

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Concentración de metales pesados en el área de influencia de un  
botadero**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Gerly Jaime Mamani Mamani

**Asesor:**

Mg. Jael Calla Calla

**Juliaca, agosto de 2024**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mg. Jael Calla Calla, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE UN BOTADERO”** del autor **Gerly Jaime Mamani Mamani**, tiene un índice de similitud de 18 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 22 días del mes de agosto del año 2024.



---

Mg. Jael Calla Calla

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 12 día(s) del mes de agosto del año 2024 siendo las 14:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Enrique Mamani Guela el (la) secretario(a): Msc. Loayda Abigail Londoi Turpo y los demás miembros: Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera Msc. Rose Idelina Callata Chura y el (la) asesor(a) Msc. Jael Calla Calla

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Concentración de metales pesados en el área de influencia de un hotadero

del(los) bachiller(es): a) Gerly -Jaime Mamani Mamani  
 b) \_\_\_\_\_  
 c) \_\_\_\_\_

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Gerly Jaime Mamani Mamani

| CALIFICACIÓN    | ESCALAS   |           |                  | Mérito               |
|-----------------|-----------|-----------|------------------|----------------------|
|                 | Vigesimal | Literal   | Cualitativa      |                      |
| <u>Aprobado</u> | <u>17</u> | <u>B+</u> | <u>Muy Bueno</u> | <u>Sobresaliente</u> |

Bachiller (b): \_\_\_\_\_

| CALIFICACIÓN | ESCALAS   |         |             | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|--------|
|              | Vigesimal | Literal | Cualitativa |        |
|              |           |         |             |        |

Bachiller (c): \_\_\_\_\_

| CALIFICACIÓN | ESCALAS   |         |             | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|--------|
|              | Vigesimal | Literal | Cualitativa |        |
|              |           |         |             |        |

(\*) Ver parte posterior  
 Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]  
 Presidente/a

[Firma]  
 Asesora

[Firma]  
 Bachiller (a)

[Firma]  
 Miembro

[Firma]  
 Secretario/a

[Firma]  
 Miembro

\_\_\_\_\_  
 Bachiller (b)

\_\_\_\_\_  
 Bachiller (c)

## RESUMEN

La contaminación por metales pesados provenientes de botaderos de residuos sólidos constituye una problemática ambiental y de salud pública significativa, particularmente en comunidades peruanas. Se evaluó la distribución espacial de plomo (Pb), cobre (Cu), cadmio (Cd) y arsénico (As) en el área de influencia de un botadero ubicado en las coordenadas 381791.61 E - 8286108.14 S (UTM WGS 84 Zona 19), Se analizaron 15 muestras de suelo a distancias entre 10 a 200 m mediante espectrofotometría de absorción atómica. Se observó un gradiente de concentración decreciente en las concentraciones promedio para el Pb (0.363-0.257 mg/kg), Cu (1.700-1.099 mg/kg) y Cd (2.536-2.201 mg/kg), mientras que el As mostró un incremento (0.029-0.123 mg/kg) con la distancia. Las concentraciones máximas de Pb (0.450 mg/kg) y Cu (1.940 mg/kg) se detectaron a 10 m en suelo limoso sin uso, Cd (2.925 mg/kg) a 50 m en sustrato similar y As (0.320-0.330 mg/kg) a 150-200 m en suelo arenoso. Se observó un incremento en la capacidad de intercambio catiónico (10.93 a 11.87 cmol/kg) y la humedad del suelo (28.10-32.33%). Los coeficientes de determinación ( $R^2 = 0.7665-0.7983$ ) indicaron una correlación significativa entre la concentración metálica y la distancia al botadero. El uso del suelo influyó notablemente en la distribución de metales, con mayores niveles de Cd en áreas agrícolas y menores concentraciones de Pb y Cu en zonas urbanas. Los resultados evidencian la interacción entre metales pesados, propiedades edáficas y uso del suelo, subrayando la necesidad de implementar estrategias de remediación para el área impactada.

**Palabras clave:** contaminación ambiental, análisis de suelos, correlación, geo estadística.

## ABSTRACT

Heavy metal contamination from solid waste dumps represents a significant environmental and public health issue, particularly in Peruvian communities. This study evaluated the spatial distribution of lead (Pb), copper (Cu), cadmium (Cd), and arsenic (As) in the area of influence of a dump located at coordinates 381791.61 E - 8286108.14 S (UTM WGS 84 Zone 19). Fifteen soil samples were analyzed at distances ranging from 10 to 200 m using atomic absorption spectrophotometry. A decreasing concentration gradient was observed in the average concentrations for Pb (0.363-0.257 mg/kg), Cu (1.700-1.099 mg/kg), and Cd (2.536-2.201 mg/kg), while As showed an increase (0.029-0.123 mg/kg) with distance. Maximum concentrations of Pb (0.450 mg/kg) and Cu (1.940 mg/kg) were detected at 10 m in unused silty soil, Cd (2.925 mg/kg) at 50 m in similar substrate, and As (0.320-0.330 mg/kg) at 150-200 m in sandy soil. An increase in cation exchange capacity (from 10.93 to 11.87 cmol/kg) and soil moisture (28.10-32.33%) was observed. The coefficients of determination ( $R^2 = 0.7665-0.7983$ ) indicated a significant correlation between metal concentration and distance from the dump. Land use notably influenced the distribution of metals, with higher levels of Cd in agricultural areas and lower concentrations of Pb and Cu in urban areas. The results demonstrate the complex interaction between heavy metals, soil properties, and land use, highlighting the need to implement specific remediation strategies for the impacted area.

**Keywords:** environmental pollution, soil analysis, correlation, geostatistics.