rol primordial en el proceso de biorremediación ambiental y se reportan por su capacidad degradar los hidrocarburos contaminantes, metales pesados y pesticidas La biodegradación de contaminantes implica



varios pasos, usando diferentes enzimas producidas por una cepa de microorganismo individual o un consorcio microbiano. En cuanto a las bacterias, las enzimas involucradas en la biodegradación están codificadas principalmente en plásmidos, constituyendo un sistema de oxidasa. Por otro lado, los hongos y otros organismos eucariotas oxidan sustancias aromáticas, compuestos a través de mono-oxigenasas, formando un transdiol intermedio (Hernández, López, & Salazar, 2020).

Osorio, (2007). En su artículo de investigación define a los microorganismos, como la mejora de los procesos de oxidación de los ambientes naturales, cuentan con la capacidad de oxidar el hierro, crecen y se desarrollan en condiciones muy ácidas y concentración de metales disueltos, característica que se manifiesta en la oxidación de sulfuros en minas que son las principales fuentes de generación de drenajes ácidos. Los microorganismos son como una solución de la naturaleza y plantean el potencial para aliviar los desafíos de reforestación de los paisajes devastados por el hombre. Su presencia y actividad es crucial para la estabilidad del ecosistema, en áreas con equilibrio comprometido, su introducción es una acción justificada para lograr el objetivo de sostenibilidad del ecosistema a largo plazo.

Ramírez, (2006), en su artículo de investigación define que los microorganismos son los más resistentes debido a sus características y condiciones agresivas de su entorno, muy importantes en la biorremediación de metales pesados, ya que tiene la capacidad suficiente. Para reducir dichos elementos a un estado redox más bajo, produciendo metales con baja bioactividad lo que desemboca en intensos trabajos para intentar comprender los mecanismos íntimos de resistencia, pero también para alumnos en la perspectiva del desarrollo de aplicaciones industriales (Mosquera, 2016). Los microorganismos se consideran factores clave que afectan la calidad del suelo, la



formación de agregados, la nutrición y salud de las plantas, los ecosistemas superficiales, su recuperación y estabilidad, por otro lado, la presencia de vegetación fomenta la abundancia, proliferación y actividad microbiana, La falta de vegetación, como consecuencia de las características químicas desfavorables de los depósitos, es una de las razones de la escasa actividad microbiana.

Vargas, (2021), en su artículo de investigación describe en que los microorganismos, desarrollan ciertas capacidades para sobrevivir en zonas ambientales contaminadas, por su exhibición constante a las composiciones tóxicas, en ciertas áreas contaminadas por los trabajos que se realizan en las zonas mineras. Sé acepta que los microorganismos proporcionen la neutralización del agua al bloquear los metales disueltos produciéndolas en sulfuros metálicos. Los microorganismos son capaces de modular la especiación de Hg en el suelo activando moléculas específicas mecanismos, o alterando las condiciones micro ambientales.

En su investigación da a conocer la importancia de estos microorganismos que se relacionan con la adhesión biológica del nitrógeno e incorporan al suelo grandes cantidades de esta sustancia y favorecen la nutrición y desarrollo de las plantas, mejoran el uso de los fertilizantes naturales. La mayor efectividad en la utilización de microorganismos se obtiene cuando se dan las condiciones óptimas para metabolizar los sustratos que tienen como disponibilidad el agua, oxígeno, pH y temperatura, así como la disponibilidad de fuentes energéticas, los microorganismos primero deben superar la presión selectiva negativa ejercida por el tóxico. Metal, los mecanismos comunes utilizados por los microorganismos para resistir la toxicidad de los metales pesados están dentro de la producción de ácidos orgánicos, biosorción dentro de las paredes y envolturas



celulares, acumulación intracelular amortiguada con proteínas ricas en cisteína, secuestro vacuolar y transformación (Lizardo, 2019).

Apaza, (2021), en su artículo científico señala que los microorganismos tienen una variedad de actividades catabólicas que se pueden aprovechar para remediar el cianuro y los nitrilos inorgánicos, debido a que utiliza el cianuro como fuente de carbono o nitrógeno en lo que asimilan, lo metabolizan y luego lo degradan en porcentajes, lo que podría indicar su efectividad y beneficio ambiental para este tipo de tratamientos. Algunos de los microorganismos asociados a las plantas, incluidas las bacterias y los hongos, pueden promover el crecimiento de las plantas y, por lo tanto, actuar como importantes contribuyentes a la adaptación de las plantas al estrés ambiental causado por los contaminantes de metales pesados. Estos microorganismos, denominados colectivamente microorganismos promotores del crecimiento de las plantas, pueden ayudar al crecimiento de las plantas y reducir la toxicidad de los metales ya sea ayudando a la adquisición de nutrientes minerales esenciales o restringiendo la adquisición de sustancias o minerales no esenciales o tóxicos.

Quiceno, (2020), en su artículo de investigación describe que los microorganismos son seres biológicos que tienen la capacidad de controlar la mineralización de los compuestos naturales y xenobióticos y son participes en los procesos del ciclo de nutrientes esenciales para mantener la calidad del suelo, ya que evalúan el efecto de los drenajes de mina sobre la composición bacteriana del suelo, porque permite disminuir la disponibilidad de un contaminante. Los microorganismos beneficiosos son bien conocidos debido a su capacidad para colonizar y provocar un efecto estimulante sobre el crecimiento y la salud de las plantas. Asimismo, representan una alternativa a los fertilizantes convencionales y contribuyen a la conservación de la



biodiversidad de microorganismos del suelo. Los microorganismos del suelo también son cada vez más notorios como agentes de biorremediación, Los estudios sobre árboles: las interacciones beneficiosas de los microorganismos se centran principalmente en las micorrizas, mientras que los PGPR están menos presentes en la silvicultura. Por otro lado, la investigación actual muestra la capacidad de PGPR para mejorar el crecimiento de las plantas, la supervivencia de las plántulas trasplantadas y estimular la creación de redes de plantas con hongos micorrízicos y bacterias fijadoras de nitrógeno, la inoculación con hongos micorrízicos mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y aumenta la fertilidad del sustrato, por otro lado, los niveles de supervivencia de las plántulas después de la replantación es el principal problema al que se enfrentan los viveros forestales en todo el mundo. La supervivencia deficiente de las plántulas y el crecimiento temprano inadecuado reducen las posibilidades de una regeneración forestal exitosa. La actitud predominante afirma: “La calidad de las plántulas producidas en los viveros determina el éxito futuro, especialmente en ambientes con impacto antrópico, últimamente, el ingreso de la inoculación con microorganismos benéficos en los procedimientos estándar de los viveros surgió como la posible solución para aliviar los desafíos de la reforestación en todo el mundo, los viveros forestales aplican la micorrización como una forma de obtener plántulas de mejor calidad. Las plántulas de micorrizas se destinan principalmente a la reforestación de los terrenos degradados y Re cultivo de suelos dañados por la explotación superficial de los recursos naturales. Sin embargo, a pesar de que la producción de plántulas de micorrizas forestales está muy extendida en muchos países de América y Europa.

Tiodar, (2021), en su artículo de investigación manifiesta que los microorganismos son ubicuos en los suelos y la rizosfera, y establecen interacciones complejas y poco comprendidas con las plantas, estas interacciones pueden perjudicar o



beneficiar como también pueden secretar compuestos que pueden ser favorables para el crecimiento de las plantas y, por lo tanto, pueden promover la sobrevivencia de las plantas en suelos contaminados con mercurio. varios estudios realizados sobre la resistencia bacteriana al mercurio se han centrado en descubrir mecanismos de desintoxicación intracelulares y microorganismos asociados a las raíces puede ayudar a establecer estrategias de remediación de mercurio eficientes y ecológicas que podrían usarse para la recuperación de grandes áreas sin la necesidad de aplicar insumos químicos adicionales o tecnologías de ingeniería, generando menor impacto en los ecosistemas y disminuyendo en los costos. Manifiesta también que se puede realizar el tratamiento biológico en aguas residuales, siguiendo una serie de procesos en la remediación, utilizando microorganismos entre ellos se encuentran los microorganismos como las bacterias para llevar a cabo la eliminación de los componentes factibles presentes en el agua.

Kuyucak, (2002), en su artículo de investigación define a los microorganismos como autóctonos, estos juegan un papel en la oxidación directa e indirecta de los minerales de azufre, la mayoría de estos microorganismos son gramnegativos, mesófilos autótrofos y quimiolitotrofos que exhiben una alta tolerancia a varios iones metálicos y también a algunos aniones como el arseniato. Los microorganismos pueden estar involucrados en la reducción de ARD principalmente a través de la reducción de metales y sulfatos, así como otros procesos generadores de alcalinidad. La medida en que cada proceso puede contribuir a la neutralización, han sido modificados genéticamente para secuestrar metales como oro, plata, platino, cadmio, cobalto, cobre, uranio y mercurio, principalmente con el propósito de extraer y recuperar metales; ya que ellos pueden La oxidación natural de los desechos minerales de sulfuro durante su disposición y almacenamiento en los sitios mineros puede resultar en la generación de drenaje ácido de rocas, también fue reportado como una alternativa para el tratamiento de agua residuales.





awasthi, (2015), indican que las bacterias *Pseudomonas aeruginosa* son útiles para combatir la presencia de metales pesados presentando una alta capacidad biorremediativa, limitando que sean extremadamente perjudiciales para el suelo y la vida que alberga en ella.

Baltazar, (2014), las *Pseudomonas aeruginosa* elimina Arsénico (As) de aguas subterráneas, hasta en un 60%, disminuyendo su concentración de 1,0 a 0,4 mg/L

Zhang GL, (2005), informa que estos ramnolípidos han mostrado que tienen un gran parecido en la variedad de iones metálicos específicos, facilitando la remoción de metales pesados, tales como el plomo o el cadmio, presentes como contaminantes en suelos y aguas

Su aplicación de las *Pseudomonas aeruginosa* en la remoción de estos metales pesados en suelos contaminados ha sido determinada, indicándose la remoción de cobre hasta en un 74% (Lujan, 2019).

#### **2.1.4. Remediación de pasivos ambientales mineros como estrategia para el cuidado del ambiente.**

La remediación como estrategias de saneamiento ambiental, es como un cambio de punto de vista con respecto a la remediación de lugares contaminados, por qué se basa gravámenes en la salud de los individuos y el medio ambiente (Paisio et al., 2012). Gutiérrez (2011) refiere al conjunto de deudas asociadas a la existencia de un daño ambiental ocasionado por las actividades económicas desarrolladas; asimismo, es el tratamiento de reglas que siguen trabajando para mejorar los criterios ambientales para alcanzar los objetivos requeridos.



### **2.1.5. Gestión de pasivos ambientales mineros.**

Los pasivos ambientales mineros (PAM) son los perjuicios no compensados, como resultado de la actividad de una determinada empresa al medio ambiente en el desarrollo de todo su proceso (prospección, exploración, construcción, operación y cierre). Donde tiene un deber con la comunidad, donde la actividad minera se ha realizado o está en funcionamiento en la actualidad y con proyectos a futuro; los PAM ocasionan graves perjuicios que dejan graves consecuencias en los factores ambientales, incluidos los seres humanos, cuyo pago resarcimiento por el perjuicio causado no ha sido asumido por quienes lo ocasionaron y a consecuencia de ello la sociedad debe asumir los costos. De tal forma se muestra el daño y la existencia de pasivos ambientales. en donde es necesario recurrir a un tratamiento, remediación o mitigación de los impactos ocasionados sino también a la exigencia del resarcimiento o indemnización de los daños provocados por parte de la empresa responsable de los proyectos ya ejecutados (Sotomayor, 2016).

Al ejecutarse nuevos proyectos deben considerarse en la valoración económica, la inversión a ejecutarse por los daños negativos que ocasiona en el desarrollo de toda la actividad. La evaluación de los pasivos ambientales, generalmente hace referencia a la estimación monetaria y la responsabilidad jurídica que es difícilmente reconocible el daño ocasionado de una actividad minera en un argumento complejo y desconfiable, ya que se trata de bienes que no se pueden intercambiar en el mercado e impiden estimar los daños ambientales en los diferentes actividades, por ejemplo, la degradación de un paisaje o la erosión de suelos, los efectos sobre la reducción de la flora y fauna, la contaminación de los recursos hídricos, las perturbaciones culturales o la degradación de la calidad de vida en las personas, es decir, los efectos que causa la actividad minera a los diversos factores.

Los pasivos ambientales mineros por su misma composición generan agentes contaminantes causando daño al medio ambiente y trayendo consecuencias en ocasiones



irreversibles y difícilmente cuantificables debido a la interacción con los ecosistemas; por ello, en la evaluación de los pasivos se debe de incluir, el costo de reparación del daño ambiental, el valor de la producción perdida (riqueza no generada) como consecuencia del daño causado al medio ambiente, así como una compensación por los daños irreversibles ocasionados a los factores ambientales incluidos la humanidad. La empresa causante del daño al medio ambiente se responsabiliza de la contaminación tanto sea en lo jurídico como en términos económicos, ya que la empresa contaminadora tendrá que asumir los costos de restauración y remediación de las áreas alteradas (Sotomayor, 2015).

#### **2.1.6. Los pasivos ambientales mineros y sus efectos en el medio ambiente.**

Según Sánchez, (2019), indica la importancia y la necesidad de controlar los impactos negativos que ocasionan a la sociedad y al medio ambiente. La gestión inadecuada de los pasivos ambientales genera altos costos que en muchos casos, superan las labores preventivas.

