

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Perfil de proyecto de investigación: Biorremediación como estrategia para la restauración del lago de Rinconada afectado por relaves de la minería informal contaminadas por metales pesados mercurio y plomo (Hg, Pb).

Por:

Jhordan Rusbel Ticona Condori, 72228932 Asesor:

Ing. Jorge Juvenal Bravo Hualla

Juliaca, junio de 2025

1. Planteamiento del Problema

El lago de Rinconada ha sido por mucho tiempo un lugar valioso para las comunidades que viven cerca. Ya que dependían para conseguir agua, pescar, dar de beber a sus animales y hasta para cultivar. Pero hoy en día, ese lago ya no es el mismo. Por causa de la minería informal, sus aguas están siendo contaminadas. Cada día, los desechos que botan los mineros, conocidos como relaves, llegan directamente al lago sin ningún tipo de control. Estos residuos traen metales peligrosos como el mercurio y el plomo, que se quedan en el agua y hacen daño tanto a los animales como a las personas.

Muchos habitantes, sobre todo niños, ya están sufriendo enfermedades. Además, los peces han desaparecido y el agua ya no se puede usar ni para tomar ni para regar (Ramírez, M., & Torres, L. 2022). A pesar de que ya se sabe lo grave que es esta situación, no se han tomado acciones efectivas para solucionar el problema. Y mientras tanto, el lago sigue enfermándose cada día más.

1.1 Justificación

El lago de Rinconada, ubicado en la región Puno, es una fuente importante de agua para las comunidades locales y el ecosistema altoandino. Sin embargo, su calidad ambiental se ha visto gravemente comprometida debido a los relaves provenientes de la minería informal “la mina Rinconada y Lunar de Oro”, rica en metales pesados como el mercurio, arsénico y plomo. Estos residuos no solo alteran la biodiversidad acuática, sino que también representan una amenaza directa a la salud humana (Castillo, M., Vargas, E., & Huamán, R. (2020)). Frente a este problema, la biorremediación emerge como una alternativa sostenible y económica para restaurar el equilibrio ecológico del lago mediante el uso de organismos vivos que puedan metabolizar o inmovilizar los contaminantes. Esta investigación busca contribuir al conocimiento científico-técnico para aplicar soluciones biotecnológicas en cuerpos de agua afectados por actividades antrópicas, beneficiando así tanto al ambiente como a la población local.

1.2 Estado del Arte

En los últimos años, se ha investigado sobre cómo la minería afecta a los lagos y ríos del Perú, especialmente en zonas altoandinas. Por ejemplo, en la región de Puno se han encontrado altos niveles de metales pesados como mercurio, plomo y arsénico en varios cuerpos de agua, debido principalmente a la actividad minera informal que vierte sus desechos sin ningún tratamiento. Según un estudio publicado por, en el lago de Rinconada y sus alrededores se detectaron concentraciones elevadas de arsénico y plomo que superaban los límites permitidos, tanto en el agua como en los sedimentos (Chura et al.,2023).

También se han hecho estudios similares en otros lagos como la laguna Umayo, donde se reportaron valores altos de mercurio y cadmio (Quispe et al., 2020), lo que confirma que este problema no es aislado. La contaminación afecta no solo al ambiente, sino también a la salud de las personas que viven cerca y consumen agua o productos de esas zonas.

Ante esta situación, una alternativa que ha llamado la atención es la biorremediación, que consiste en usar microorganismos para limpiar el agua contaminada. Algunas investigaciones, como la de Jacinto & Salas (2021), han mostrado que plantas como el camalote (*Eichhornia crassipes*) pueden absorber metales pesados del agua. También se han estudiado bacterias que ayudan a reducir estos contaminantes como, *Pseudomonas spp*, *Bacillus spp*.

1.3 Objetivos

Objetivo específico: Aplicar un tratamiento experimental de biorremediación en puntos clave.

Evaluar la disminución de la concentración de metales pesados con muestra de los puntos clave en laboratorios.

Objetivo general: Evaluar la efectividad de la biorremediación en la restauración del lago de Rinconada afectado por metales pesados como el mercurio (Hg), plomo (Pb) y relaves mineros mediante muestras mensuales en puntos específicos.

1.4 Hipótesis

La aplicación de técnicas de biorremediación en el lago de Rinconada reduce significativamente la concentración de metales pesados presentes como resultado de los relaves mineros informales. (Wu, S., Chen, X., & Li, Y, 2018).