Sánchez, (2019), señala que los efectos del arrastre de material articulado pueden albergar compuestos tóxicos que afectan a la salud de los seres vivos y al medio ambiente, los agentes que condicionan la vulnerabilidad social y ambiental ante estos pasivos dependen muchas veces de su extensión y localización, como también de su cercanía a los ecosistemas y al medio de transporte al que son expuestos como el agua, el aire y el suelo. En ese entender, es importante mantener distancia entre los pasivos ambientales mineros y las áreas receptoras de la contaminación como: comunidades, caminos, recursos hídricos, zonas agropecuarias y áreas protegidas.

De acuerdo con la Ley 28271 y el D.S. 059-2005-EM, se mencionan pasivos ambientales mineros a aquellas edificaciones, efluentes, emisiones, depósitos de desechos producidos por la actividad minera, que hayan sido dejadas o permanezcan inactivas y que causan un riesgo potencial y peligroso para la salud de la población y el equilibrio



del ecosistema. Las actividades minera metalúrgicas, a través del tiempo, dieron origen a la formación de los pasivos mineros, cuyos componentes son: labores subterráneas de la mina, labores de tajo abierto, depósitos de desmontes (botaderos), depósitos de relaves, pilas de lixiviación, generación de aguas ácidas, descarga de sedimentos, residuos metalúrgicos, instalaciones de planta concentradora, instalaciones de talleres de mantenimiento, subestaciones eléctricas, estaciones de combustible, instalaciones de campamentos y oficinas, rellenos sanitarios, alteración del paisaje y deforestación. (Sotomayor C. , 2016).

Según Gutiérrez, (2014), la ley 28271 lo define como instalaciones o residuos producidos por actividades mineras inactivas, que presentan un riesgo permanente que genera peligro a la salud de la población y los ecosistemas que se generan como consecuencias de las actividades económicas realizadas en el pasado sin cumplir con las normativas que la ley exige en la actualidad. Habiendo malos antecedentes de algunas empresas que incumplieron con las leyes ambientales generando daños irreversibles al medio ambiente no responsabilizándose por los deterioros causados y estas se identificaron como uno de los problemas de contaminación más serios del País.

Galvis, (2019), define que son aquellos residuos provenientes de un proceso de minería, los cuales al terminarse su proceso de beneficio del mineral o vida útil del proyecto sus residuos quedan abandonados sin gestión adecuada. Arango et al. (2020) Hace referencia a los impactos ambientales generados por las operaciones mineras abandonadas o sin dueño u operador identificables y en donde no se haya realizado un cierre de mina reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente.

Según Arango et al., (2020) se clasifican en: Pasivos ambientales mineros latentes: Aquellos en los que el riesgo no existe. Pasivos ambientales mineros inactivos: Aquellos



en los cuales el riesgo se solucionó. Pasivos ambientales mineros contingentes: Son generados por la alta probabilidad de ocurrencia de un suceso de peligro a futuro. Se asocian a labores mineras, que todavía están activas y que no cumplen con el número de requisitos para su funcionamiento.

#### **2.1.7. Microorganismos y metales pesados: Una interacción en beneficio del medio ambiente.**

Los microorganismos colonizan la gran parte de la superficie del cuerpo humano que se encuentran en contacto directo con el medio externo, pero también superficies internas (Del COCO, 2015) son seres ubicuos que han colonizado todos los tipos de ecosistemas: el agua, el suelo, el aire, el resto de organismos; son partículas reservadas ya que estos microorganismos se adaptan a cualquier temperatura por el cual el crecimiento es entendido como un aumento en el número total de partículas bacterianas. Los microorganismos son capaces de formar colonias debido a que sólo se tiene en cuenta el número de microorganismos viables, estos son capaces de crecer indefinidamente. Para los fisiólogos bacterianos, bioquímicos y biólogos moleculares una medida del crecimiento es el incremento de biomasa (Ramírez et al. 2017).

La amplia gama de microorganismos se encuentra distribuidos en toda la naturaleza, interactuando con seres bióticos y abióticos, por lo que los seres vivos estamos inevitablemente en contacto con ellos. Estos seres microscópicos están implicados en buena parte de los procesos que tienen lugar en la biosfera: ciclos químicos que convierten elementos esenciales (carbono, nitrógeno, oxígeno y azufre) en formas biológicamente accesibles, fermentación y otros procesos naturales que crean o añaden valor a los alimentos, extracción de energía y materia de los alimentos en la boca y el intestino, etc. (Ballasteros & Ruiz, 2018). Los principales microorganismos utilizados en los procesos



de biorremediación de metales pesados son las bacterias, de las cuales se aprovecha sus procesos metabólicos para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados como son en la biosorción, bioprecipitación, biolixiviación (heterotrófica y autotrófica, biovolatilización (Covarrubias et al. 2015).

#### **2.1.8. Transformaciones mediadas por microorganismos.**

Las interacciones entre los microorganismos y los metales u otros elementos químicos como el carbono, nitrógeno, azufre y fósforo son componentes fundamentales de los ciclos biogeoquímicos. Las interacciones metal-microbiota son estudiadas en profundidad en el contexto de la biotecnología ambiental, con el objeto de realizar métodos de remoción, recuperación o detoxificación de metales pesados y radionúclidos. Dependiendo del estado de oxidación que se presenta en los metales y la especie que esté conformando los microorganismos capaces de reducir los metales pesados puede realizar dos transformaciones posibles. Una correspondería a la movilización del metal, es decir el pasaje de un estado insoluble inicial (metales asociados a suelos, sulfuros u óxidos metálicos, por ejemplo) correspondiente a una fase sólida, a un estado soluble final, en fase acuosa. Este proceso se conoce con el nombre de lixiviación microbiana. El otro corresponde a la inmovilización del metal, es decir el pasaje de un estado soluble inicial en fase acuosa a uno insoluble final en fase sólida y a su vez existen en la naturaleza diferentes mecanismos por los cuales la inmovilización del metal puede llegar a ocurrir (Consortio de Universidades, 2016).

## **2.2. ANTECEDENTES**

Cornejo, (2016), informa que la capacidad de degradación del cianuro ha sido establecida en base a pruebas in vitro considerando estas cepas, ya sea individualmente o



en consorcios y la mejor sociedad está conformado por 8 cepas de los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Alcaligenes* ha permitido la disminución de cianuro en un 97 y 99% tras 15 días de tratamiento en laboratorio y 22 días en situación real de biorremediación en el campo respectivamente tales genes de enzimas degradadores de cianuro (cianasa, cianidasa) y proteínas enzimáticas han sido detectados respectivamente por PCR (reacción en cadena de la polimerasa) con secuenciación de amplicones y por espectrometría de masa MALDI TOF TOF (desorción/ionización láser asistida por una matriz con detección de masas por tiempo de vuelo) con secuenciación de péptidos.

Covarrubias et al., (2015), concluyeron que los métodos biológicos basados en el uso de las propiedades metabólicas de bacterias y hongos para la descontaminación de metales pesados son una opción complementaria a los métodos tradicionales pero sin embargo, son importantes los estudios sobre la variedad microbiana de los sitios contaminados por metales pesados, pues en ella pueden surgir cepas mejor adaptadas y con mejores condiciones para ser utilizadas en la biorremediación de estos contaminantes.

Mena et al., (2016), concluyeron que, los ambientes contaminados por la actividad minera se aislaron con microorganismos capaces de tolerar y desarrollarse en altas concentraciones de metales pesados y con el total de cepas aisladas finalmente tres ( $Pb_{14c1}$ ,  $Cu_{15c1}$  y  $Zn_{7c1}$ ) fueron las escogidas debido a que cumplieron con los objetivos planteados, es decir, dichas cepas obtuvieron reducir la concentración inicial de cada uno de los metales Cobre, Plomo y Zinc y demostraron la capacidad de biorremediación de tres cepas, *Corynebacterium sp* con una eficiencia de remoción de 88,8% para Plomo, *Pseudomonas sp* con 79,7% para el caso de Cobre, y finalmente *Bacillus sp* con 49,2% para Zinc.



Flores, (2019), informa que la máxima recuperación de los metales pesados: bario, cadmio, mercurio y plomo en los relaves se da en los siguientes porcentajes: Ba: 65,17-91,37%, Cd: 59,81-98,32%, Hg: 41,88-89,49%, Pb: 44,09-90,52%, Por otro lado el método que se usó para la remediación que comprende el tratamiento de detoxificación de relaves metalúrgicos por la técnica de concentración gravimétrica, logrando alcanzar eficazmente la recuperación de los metales pesados: bario, cadmio, mercurio y plomo en los relaves de flotación, dado que los porcentajes de recuperación de, Ba: 64,66- 70,59%, Cd: 84,70-92,10%, Hg: 76,86-83,82%, Pb: 29,90-34,2%.

Muñoz y Gonzales, (2019), informan que las características de los suelos, las muestras M1 y M3 mostraron pH alcalino, salinidad ligera, materia orgánica, nitrógeno y fósforo fue pobre; mientras que los suelos MO y M2 mostraron pH neutro, suelo no salino, materia orgánica, nitrógeno y fósforo en cantidades medianas. Entre los metales pesados, el plomo (Pb) fue el más abundante, por lo tanto, este metal fue utilizado en el medio de cultivo durante el enriquecimiento y aislamiento de los microorganismos, los resultados que obtuvieron fueron de hongos MO-4(50) %, M1-5(56) %, M2-5(38), M3-4(36) % y bacterias MO-4(50) %, M1-5(56) %, M2-5(38) %, M3- 7(36) %.

Betancur y Montoya, (2016), informan que en la investigación que realizaron durante un tiempo de 133 días para observar el progreso de la remoción de mercurio, en los tres primeros tratamientos a través de análisis de laboratorio. Los resultados les permitieron determinar que de los tres tratamientos en la remoción de mercurio obtuvieron un promedio de 45%, concierne a las variables secundarias estudiadas, de pH, MOS (materia orgánica), CIC (Capacidad de intercambio catiónico) textura, densidad aparente y humedad del suelo, los resultados mostraron que hay variabilidad significativa en los parámetros fisicoquímicos evaluados. En referencia de la población final y el





tamaño de la lombriz *Eisenia foetida*, solo se afectaron en el T1, donde aumentaron en 20% y 5% respectivamente y los demás tratamientos hasta un 50% más.

Melgarejo, (2018), concluye que existe un efecto positivo en los tratamientos de microorganismos eficientes y *helianthus annuus* l. ya que sí poseen la capacidad de fitoextraer metales pesados tales como: Pb (44,95%), seguido de Fe (30,94%), Cu (29,91%), Cr (28%), Hg (26%), Mn (23%), Cd (15,95%) con la aplicación de la dosis de microorganismos eficientes al 10% y en menor proporción los microorganismos intervinientes removieron Zn, con la concentración de 10% fue de 12,40%. Cabe mencionar también que de los siete metales remediados solo tres considera el ECA-Suelo (D.S. N°002-2013-MINAM) que son Cd, Hg y Pb elementos han logrado disminuir sus concentraciones.

Gordillo, (2018), concluye que los microorganismos son capaces de disminuir la concentración de cianuro en algunos residuos, presentan altas capacidades de degradación por medio de diferentes reacciones como también teniendo presente que deben mantenerse condiciones óptimas de pH del suelo con valores que varían entre 5,5 y 8,8, temperatura entre 15°C y 45 °C, humedad entre 25 y 28%, contenido de oxígeno menor a 10%, nutrientes principalmente fosforo y nitrógeno, tipo de suelo con bajo contenido de arcilla y sedimentos y un máximo de 2000 ppm de metales pesados. Los cuales afectaran los resultados y la capacidad de degradación.

Bastidas y Cedeño, (2016), concluyen que matemáticamente *Pseudomona putida* es más eficiente a comparación de *Pseudomona aeruginosa*, sin embargo, al confrontar con anova de un factor independiente, los buenos resultados son estadísticamente similares, mediante los estudios de laboratorio y tomando en cuenta los parámetros de control: pH, temperatura y humedad obtuvieron como resultado que en las cajas 1a y 2e



presentó un resultado positivo de 89,8% sin embargo en la 2c (muestra) con un 94%. Para la disminución de TPHs (hidrocarburos totales de petróleo) se masificó e inoculó la *Pseudomonas putida* en el suelo modelo, estimulando el tratamiento con la técnica de Landfarming logrando una reducción de 630,66 mg/kg a 2400 mg/kg mostrando la disposición final con referencia a los límites permisibles y obtener una tasa de degradabilidad de TPHs de 98,24 %.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

Para caracterizar los pasivos ambientales con presencia de elementos contaminantes se aplicó la siguiente metodología.

#### 3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona donde se realizó el muestreo de suelo se encuentra ubicada en la mina escuela – Pompería, al sur oeste de la ciudad de Puno en el Km 8 de la carretera Puno – Moquegua específicamente en las siguientes coordenadas E: 0389652 N: 8241214.

Mapa de ubicación: mina escuela Pompería



Ilustración 1. Mapa de ubicación: Mina Pompería



## **3.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **3.2.1. Material experimental**

Muestras de pasivo ambiental contaminado con metales pesados Cu, Pb, Zn y Al, y microorganismos (*Rhodopseudomonas plastrus*, *rhodobacter spaerodes*, *lactobasillus plantarum*, *lactobasilos casei*, *Streptococcus lactis*, *Saccharomyces servisiae*, *Candida utilis*, *Stroptomyces albus*, *Streptomyces griseus*, *Aspergillus* y *Penicillium*) en el producto Bio Mikhuy.

### **3.2.2. Equipo**

- Palas
- Paletas
- Tripley
- Barreno

### **3.2.3. Equipos de seguridad**

- Mandil de laboratorio
- Mascarilla quirúrgica

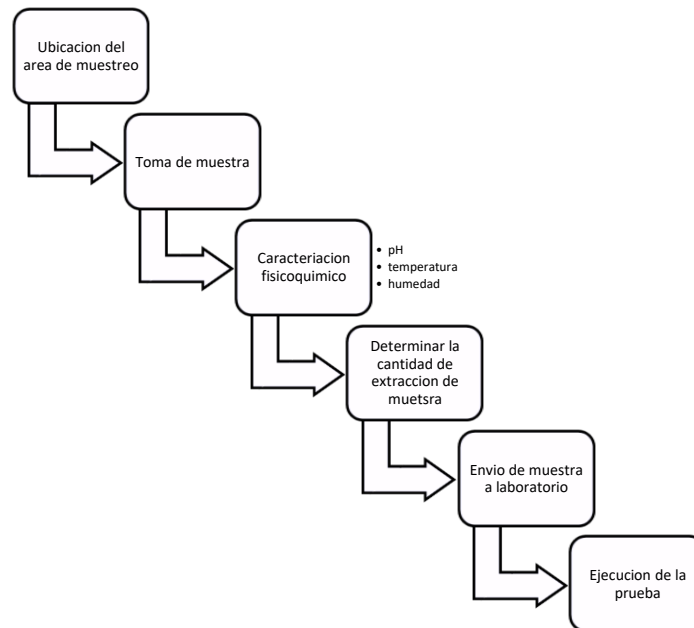
### **3.2.4. Equipos e Instrumentos**

- Higrómetro
- Método espectrofotometría Absorción Atómica

## **3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **3.3.1. Metodología para el objetivo 1**

Para alcanzar el objetivo específico 1 se siguió los siguientes pasos: La muestra de suelo que se envió a laboratorios analíticos del sur E.I.R.L, utilizando el método de barrido con el equipo de absorción atómica.



**Figura 1.** Pasos para la caracterización de las muestras de suelo de pasivos ambientales mineros.

### 3.3.2. Metodología para el objetivo 2

Para alcanzar el objetivo específico 2, se siguió los siguientes pasos:

- Se adecuó ocho recipientes de triplex de forma rectangular 50cm x 30cm.
- Se mezcló 100 g de producto Bio Mikhuy bocashi (solido), 2 lt de Bio Mikhuy minas, 2 lt de melaza de caña, luego se mezcló a 3 lt de agua y posteriormente completar a 37 lt de agua para luego homogenizar con 100 kg de muestra de suelo pasivo ambiental en cada cubeta.
- Se preparó 37 lt de agua para humedecer la muestra de suelo con los microorganismos mezclándolos en ella a la temperatura ambiente.
- El agua mezclada con los microorganismos se le añade a la muestra de suelo en cada recipiente con 37 lt de solución, humedeciendo el suelo a un 20% de humedad.
- Las muestras se enviaron al laboratorio después de 30 días y la segunda muestra se envió a los 55 días al laboratorio RH LAB S.A.C.

### 3.3.3. Metodología para el objetivo 3.

La metodología que se usó para determinar la eficiencia de los microorganismos en el producto Bio Mikhuy. en la remoción de los metales Cu, Pb, Zn y Al, fue aplicando la siguiente formula (Umaña, 2017).

$$ER = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

ER: Eficiencia de remoción

Ci. Contenido inicial de metal en la muestra

Cf. contenido final de metal en la muestra

Para el procesamiento estadístico se aplicó el software Excel.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 1.** Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADOR	INDICE
Vi: pasivo ambiental	pH	Menor a 7
	metales pesados	Cu(863.6ppm), Pb(578.6ppm), Zn(173.0ppm), Al(8530ppm)
Vd: remediación	pH	Mayor a 7
	metales pesados	Cu(99.90ppm), Pb(99.98ppm), Zn(99.65ppm), Al(99.90ppm)
Vi Interviniente: Microorganismos	Eficiencia de remoción de metales pesados	Mayor del 95%



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 1.

Resultados de muestreo de pasivo ambiental con microorganismos en el producto Bio Mikhuy.

#### PRIMER MUESTREO

**Tabla 2.** *Caracterización del pasivo ambiental (pH y humedad (%)).*

Muestras	pH inicial	Humedad inicial (%)
Muestreo 1	5,82	20
Muestreo 2	5,41	18
Muestreo 3	6,02	22
Muestreo 4	5.69	20

En la tabla 2 se observan que los pH de las cuatro muestras del pasivo ambiental fluctúan entre 5,41 hasta 6,02 indicando que se encuentran en el rango de pH ácido y la humedad fluctúa entre 18% a 22%.

## 4.2. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 2

**Tabla 3.** *Condiciones de adaptación de los microorganismos al pasivo ambiental*

Muestras	Peso del pasivo ambiental (kg)	Solución de Bio Mikhuy minas (litros)	Activador de microorganismos melaza de caña (litros)	Temperatura (°C)
1	100	2	2	20
2	100	2	2	20
3	100	2	2	20
4	100	2	2	20

En la tabla 3 se observan que para la adaptación de los microorganismos al pasivo ambiental se han trabajado con valores y condiciones similares.

## 4.3. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 3

**Tabla 4.** *Composición de la muestra 1, del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.*

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos Ppm	de Eficiencia por remoción de %
Cobre (Cu)	863,6	0,031	863,56	99,9
Plomo (Pb)	578,6	0,384	578,21	99,9
Zinc (Zn)	173,0	0,255	172,74	99,8
Aluminio (Al)	8530	0,844	8529	99,9

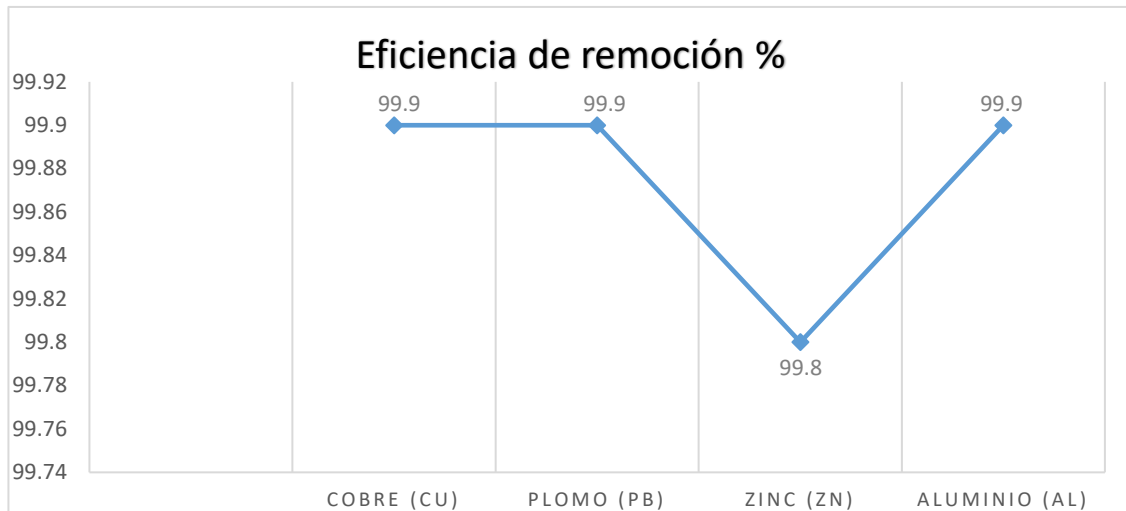
**Fuente:** *Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C*

En la tabla 4 se muestra los resultados enviados al laboratorio antes de ser tratados los pasivos ambientales, luego se observa los resultados del reporte del laboratorio después del tratamiento con los microorganismos.



**Figura 2.** Composición de la muestra 1 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

**Fuente:** Elaboración Propia



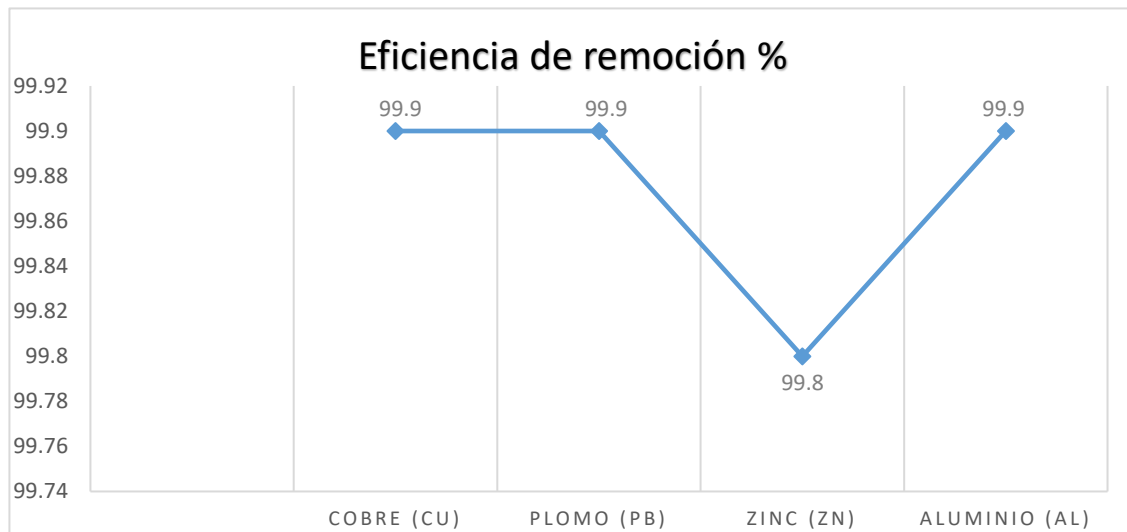
En la figura 2 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el cobre, plomo y aluminio, y la menor eficiencia de remoción (99,8%) es para el zinc, aunque la diferencia no es significativa. Comparando con los resultados obtenidos por Flores (2019) quien solo obtuvo una eficiencia de recuperación del plomo del 51.29%.

**Tabla 5.** Composición de la muestra 2 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863,6	0,330	863,27	99,9
Plomo (Pb)	578,6	0,443	578,15	99,9
Zinc (Zn)	173,0	0,233	172,76	99,8
Aluminio (Al)	8530	1.877	8528	99,9

**Fuente:** Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C.

**Figura 3.** Composición de la muestra 2 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.



**Fuente:** *Elaboración Propia*

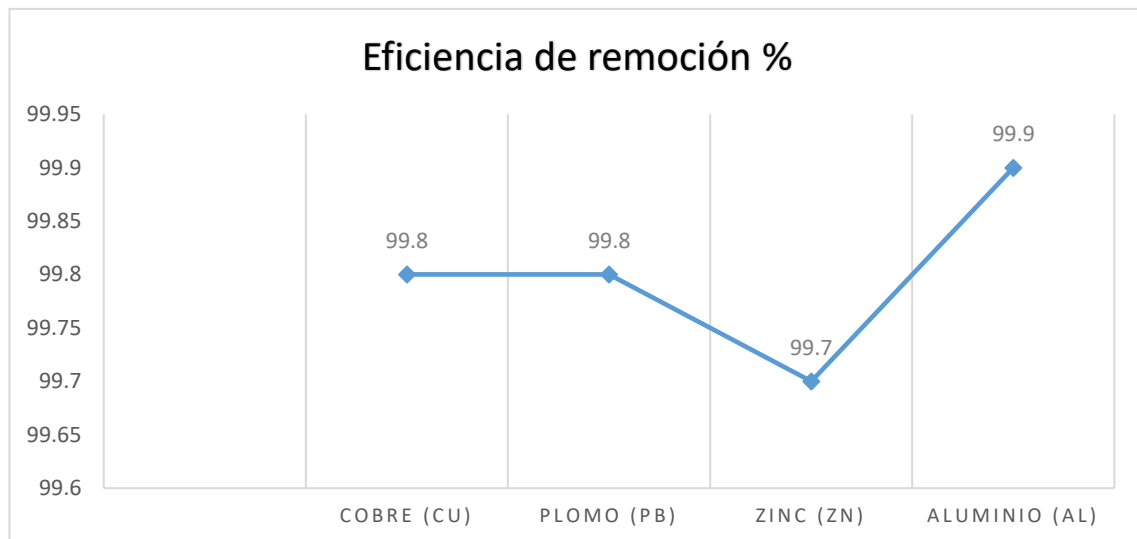
En la tabla 5 y figura 3 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el cobre, plomo y aluminio, y la menor eficiencia de remoción (99,8%) es para el zinc, aunque la diferencia no es significativa, a comparación con los resultados obtenidos por Flores (2019), quien solo obtuvo una eficiencia de recuperación del plomo del 51.29%.