1.5 Variables

Variable independiente: contaminación por los relaves mineros, concentración de metales pesados

Variables dependientes: El lago contaminado con metales pesados (Hg, Pb)

2. Metodología

2.1 Diseño Metodológico

La investigación se desarrollará bajo un diseño, experimental y longitudinal. Según Hernández Sampieri y Mendoza (2018), este enfoque permite analizar el efecto de una intervención biotecnológica sobre un fenómeno ambiental específico a lo largo del tiempo, en condiciones naturales controladas.

2.2 Diseño muestral

Definir la población, muestra, muestreo, tamaño de la muestra y unidad de análisis. También si es pertinente los criterios de inclusión y exclusión. Generalmente se contempla seres humanos por sus criterios (estudiantes de un cierto nivel o institución, trabajadores de una cierta empresa, pacientes con un cierto diagnóstico etc.) pero también se puede incluir una cantidad y descripción de animales si fuera el caso. Si el estudio no incluye ni seres humanos ni animales, se debe describir aquí que se va a incluir en el estudio y sobre qué criterios y/o fuentes se va a trabajar.

2.3 Técnicas de Recolección de Datos

La población estará constituida por el agua del lago de Rinconada, en sectores impactados por la actividad minera informal. Para ellos voy a tomar 3 puntos críticos del lago mediante muestreo por conveniencia. La unidad de análisis será cada muestra de agua recolectada. Los criterios de inclusión

serán sectores del lago con evidencia de presencia de relaves y accesibilidad para monitoreo. Los criterios de exclusión serán zonas de difícil acceso o bajo riesgo ambiental.

2.4 Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información

Se recolectarán muestras de agua utilizando botellas de polietileno previamente esterilizadas, siguiendo el protocolo de la Norma Técnica Peruana NTP 390.010. Las muestras serán conservadas a 4 °C y transportadas al laboratorio para su análisis. La determinación de metales pesados como Hg, Pb y As se realizará mediante Espectrometría de Absorción Atómica (AAS). Previo a la intervención, se aplicará una línea base. Posteriormente, se introducirán especies con capacidad biorremediadora. Se harán mediciones semanales durante dos meses para evaluar la eficacia. La confiabilidad estará respaldada por controles de calidad internos y externos del laboratorio certificado.

3. Referencias Bibliográficas

- Chura, L., Mamani, R., & Ccama, J. (2023). *Evaluación de metales pesados en sedimentos y agua del lago Rinconada, Puno–Perú*. Revista Científica de Ciencias Ambientales, 15(2), 45–52.
- Quispe, J., Ramos, A., & Vilca, M. (2020). *Contaminación por metales pesados en la laguna Umayo, región Puno*. Revista Peruana de Investigación Ambiental, 10(1), 33–41.
- Jacinto, R., & Salas, M. (2021). *Uso de Eichhornia crassipes en la biorremediación de aguas contaminadas por metales pesados*. Revista de Biotecnología Ambiental, 9(1), 12–19.
- Castillo, M., Vargas, E., & Huamán, R. (2020). *Impacto de la minería informal en cuerpos de agua altoandinos del Perú*. Revista Andina de Ciencias Ambientales, 7(3), 21–29.
- Paredes, J., & Vargas, C. (2021). *Evaluación de la calidad del agua en zonas impactadas por la minería informal en la sierra sur del Perú*. Revista Científica de Ingeniería Ambiental, 11(2), 58–67.
- López, H., Chávez, A., & Rojas, D. (2019). *Contaminación de recursos hídricos por relaves mineros en zonas altoandinas del Perú*. Revista del Instituto de Investigaciones Ambientales, 6(1), 25–34.
- Ramírez, M., & Torres, L. (2022). *Aplicación de bacterias nativas en la biorremediación de aguas contaminadas por metales pesados en el Perú*. Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental, 14(3), 88–97.
- Flores, A., & Medina, C. (2020). *Fitorremediación de aguas contaminadas por metales pesados utilizando especies nativas del Perú*. Revista Agroecológica Andina, 5(2), 41–49.
- Wu, S., Chen, X., & Li, Y. (2018). *Bioremediation of heavy metals by native microbial communities in contaminated lake sediments*. Environmental Science and Pollution Research, 25(18), 17643–17652.