**Tabla 6.** Composición de la muestra 3 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863,6	0,941	862,65	99,8
Plomo (Pb)	578,6	0,830	577,77	99,8
Zinc (Zn)	173,0	0,36	172,64	99,7
Aluminio (Al)	8530	3,146	8526	99,9

**Fuente:** *Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C.*

**Figura 4.** Composición de la muestra 3 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.



**Fuente:** *Elaboración Propia*

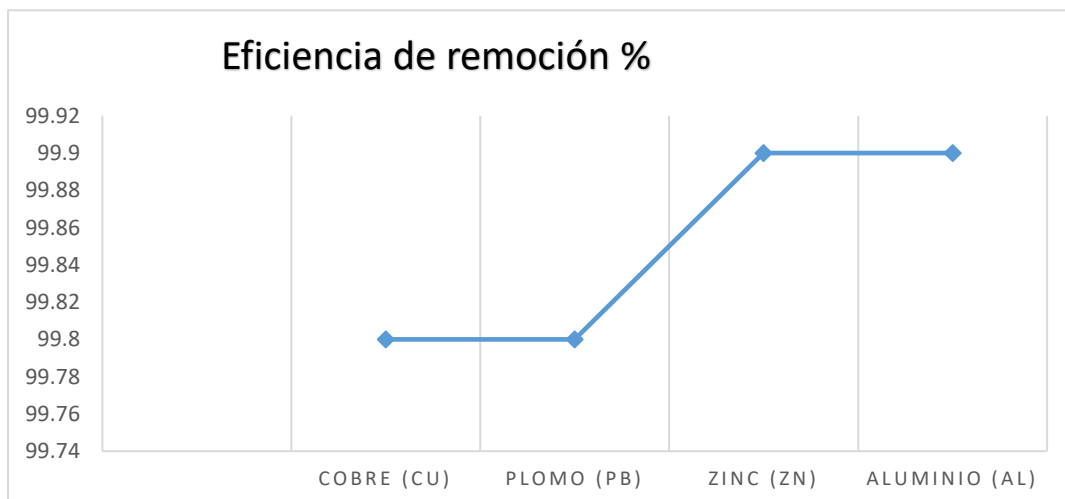
En la tabla 6 y figura 4 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el aluminio, y con el 99,8% se da para el cobre y plomo y la menor eficiencia de remoción (99,7%) es para el zinc, aunque las diferencias no son significativas, comparando con los resultados de Mena et al, (2016) demostraron que la capacidad de biorremediación de las tres cepas en conjunto, *Corynebacterium sp* tuvieron una eficiencia de remoción de 88,8% para Plomo, *Pseudomonas sp* con 79,7% para el caso de cobre, y finalmente *Bacillus sp* con 49,2% para zinc.

**Tabla 7.** Composición de la muestra 4 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863.6	0,977	862,62	99,8
Plomo (Pb)	578.6	0,750	577,85	99,8
Zinc (Zn)	173.0	0,034	172,96	99,9
Aluminio (Al)	8530	3,222	8526	99,9

**Fuente:** Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C.

**Figura 5.** Composición de la muestra 4 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.



**Fuente:** Elaboración Propia

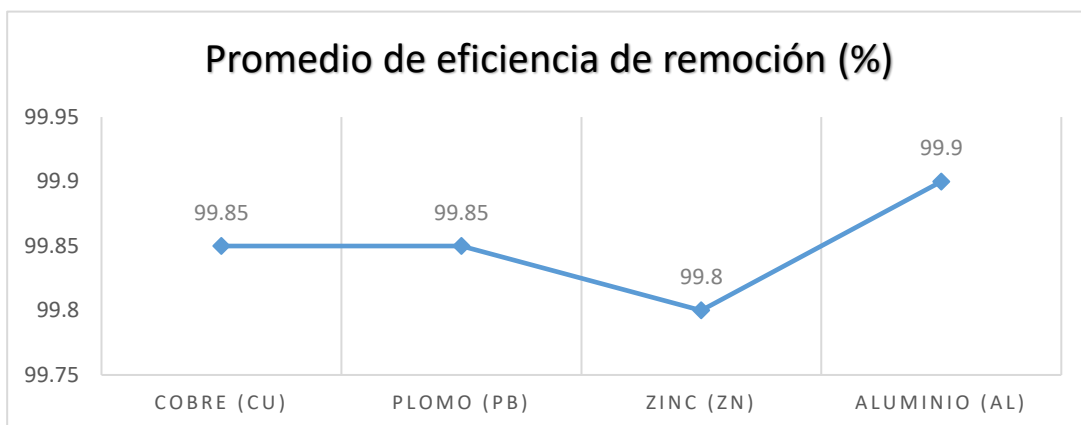
En la tabla 7 y figura 5 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el zinc y aluminio, y la menor eficiencia de remoción (99,8%) es para el cobre y plomo, aunque la diferencia no es significativa, comparando con la investigación de Mena et al, (2016) demostraron que la capacidad de biorremediación de tres cepas, *Corynebacterium sp* tuvieron una eficiencia de remoción de 88,8% para plomo, *Pseudomonas sp* con 79,7% para el caso de cobre, y finalmente *Bacillus sp* con 49,2% para zinc.

**Tabla 8.** Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos en el primer muestreo.

Elemento	Promedio de remoción de metales por microorganismos ppm	Promedio de eficiencia de remoción (%)
Cobre (Cu)	863,03	99,85
Plomo (Pb)	577,99	99,85
Zinc (Zn)	172,80	99,80
Aluminio (Al)	8527,25	99,90

**Fuente:** Elaborados en base a las tablas 1,2,3,4

**Figura 6.** Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos en el primer muestreo.



**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla 8 y figura 6 se muestran el promedio de la eficiencia de la remoción de metales por acción de microorganismos. Fluctuando entre 99,80 al 99,90% resultando una eficiencia muy alta. Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son superiores a los obtenidos por Melgarejo (2018), quien obtuvo para el plomo 44.95 % de eficiencia y respecto al cobre obtuvo el 29.91% y también comparando con Mena et al, (2016) demostraron que la capacidad de biorremediación de tres cepas,

*Corynebacterium sp* con una eficiencia de remoción de 88,8% para plomo, *Pseudomonas sp* con 79,7% para el caso de cobre, y finalmente *Bacillus sp* con 49,2% para zinc.

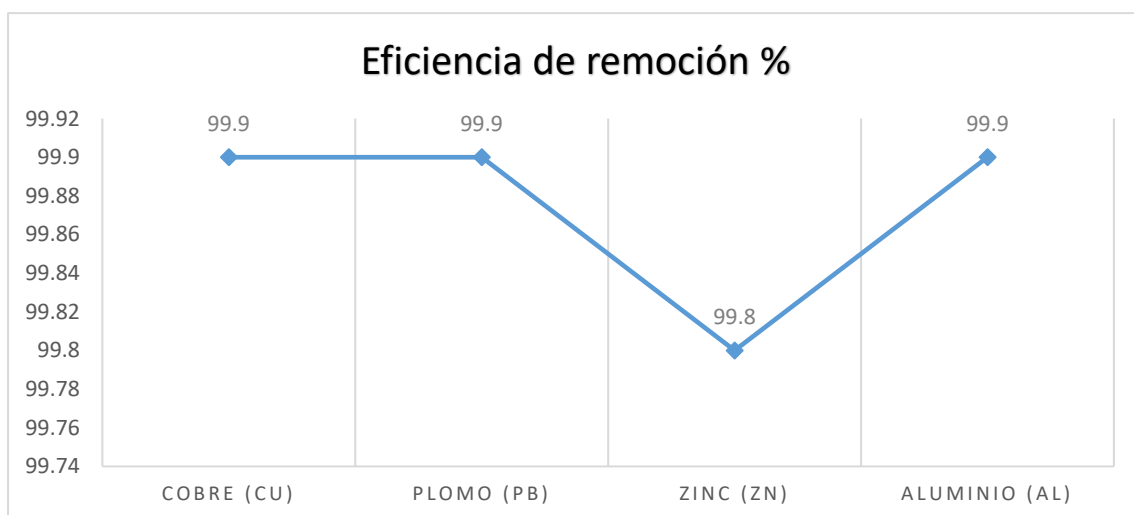
## SEGUNDO MUESTREO

**Tabla 9.** Composición de la muestra 5 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863.6	0,025	863,57	99,9
Plomo (Pb)	578.6	0,347	578,25	99,9
Zinc (Zn)	173.0	0,220	172,78	99,8
Aluminio (Al)	8530	0,834	8529,16	99,9

**Fuente:** Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C.

**Figura 7.** Composición de la muestra 5 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.



**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla 9 y figura 7 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el cobre, plomo y aluminio, y la menor eficiencia de remoción (99,8%) es para el zinc, aunque no difiriendo mucho. Comparando con Mena et al, (2016) quienes demostraron que la capacidad de biorremediación de tres cepas, *Corynebacterium sp* con

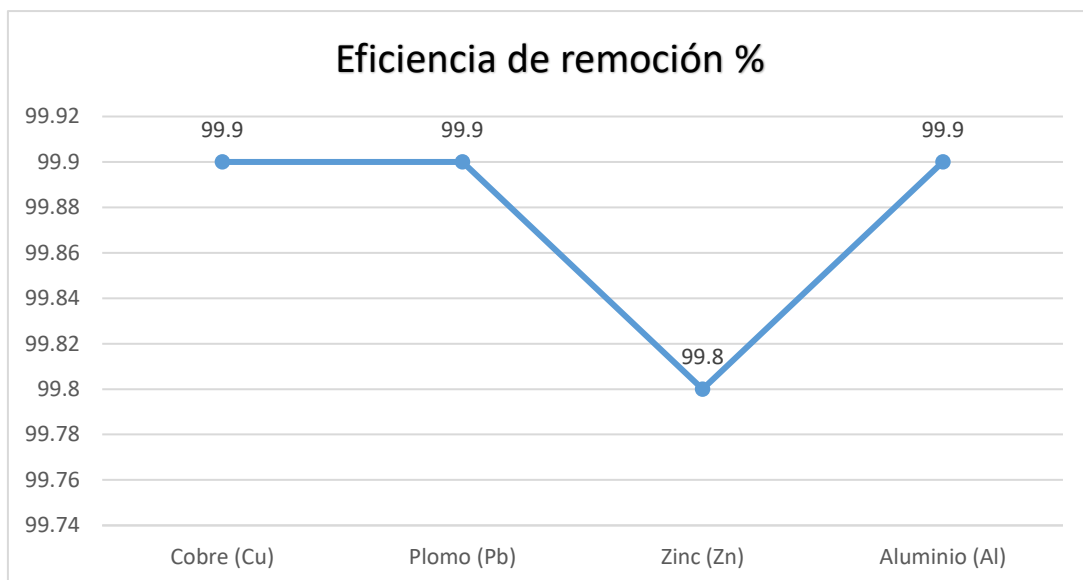
una eficiencia de remoción de 88,8% para plomo, *Pseudomonas sp* con 79,7% para el caso de cobre, y finalmente *Bacillus sp* con 49,2% para zinc.

**Tabla 10.** Composición de la muestra 6 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863.6	0,328	863,27	99,9
Plomo (Pb)	578.6	0,425	578,17	99,9
Zinc (Zn)	173.0	0,230	172,77	99,8
Aluminio (Al)	8530	0,910	8529,09	99,9

**Fuente:** Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C

**Figura 8.** Composición de la muestra 6 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.



**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla 10 y figura 8 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para los elementos, cobre, plomo y aluminio, y la menor eficiencia de remoción

(99,8%) es para el elemento zinc, los resultados nos muestran que la diferencia no es significativa.

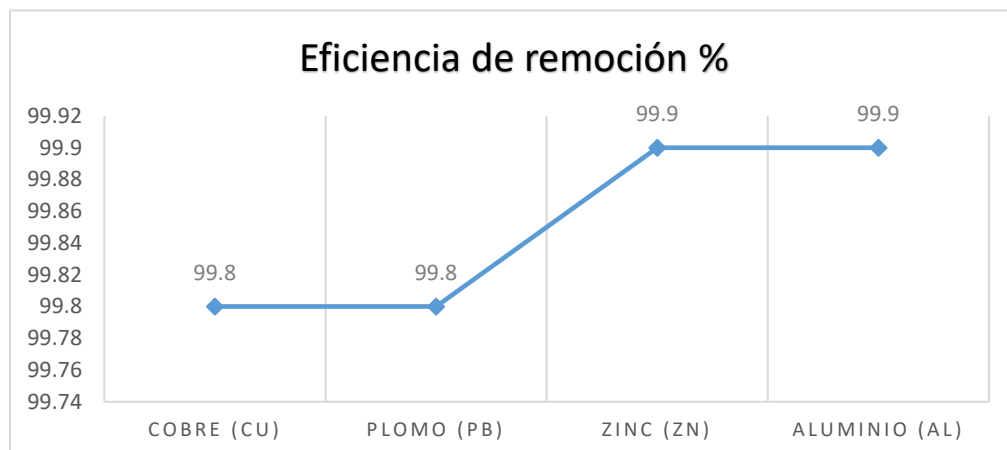
Comparando con Melgarejo, (2018). Concluye que, si existe un efecto positivo en los tratamientos con microorganismos, obteniendo un resultado de (44,95%) para el elemento plomo.

**Tabla 11.** Composición de la muestra 7 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863.6	0,893	862,70	99,8
Plomo (Pb)	578.6	0,816	577,78	99.8
Zinc (Zn)	173.0	0,029	172,97	99,9
Aluminio (Al)	8530	2,970	8527,03	99,9

**Fuente:** Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C.

**Figura 9.** Composición de la muestra 7 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.



**Fuente:** Elaboración Propia



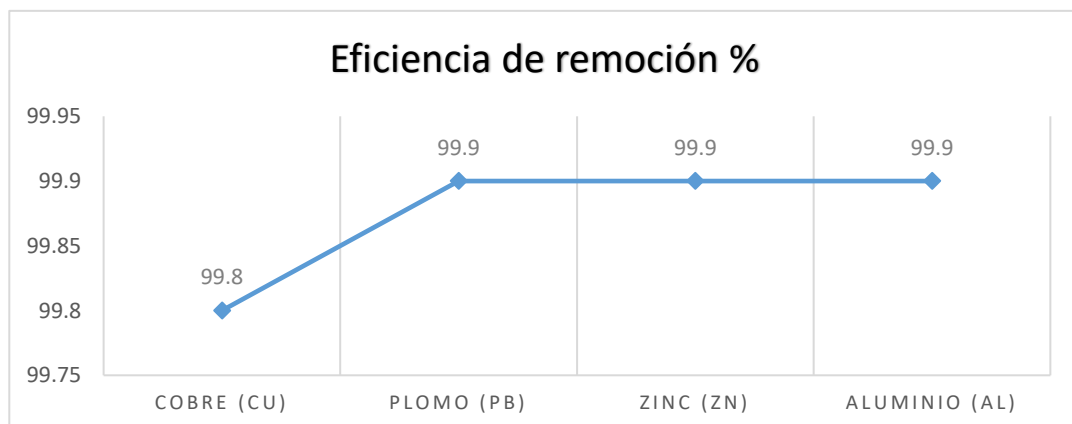
En la tabla 11 y figura 9 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el zinc y aluminio, y la menor eficiencia de remoción (99,8%) es para el cobre y plomo, aunque la diferencia no es significativa. Equiparando con Melgarejo, (2018). Concluye que la remoción del elemento zinc fue de 12.40%.

**Tabla 12.** *Composición de la muestra 8 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.*

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863.6	0,917	862,68	99,8
Plomo (Pb)	578.6	0,347	578,25	99,9
Zinc (Zn)	173.0	0,025	172,97	99,9
Aluminio (Al)	8530	2,820	8527,18	99,9

Fuente: *Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C.*

**Figura 10.** *Composición de la muestra 8 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.*



En la tabla 12 y figura 10 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el plomo, zinc y aluminio, y la menor eficiencia de remoción (99,8%) es para

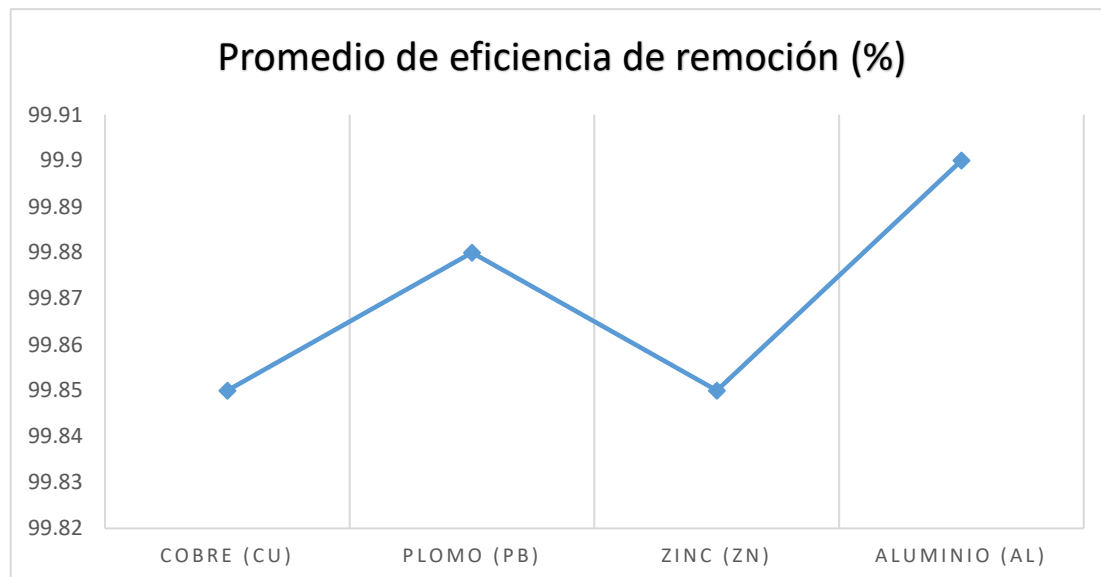
el cobre, aunque la diferencia no es significativa. Equiparando con Mena et al, (2016) demostraron que la capacidad de biorremediación de tres cepas, *Corynebacterium sp* con una eficiencia de remoción de 88,8% para plomo, *Pseudomonas sp* con 79,7% para el caso de cobre, y finalmente *Bacillus sp* con 49,2% para zinc.

**Tabla 13.** Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos en el producto Bio Mikhuy en el segundo muestreo.

Elemento	Promedio de remoción de metales por microorganismos ppm	Promedio de eficiencia de remoción (%)
Cobre (Cu)	863,06	99,85
Plomo (Pb)	578,11	99,88
Zinc (Zn)	172,87	99,85
Aluminio (Al)	8528,12	99,90

Fuente: Elaborados en base a las tablas 9, 10,11, 12

**Figura 11.** Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos, en el producto Bio Mikhuy en el segundo muestreo.



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 13 y figura 11 se muestran el promedio de la eficiencia de la remoción de metales por acción de microorganismos, fluctuando entre 99,85 al 99,90% resultando

una eficiencia muy alta. Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son superiores a los obtenidos por Melgarejo (2018), quien obtuvo para el plomo 44.95 % de eficiencia y respecto al cobre obtuvo el 29.91%. comparando con Mena et al, (2016), quienes hallaron la eficiencia de remoción de 88, 8% para Plomo, *Pseudomonas sp* con 79,7% para el caso de Cobre, y finalmente *Bacillus sp* con 49,2% para Zinc.

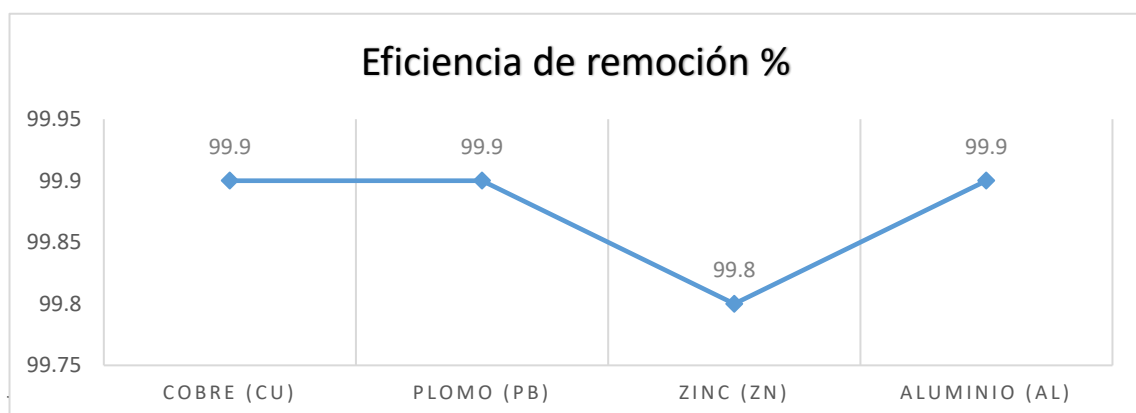
### TERCER MUESTREO

**Tabla 14.** Composición de la muestra 9 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863.6	0,019	863,58	99,9
Plomo (Pb)	578.6	0,326	578,27	99,9
Zinc (Zn)	173.0	0,172	172,82	99,8
Aluminio (Al)	8530	0,083	8529,91	99,9

**Fuente:** Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C

**Figura 12.** Composición de la muestra 9 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.



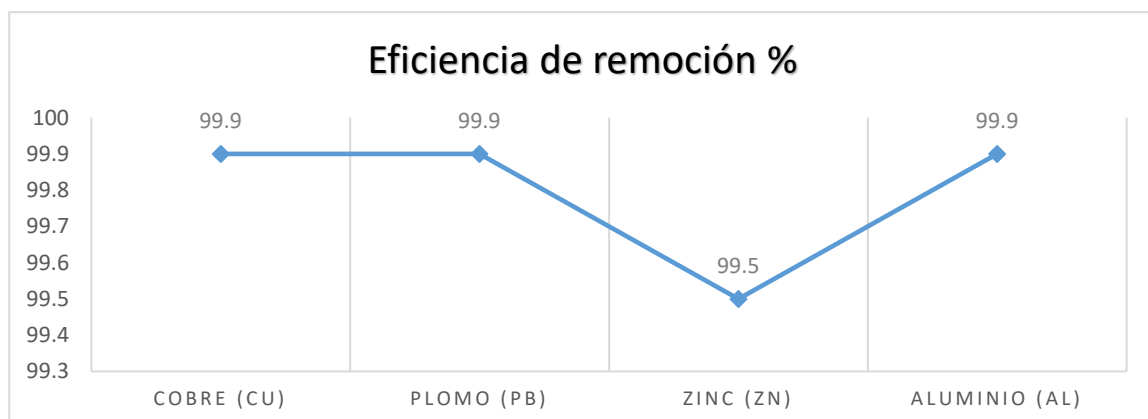
En la tabla 14 y figura 12 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el cobre, plomo y aluminio, y la menor eficiencia de remoción (99,8%) es para el zinc, aunque la diferencia no es significativa. Haciendo la comparación con Muñoz y Gonzales, (2019), obtuvieron la remoción del plomo con hongos en un 36% y con bacterias en un 45%.

**Tabla 15.** *Composición de la muestra 10 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.*

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863.6	0,211	863,38	99,9
Plomo (Pb)	578.6	0,370	578,23	99,9
Zinc (Zn)	173.0	0,775	172,22	99,5
Aluminio (Al)	8530	0,309	8529,69	99,9

**Fuente:** *Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C*

**Figura 13.** *Composición de la muestra 10 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.*



En la tabla 15 y figura 13 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el cobre, plomo y aluminio, y la menor eficiencia de remoción (99,5%) es para

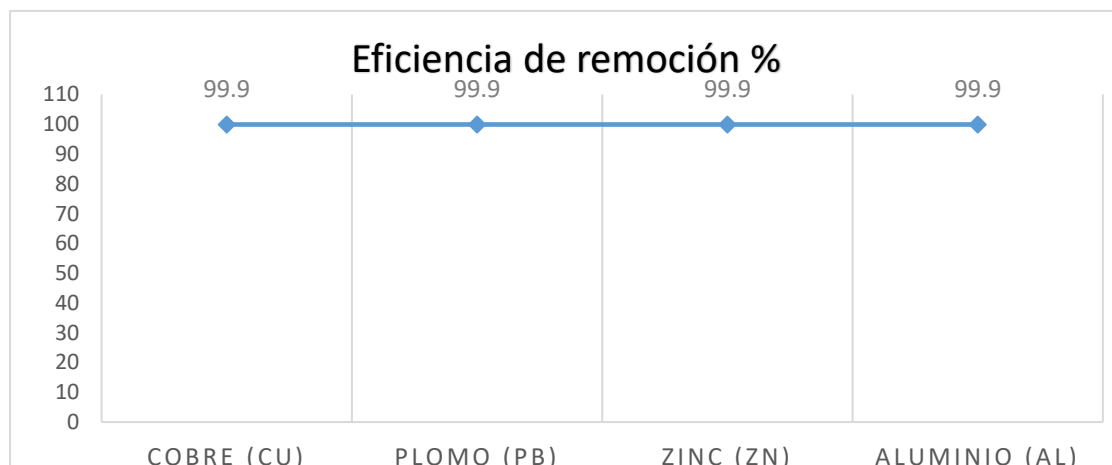
el zinc, aunque la diferencia no es significativa. Equiparando con Mena et al, (2016) demostraron que la capacidad de biorremediación de tres cepas, *Corynebacterium sp* con una eficiencia de remoción de 88,8% para plomo, *Pseudomonas sp* con 79,7% para el caso de cobre, y finalmente *Bacillus sp* con 49,2% para zinc.

**Tabla 16.** Composición de la muestra 11 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

ELEMENTO	Composición antes del tratamiento (ppm)	Composición después del tratamiento (ppm)	Remoción de metales por microorganismos ppm	Eficiencia de remoción %
Cobre (Cu)	863,6	0,172	863,42	99,9
Plomo (Pb)	578,6	0,227	578,37	99,9
Zinc (Zn)	173,0	0,021	172,97	99,9
Aluminio (Al)	8,530	0,013	8529,98	99,9

**Fuente:** Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C

**Figura 14.** Composición de la muestra 11 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.



En la tabla 16 y figura 14 se observan que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el cobre, plomo, aluminio y zinc. Haciendo la comparación con

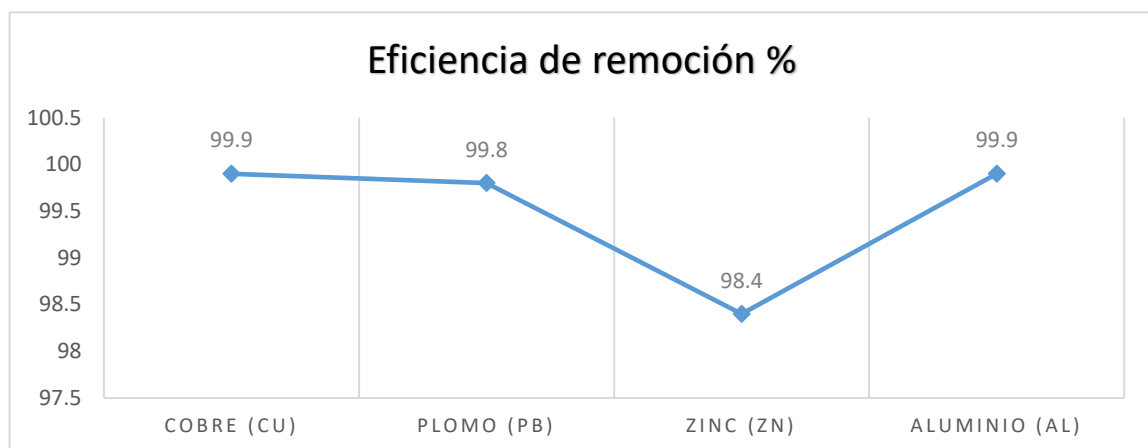
Melgarejo, (2018) quien hizo el tratamiento con microorganismos obtuvo un resultado de 44.95% para el elemento plomo y 29.91% para el elemento cobre.

**Tabla 17.** Composición de la muestra 12 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.

ELEMENTO	Composición	Composición	Remoción de	Eficiencia
	antes del	después del	metales por	de
	tratamiento	tratamiento	microorganismos	remoción
	(ppm)	(ppm)	ppm	%
Cobre (Cu)	863,6	0,083	863,51	99,9
Plomo (Pb)	578,6	0,897	577,70	99,8
Zinc (Zn)	173,0	2,740	170,26	98,4
Aluminio (Al)	8,530	2,523	8527,47	99,9

**Fuente:** Reporte del laboratorio RHLAB S.A.C

**Figura 15.** Composición de la muestra 11 del suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas con microorganismos y eficiencia de remoción en la Mina Escuela Pompería.



**Fuente:** Elaboración Propia

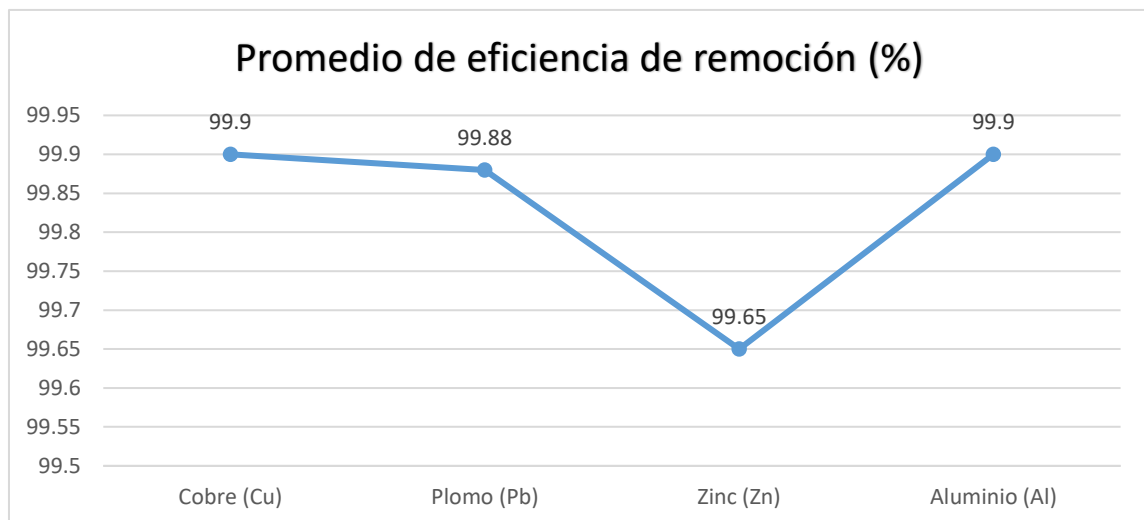
En la tabla 17 y figura 15 se observa que la mayor eficiencia de remoción (99,9%) se da para el cobre, plomo y aluminio, y la menor eficiencia de remoción (98,4%) es para el zinc, aunque la diferencia no es significativa.

**Tabla 18.** Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos en el producto Bio Mikhuy en el tercer muestreo.

Elemento	Promedio de remoción de metales por microorganismos ppm	Promedio de eficiencia de remoción (%)
Cobre (Cu)	863,58	99,90
Plomo (Pb)	578,14	99,88
Zinc (Zn)	172,07	99,65
Aluminio (Al)	8529,25	99,90

Fuente: Elaborados en base a las tablas 11, 12, 13, 14

**Figura 16.** Promedio y eficiencia de remoción de metales con microorganismos en el tercer muestreo.



Fuente: Elaboración Propia

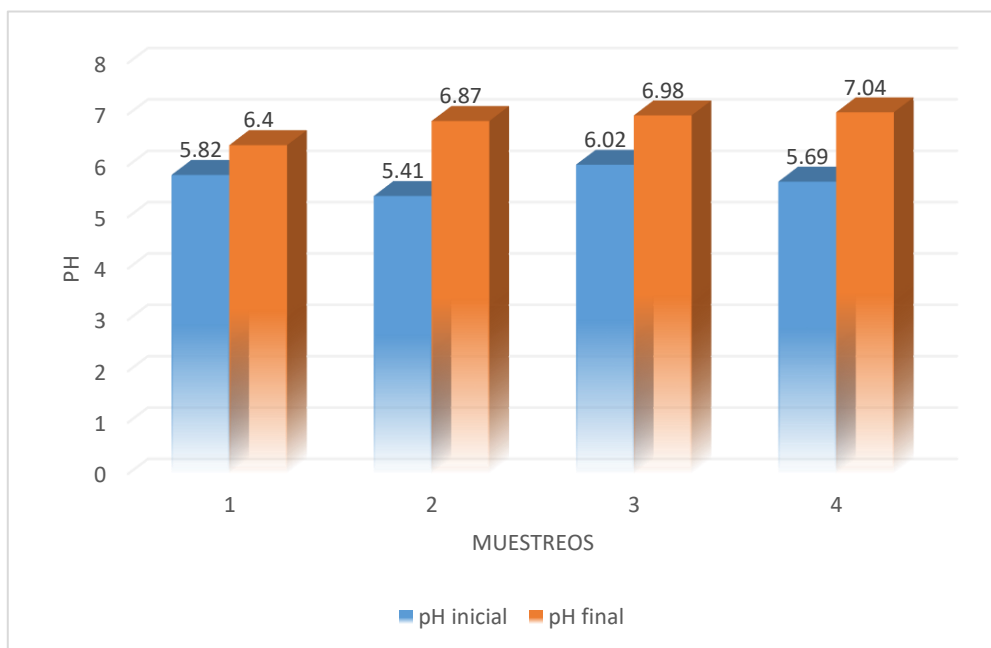
En la tabla 18 y figura 16 se muestran el promedio de la eficiencia de la remoción de metales por acción de microorganismos, fluctúan del 99,65 al 99,90% resultando una eficiencia muy alta. Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son superiores a los obtenidos por Melgarejo (2018), quien obtuvo para el plomo 44.95 % de eficiencia y respecto al cobre obtuvo el 29.91%. comparando con Mena et al, (2016), quienes hallaron la eficiencia de remoción de 88, 8% para Plomo, *Pseudomonas sp* con 79,7% para el caso de Cobre, y finalmente *Bacillus sp* con 49,2% para Zinc.

**Tabla 19.** Valores del pH y humedad de las muestras de suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas de la Mina Escuela Pompería.

Muestras	pH inicial	Humedad		Humedad final (%)
		inicial (%)	pH final	
Muestreo 1	5.82	20	6.40	19
Muestreo 2	5.41	18	6.87	21
Muestreo 3	6.02	22	6.98	20
Muestreo 4	5.69	20	7.04	20

**Fuente:** Medición realizada en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

**Figura 17.** pH de las muestras de suelo de pasivos ambientales, antes y después de las pruebas de la Mina Escuela Pompería.



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observan en la tabla 19 y figura 17, los pH de las muestras iniciales antes de la remediación fluctúan entre 5,41 a 6,02; después de la remediación los pH varían desde 6,4 hasta 7,04 que se aproximan a valores pH=7 (neutro) indicando la mejora como resultado de la remediación con microorganismos.





Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se aproximan a los resultados obtenidos por Gordillo (2018), quien obtuvo un pH entre 5.5 a 8.8.

En lo referente a la humedad final en el presente trabajo se obtuvo entre 19 y 21% y comprando con gordillo quien obtuvo la humedad final entre 25 a 28 %



## V. CONCLUSIONES

Las muestras de los pasivos ambientales se caracterizan por tener alto contenido de metales pesados: Cu(863.6ppm), Pb(578.6ppm), Zn(173.0ppm) y Al(8530ppm) y el Ph es ácido cuyo valor es menor o igual a 6.02.

Se adaptó los microorganismos, (*Rhodopseudomonas Plastrus*, *Rhodobacter Spaerodes*, *Lactobasillus Plantarum*, *Lactobasilos Casei*, *Streptococcus Lactis*, *Saccharomyces Servisae*, *Candida Utilis*, *Stroptomyces Albus*, *Streptomyces Griseus*, *Aspergillus* y *Penicillium*), en el producto *Bio Mikhuy* gradualmente a la muestra de suelo de pasivos ambientales manteniendo a una temperatura constante de 20 °C.

La eficiencia de remoción de los metales: cobre, plomo, zinc y aluminio por acción de los microorganismos es más del 98%.



## VI. RECOMENDACIONES

Para la caracterización de pasivos ambientales se recomienda seguir estrictamente los protocolos correspondientes tanto para el muestreo y para las mediciones de parámetros.

Se recomienda utilizar los microorganismos, (*Rhodopseudomonas Plastrus*, *Rhodobacter Spaerodes*, *Lactobasillus Plantarum*, *Lactobasilos Casei*, *Streptococus Lactis*, *Saccharomyces Servisae*, *Candida Utilis*, *Stroptomyces Albus*, *Streptomyces Griseus*, *Aspergillus* y *Penicillium*), en el producto Bio Mikhuy, para la remediación de los pasivos ambientales mineros, por su alta eficiencia de remoción.

Las pruebas experimentales deben realizarse en ambientes cerrados en épocas que no haya precipitación pluvial en un sitio o en un laboratorio debidamente adecuando donde no ingrese humedad.

Para medir la humeada de la muestra es recomendable el uso de un higrómetro digital para tener datos más precisos.



## VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, M., Molina, M., & Recalde, G. (2021). Contaminantes emergentes en aguas y remediación de suelos con nanopartículas. *Revista alianzas tendencias buap*, 6(24), 60. doi:<http://doi.org/10.5281/zenodo.5594782>
- Ameriso, C., Benitez, E., Gagliardini, G., & Raffo, A. (2015). Fiscalidad y medio ambiente en argentina, impacto de la actividad minera. *Vigésimas Jornadas "Investigaciones en la Facultad" de Ciencias Económicas y Estadística*, 1(1), 1-17. Obtenido de [http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/7506/Ameriso\\_Benitez\\_Gagliardini\\_Raffo%2c%20Fiscalidad%20y%20medio%20ambiente%20en%20Argentina.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/7506/Ameriso_Benitez_Gagliardini_Raffo%2c%20Fiscalidad%20y%20medio%20ambiente%20en%20Argentina.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Apaza, A., Rojas, J., Mamani, E., & Chura, V. (2021). Microorganismos empleados para la biorremediación de efluentes mineros con cianuro. [Artículo de revista]. *Aporte Santiaguino de la Universidad Nacional San-tiagoAntúnez de Mayolo.*, 14(1), 120-137. doi:<https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n1.711>
- Arango, J., Sánchez, O., Vargas, M., Ariza, X., Díaz, S., & Canoles, J. (2020). Medio ambiente y sostenibilidad. *Usta*, 1-252. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Acosta/publication/352863203\\_Medio\\_ambiente\\_y\\_sostenibilidad\\_Medio\\_ambiente\\_y\\_sostenibilidad\\_retos\\_y\\_desaos\\_desde\\_la\\_interdisciplinariedad\\_retos\\_y\\_desaos\\_desde\\_la\\_interdisciplinariedad\\_MEDIO\\_AMBIENTE\\_Y\\_SOSTENIBIL](https://www.researchgate.net/profile/Pedro-Acosta/publication/352863203_Medio_ambiente_y_sostenibilidad_Medio_ambiente_y_sostenibilidad_retos_y_desaos_desde_la_interdisciplinariedad_retos_y_desaos_desde_la_interdisciplinariedad_MEDIO_AMBIENTE_Y_SOSTENIBIL)
- Arango, M., & Olaya, Y. (2012). Problemática de los pasivos ambientales. *Gestión y ambiente*, 15(3), 125-133. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36286/37829>



- Arango, M., & Olaya, Y. (2012). Problemática de los pasivos ambientales. *Gestión y ambiente*, 15(3), 125-133. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36286/37829>
- Arango, M., & Olaya, Y. (2012). Problematika de los pasivos ambientales . *Gestión y ambiente*, 15(3), 125-133. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36286/37829>
- Ávila, V. (2018). *Sustentabilidad ambiental*. Mexico: Ian Arcos, Kali Devi. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Victor-Avila-Akerberg/publication/327189838\\_Sustentabilidad\\_ambiental\\_Una\\_vision\\_interdisciplinaria\\_de\\_los\\_DAAD-Alumni\\_en\\_Mexico/links/5b7f017ca6fdcc5f8b636d77/Sustentabilidad-ambiental-Una-vision-interdisciplinaria-de](https://www.researchgate.net/profile/Victor-Avila-Akerberg/publication/327189838_Sustentabilidad_ambiental_Una_vision_interdisciplinaria_de_los_DAAD-Alumni_en_Mexico/links/5b7f017ca6fdcc5f8b636d77/Sustentabilidad-ambiental-Una-vision-interdisciplinaria-de)
- awasthi, m. (2015). Co-compostaje de fracción orgánica de residuos sólidos urbanos mezclados con diferentes residuos de granel: Caracterización de parámetros fisicoquímicos y dinámica enzimática microbiana. 207.
- Ayala, F., Vadillo, L., López, C., Arambulo, P., Escribano, M., Escribano, R., . . . Toledo, J. (2004). *Manual de restauraciones de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería* (5 ed.). Madrid: Instituto geológico y minero. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=3IKLATKN3MYC&printsec=frontcover&dq=pasivos+ambientales+en+minería&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjaxYr9iKP3AhXYJrkGHVAmAk8Q6AF6BAGBEAI#v=onepage&q=pasivos%20ambientales%20en%20minería&f=false>
- Ballasteros, M., & Ruiz, J. (2018). Los microorganismos en la educación primaria. Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto. *Revista enseñanza*



- de las ciencias*, 36(1), 79-98. Obtenido de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/335275/426108>
- Baltazar, M. y. (2014). Potencial de biorremediación de *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterobacter cloacae* aisladas de un área contaminada con cobre.
- Bastidas, J. A. (2016). Comparación de eficiencia entre *Pseudomonas aeruginosa* y *Pseudomonas putida*, y su masificación para la remediación de hidrocarburos totales de petróleo en los pasivos ambientales de AQ-LAB en Puerto Francisco de Orellana. (*Tesis*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Bertran, Y., Escudero, P., Arcos, A., & Alonso, M. (2016). Aspectos ambientales de la pequeña minera. *Alianza por la minería responsable* , 1-25. Obtenido de <http://www.responsiblemines.org/wp-content/uploads/2017/05/03-07-2017-Somos-Tesoro-Cartilla-3.pdf>
- Betancur, j. M. (2016). Eficiencia de Lombricompostaje en la Biorremediación de suelos degradados por la minería a cielo abierto en el municipio de Unión Panamericana, departamento del Chocó. (*Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente*). Universidad de Manizales, Colombia.
- Bullo, D. I. (2003). *Química Viva*. 2.
- Cahuana, L., & Aduvire, O. (2019). Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre evaluados en áreas donde existen pasivos ambientales mineros en Perú. *Medio ambiente y minería*, 1-14. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n2/v4n2\\_a02.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n2/v4n2_a02.pdf)
- Coarrubias, S., garcia, b., & peña, j. (2015). El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con., (pág. 7). guanajuato, mexico. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41648311004>



- cobarrubias, S. G. (2015). El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados.
- Consortio de Universidades. (2016). Metas del Perú al bicentenario. 3 - 336.
- Cornejo La Torre, M. D. (2016). Biorremediación de relaves mineros con un consorcio microbiano nativo caracterizado molecularmente y productor de enzimas degradadoras de cianuro y derivados. (*Tesis de Maestría*). Universidad Nacional de Tumbes.
- Cornejo, M. (2016). Biorremediación de relaves mineros con un consorcio microbiano nativo caracterizado molecularmente y productor de enzimas degradadoras de cianuro y derivados. repositorio de la universidad nacional de tumbes.
- Covarrubias, A., García, J., & Peña, J. (2015). El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Revista acta universitaria*, 25(3), 40-46. doi:doi: 10.15174/au.2015.90
- Del COCO, V. (2015). Los microorganismos desde una perspectiva de los beneficios para la salud. *Revista argentina de microbiología*, 47(3), 171-173. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v47n3/v47n3a01.pdf>
- Flores, S. (2019). Metodología de tratamiento de remediación de pasivos ambientales mineros de cerro El Toro de Huamachuco para el desarrollo sostenible. (*Tesis Maestría*). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Galvis, A. (2019). Guía metodológica para el manejo de pasivos ambientales mineros. *Academia*, 1-47. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67609676/guia\\_metodologica\\_para\\_el\\_manejo\\_de\\_pasivos\\_ambientales\\_provenientes\\_de\\_la\\_mineria\\_artesanal\\_e\\_informal-with-cover-page-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67609676/guia_metodologica_para_el_manejo_de_pasivos_ambientales_provenientes_de_la_mineria_artesanal_e_informal-with-cover-page-)



v2.pdf?Expires=1650398940&Signature=BYwcBYjxu76W1G3rdJxjoqIyt-  
DIk4cPiotAaSUsqCLmesbWi8CnP

- García, L., Capera, A., Melendez, J., & Mayorquín, N. (2020). Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia et Technica*, 25(1), 172-183. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7368100>
- Gordillo, M. (2018). Biodegradación De Cianuro En Aguas Y Suelos Contaminados. ( *Especialista en Gestion Ambiental*). Fundacion Universidad De America.
- Gutiérrez, J. (2011). Reaprovechamiento y remediación de pasivos ambientales mineros. [Artículo de revista]. *Derecho ambiental y minero*, 25(1), 53-55. doi:<https://doi.org/10.26439/advocatus2011.n025.383>
- Gutiérrez, J. (2014). reaprovechamiento y medición de pasivos ambientales mineros. *Especial*, 1-3. Obtenido de <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Advocatus/article/view/383/363>
- Hernández, M., López, J., & Salazar, G. (2020). Biotecnología ambiental: desafíos y perspectivas en la aplicación de tecnologías combinadas para mejorar la remediación y la generación. *Revista peruana de biología*, 27(1), 43-48. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i1.17578>
- Herrera, H. J. (2007). Elementos de minería. madrid: universidad politecnica de madrid.
- Hurtado, J. (10 de 11 de 2012). optimización de la biorremediación en relaves de cianuración. *REV. PERU. BIOL.*, 2(19). LIMA. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v19n2/a10v19n2>
- Infante, C. (2021). Criterios y tecnologías de remediación en suelos contaminados con hidrocarburos. *Revista boletín de la academia de ciencias físicas, matemáticas y*





- naturales.*, 81(1). Obtenido de <https://boletines.acfiman.org/wp-content/uploads/2021/06/3-Boletin-LXXXI-Carmen-Infante-29-05.pdf>
- J. Daniel Giraldoa, S. G. (2014). Actividad emulsificante y de remoción de metales pesados del ramnolípido producido por *Pseudomonas aeruginosa* PB 25.
- Kuyucak. (2002). Role of microorganisms in mining: generation of acid rock drainage and its mitigation and treatment. *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection.*, 2(3), 179-196. Obtenido de <https://z4y6y3m2.rocketcdn.me/blog/wp-content/uploads/2015/12/Role-of-Microorganisms-in-Mining-Generation-of-Acid-Rock-Drainage-and-its-Mitigation-and-Treatment.pdf>
- Lizardo, C. O. (2019). Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestres evaluados en el area donde existen pasivos ambientales mineros en el Perú. 19 - 36.
- Lujan, D. (2019). Uso de *Pseudomonas Aeruginosa* en Biorremediación. 8.
- Melgarejo, M. (2018). “Efecto De Los Microorganismos Eficientes En La Actividad Fitoextractora De *Helianthus Annuus* L. En Suelos Contaminados Con Metales Pesados Por Minería En Samne.”. (TITULO). Universidad Cesar Vallejo.
- Mena, M. R. (2016). Biorremediación De Metales Pesados Con Aislados Microbianos Procedentes De Pasivos Ambientales Mineros Y Aguas Del Rio Hualgayoc - Cajamarca. (Tesis). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Mosquera, C. T. (2016). Eficiencia del lombricompostaje en la biorremediación de suelos degradados por la minería a cielo abierto en el municipio de panamericana, departamento del chocó. colombia: Universidad de Manizales Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente Centro de Educación a Distancia – CEDUM.



- Muñoz, L. O. (2019). Microorganismos tolerantes a metales pesados del pasivo minero Santa Rosa, Jangas (Perú). *Revista peruana de biología*, 26(1). Lima.
- Oblasesr, A., & Chaparro, E. (2008). Estudios comparativos de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos. *Recursos naturales e infraestructura*, 1-81. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6333/S0800086\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6333/S0800086_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Osorio, V., Márquez, E., & Márquez, M. (2007). Caracterización por Ardeas de microorganismos acidófilos aislados en minas de oro de Marmato, Colombia. [Artículo de revista]. *Revista colombiana de biotecnología*, 9(1), 14-21. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/776/77690103.pdf>
- Paisio, C., Gonzáles, P., Talano, M., & Agostini, E. (2012). Remediación biológica de Mercurio: Recientes avances. *Revista latinoamericana de biotecnología Ambiental y Algal*, 3(2), 119-146. Obtenido de <file:///C:/Users/Beatriz/Downloads/38-1-148-1-10-20170425.pdf>
- Ponce. (2018). Tutela efectiva de remediación ambiental en el sistema normativo legal del ambiente como fuentes de mineras de explotación ilegal. Puno: Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Ponce, I., & Jahuira, F. (2019). Tutela efectiva de remediación ambiental en el sistema normativo general del ambiente como fuente de mineras de explotación ilegal. *Revistas de ciencias naturales*, 1(1), 33-45. Obtenido de <http://revistas.unap.edu.pe/journal/index.php/RCCNN/article/view/251/258>
- Quiceno, M., Escobar, M., & Vásquez, Y. (2020). Impacto de los drenajes de mina sobre los microorganismos del suelo. [Artículo de revista]. *Academia colombiana de*



*ciencias exactas, físicas y naturales*, 44(170), 241-256.

doi:<https://doi.org/10.18257/raccefyn.940>

Ramírez, J., Parra, J., & Adalucy, A. (2017). Análisis de técnicas de recuento de microorganismos. *Revista libre seccional pereira.*, 1(1), 1-8. Obtenido de [https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/mente\\_joven/article/view/3665/3060](https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/mente_joven/article/view/3665/3060)

Ramírez, N., Serrano, J., & Sandoval, H. (2006). Microorganismos extremófilos. Actinomicetos halófilos en México. [Artículo de revista]. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(3), 56-71. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/579/57937307.pdf>

Russi, M. (2002). Los pasivos ambientales. *revista de ciencias sociales* , 15.

Sánchez, R. (2019). La bonanza de los recursos naturales para el desarrollo. Nueva York: Cepal. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46172/S1800746\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46172/S1800746_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Silva, M. N. (2019). Análisis de impactos ambientales asociados a la explotación de materiales de construcción de arrastre en la zona media de la cuenca del río guayuriba. bogotá: universidad santo tomas.

Sotomayor. (2015). Remediación de pasivos Ambientales mineros. *Revista de la universidad de Lima*, 1(1). Obtenido de <http://www.metasbicentenario.consortio.edu.pe/wp-content/uploads/2015/07/Documento-Completo-Consortio-Universidad-A.-Sotomayor.pdf>

Sotomayor, C. (2016). Remediación de pasivos ambientales mineros como estrategia para el cuidado del ambiente (trabajo presentado en la Conferencia. Lima: En Consorcio de Universidades .



- Suarez, R. (2013). Guía De Métodos De Biorremediación Para La Recuperación De Suelos Contaminados Por Hidrocarburos. (*Título De Maestría*). Universidad Libre Instituto De Postgrados Ingeniería Especialización En Gerencia Ambiental Bogotá D.C, Bogota.
- supremo, D. (2014). Reglamento de protección y gestión ambiental para las actividades de explotación, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento minero. *Dirección de gestión estratégica*, 1-75. Obtenido de <https://www.senace.gob.pe/download/senacenormativa/NAS-4-6-01-DS-040-2014-EM.pdf>
- Tania Volque Sepúlveda, J. A. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides. Mexico: INE-SEMARNAT.
- Terry, E., Leyva, A., & Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate. [Artículo de revista]. *Revista colombiana biotecnología*, 7(2), 47-54. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistacolombianadebiotecnologia/2005/vol17/no2/6.pdf>
- Tiodar, E., Văcar, C., & Podar, D. (2021). Phytoremediation and microorganisms-assisted phytoremediation of mercury-contaminated soils: challenges and perspectives. *International journal of environmental besearch*, 18(5), 2-37. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph18052435>
- Ubaque, C., Vaca, M., & Rodríguez, C. (2014). Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la cantera Villa gloria en la localidad de ciudad Bolivar. *Investigación*, 18(42), 90-102. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5017548>



- Umaña, C. E. (2017). Efecto del uso de microorganismos de montaña sobre el suelo con base de dos cultivos agrícolas. Costa Rica: Universidad de Costa Rica .
- Vargas, H., Soto, D., & Hinojosa, L. (2021). Tratamiento de aguas ácidas de mina. [Artículo de revista]. *Centro de Investigación y Desarrollo Intelectual CIDI*, 2(1), 175-185. doi:<https://doi.org/10.53942/srjcdi.v1i2.54>
- Velasquez, O., Cuentas, M., Arizaca, A., & Huisa, F. (2019). Evaluación de riesgo de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoreque. *Medio ambiente y minería*, 1-16. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n2/v4n2\\_a04.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n2/v4n2_a04.pdf)
- Zhang GL, W. Y. (2005). Biodegradation of crude oil by *Pseudomonas aeruginosa* in the presence of rhamnolipids.

## ANEXOS

### ANEXO A: GALERIA DE FOTOGRAFIAS DE LA EXPERIMENTACION



**Figura A. 1.** Preparación de la solución de los microorganismos.



**Figura A. 2.** Adición de microorganismos a la muestra de suelo preparado a una humedad de 20 %.





**Figura A. 3.** Monitoreo después de 20 días la muestra de suelo de pasivos ambientales.



**Figura A. 4.** Monitoreo después de 45 días la muestra de suelo de pasivos ambientales.



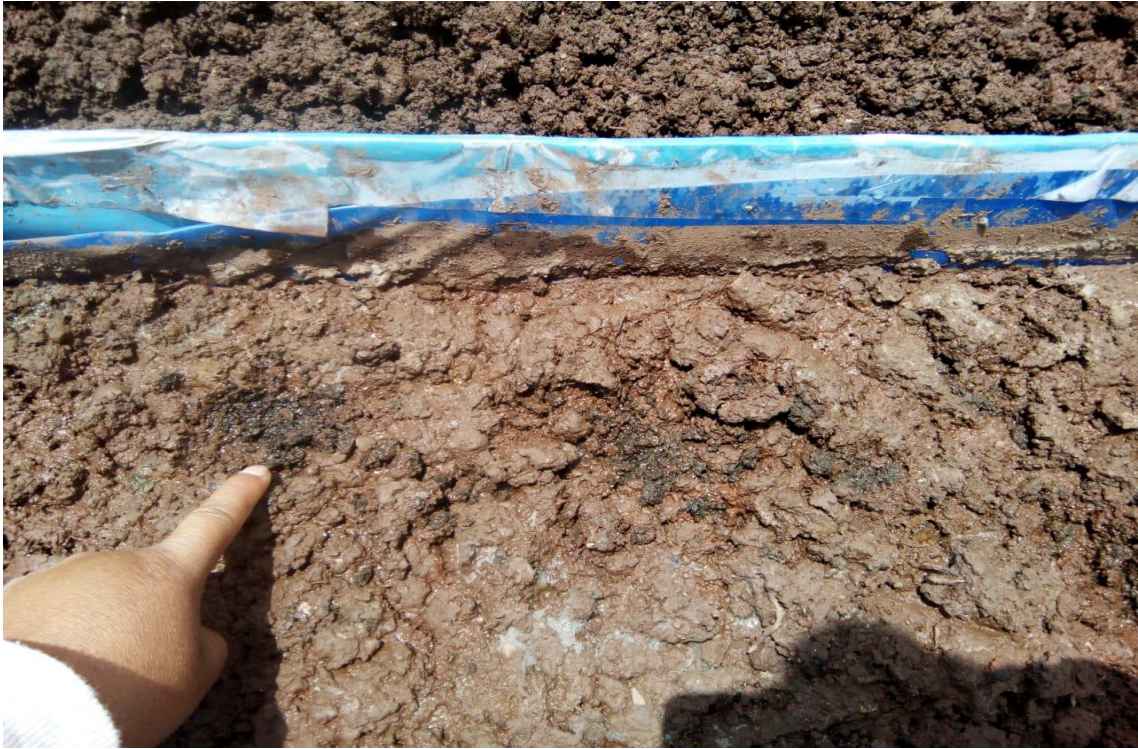


**Figura A. 5.** Medición de la humedad con higrómetro de las muestras de suelos pasivos ambientales.



**Figura A. 6.** Monitoreo después de dos meses.





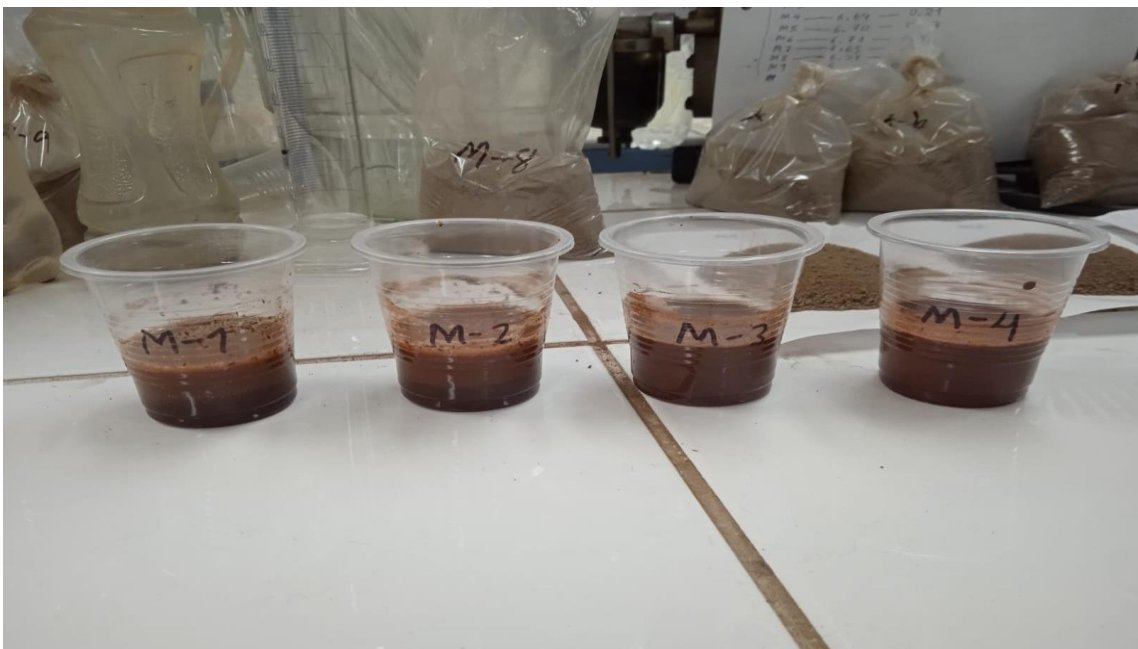
**Figura A. 7.** Resultado final de la remediación de suelos de pasivos ambientales



**Figura A. 8.** Preparación de muestras de suelo remediado para la medición del pH



**Figura A. 9.** Monitoreo de pH del suelo remediado.



**Figura A. 10.** Muestras de suelos remediado.



## ANEXO B: REPORTES DE LABORATORIO

**Tabla B. 1.** Reporte de laboratorio de la muestra inicial del suelo de pasivo ambiental.

laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Cajamarca Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Hoja de resultados

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00059

18/11/2019  
Pág.: 2/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003
		Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mg
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
SD19000085	MS - SUELO (MUESTRA 1)	0,4874	> 10 000	49,77	3 622,3	0,652437	3 870	6,0613	14,0000	9,7913	245,5	> 10 000	4 640	23,100	3 040	
SD19000086	MS - PASIVOS (MUESTRA 2)	1,352	8 530	77,71	3 209,9	0,459122	1 590	10,915	12,9076	3,2105	863,6	> 10 000	6 240	5,1844	754,0	

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Jódrez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114428

**Tabla B.2.** Reporte de laboratorio de la muestra inicial del suelo de pasivo ambiental.

laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Cajamarca Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Hoja de resultados

INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-19-00059

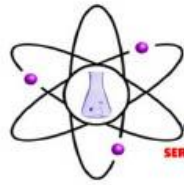
18/11/2019  
Pág.: 3/3

Código Interno #	Nombre de Muestra	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003
		Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Ti	Ti	V	Zn
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
SD19000085	MS - SUELO (MUESTRA 1)	2 928,2	≈<0,038	262	6,4668	471,1	156,5	0,63601	≈<0,2	≈<0,085	138,2	454,39	1,116	46,632	183,4
SD19000086	MS - PASIVOS (MUESTRA 2)	8 244,8	0,41127	24,3	3,4111	488,3	578,6	1,7466	≈<0,2	0,68372	146,5	15,241	5,166	20,064	173,0

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Omar A. Jódrez Soto  
Gerente de Operaciones  
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114428



**Tabla B.3.** Informe de ensayo de resultados de la primera muestra.



**RHLAB S.A.C.**  
SERVICIOS ANALITICOS QUÍMICO - METALÚRGICO

**RH-M42-1370**

**INFORME DE ENSAYO**

<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
A SOLICITUD DE	: Srta. CAROLINA CCOSI CARIAPAZA
ASUNTO	: Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA	
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 04
SOLICITUD DE ENSAYO	: Análisis Químico de Metales
RECEPCION DE MUESTRAS	
COORDENADAS	: Bolsa de Plástico, Sellado No proporcionado por el cliente
PROYECTO	: No proporcionado por el cliente
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO	: 09/03/2020 al 28/05/2020
DETALLE DEL INFORME	

**RESULTADO DE ENSAYO**

N°	N° RH	Código de Cliente	Cu	Fe	Zn	Pb	Ag	Mn	Sb	Al	Cd	Hg
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	RH-M42406	PMS-1	0.031	3.145	0.255	0.384	0.552	2.809	0.423	0.844	1.202	ND
2	RH-M42407	PMS-2	0.330	3.416	0.233	0.443	0.271	3.533	0.284	0.920	1.877	ND
3	RH-M42408	PMS-3	0.941	6.986	0.036	0.830	0.373	13.023	0.402	3.146	1.040	ND
4	RH-M42409	PMS-4	0.977	6.388	0.034	0.750	0.267	13.334	0.410	3.222	1.720	ND

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.  
ND: No detectable.

**METODOS DE REFERENCIA**

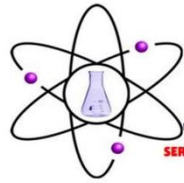
\* Determinación de elementos en muestra de suelo - Método Espectrofotometría de Absorción Atómica

Gerente de Operaciones  
CIP 16775

Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur)  
Cel: 978645480 - 935008140



**Tabla B.4.** Informe de ensayo de resultados de la segunda muestra



**RHLAB S.A.C.**  
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICO - METALÚRGICO

**RH-M45-1134**

**INFORME DE ENSAYO**

**DATOS DEL CLIENTE**

A SOLICITUD DE : Srta. CAROLINA CCOSI CARIAPAZA  
 ASUNTO : Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra  
 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA  
 CANTIDAD DE MUESTRAS : 04  
 SOLICITUD DE ENSAYO : Análisis Químico de Metales  
 RECEPCION DE MUESTRAS : Bolsa de Plástico, Sellado  
 COORDENADAS : No proporcionado por el cliente  
 PROYECTO : No proporcionado por el cliente  
 FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO : 25/09/2020 al 30/09/2020  
**DETALLE DEL INFORME**

**RESULTADO DE ENSAYO**

N°	N° RH	Código de Cliente	Cu	Pb	Zn	Al
			ppm	ppm	ppm	ppm
1	RH-M44965	MS-01	0.025	0.347	0.220	0.834
2	RH-M44966	MS-02	0.328	0.425	0.230	0.910
3	RH-M44967	MS-03	0.893	0.816	0.029	2.970
4	RH-M44968	MS-04	0.917	0.347	0.025	2.820

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

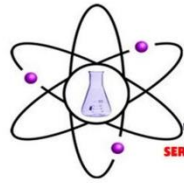
**METODOS DE REFERENCIA**

\* Determinacion de elementos en muestra de suelo - Método Espectrofotometría de Absorción Atómica





**Tabla B.5.** Informe de ensayo de resultados de la tercera muestra



**RHLAB S.A.C.**  
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICO - METALÚRGICO

**RH-M45-1137**

### INFORME DE ENSAYO

**DATOS DEL CLIENTE**

A SOLICITUD DE : Srta. CAROLINA CCOSI CARIAPAZA  
 ASUNTO : Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra  
 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA  
 CANTIDAD DE MUESTRAS : 04  
 SOLICITUD DE ENSAYO : Análisis Químico de Metales  
 RECEPCION DE MUESTRAS : Bolsa de Plástico, Sellado  
 COORDENADAS : No proporcionado por el cliente  
 PROYECTO : No proporcionado por el cliente  
 FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO : 13/11/2020 al 25/11/2020  
**DETALLE DEL INFORME**

**RESULTADO DE ENSAYO**

N°	N° RH	Código de Cliente	Cu	Pb	Zn	Al
			ppm	ppm	ppm	ppm
1	RH-M45331	MS-01	0.019	0.326	0.172	0.083
2	RH-M45332	MS-02	0.211	0.370	0.227	0.897
3	RH-M45333	MS-03	0.857	0.775	0.021	2.740
4	RH-M45334	MS-04	0.903	0.309	0.013	2.523

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

**METODOS DE REFERENCIA**

\* Determinación de elementos en muestra de suelo - Método Espectrofotometría de Absorción Atómica



Gerente de Operaciones  
CIP 187755

Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur)  
Cel: 978645480 - 935008140





**Tabla B.6.** Resultados de análisis de laboratorio microbiológico.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA**



**INFORME DE ENSAYO N° 2012373 - LMT**

**SOLICITANTE** : LUIS MIGUEL PICARDO MARTINEZ  
**DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO**  
**MUESTRA** : MICROORGANISMOS  
 2012373)

**PROCEDENCIA** : Planta Ate Bidón de Bal  
**TIPO DE ENVASE** : Botella de plástico  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 01 muestra x 01 und. x 1 000 ml. aprox.  
**ESTADO Y CONDICIÓN** : En buen estado y cerrado  
**FECHA DE MUESTREO** : 2020 - 12 - 30  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2020 - 12 - 30  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYO** : 2021 - 01 - 05  
**FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO** : 2021 - 01 - 07

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**

Análisis Microbiológico	Muestra 2012373
Recuento de bacterias ácido láctica (UFC/ml)	41 x 10 <sup>9</sup>

**Métodos:**

International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

**Observaciones:**


Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 11 de enero de 2021

  
DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana  
y Biotecnología "Marino Tabusso"  
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: [lm6@lamolina.edu.pe](mailto:lm6@lamolina.edu.pe)

