

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO *Amaranthus sp.* PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A – LA LIBERTAD 2020

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERA AMBIENTAL

Autoras:
Leticia Kathia Reyes Perez
Casilda Neiber Villanueva Carranza

Asesor:
M.Sc. Grant I. Llaque Fernandez

Trujillo - Perú
2021



TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	8
CAPITULO II: METODOLOGÍA.....	19
2.1. Tipo de investigación.....	19
2.2. Diseño de investigación.....	19
2.3. Población, muestra y método.....	19
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección.....	21
2.5. Aspectos éticos.....	21
2.6. Método de análisis de datos.....	21
2.7. Procedimiento.....	22
CAPITULO III: RESULTADOS.....	25
3.1. Identificación del área.....	25
3.2. Características del suelo regosol en los géneros <i>Amaranthus</i> , <i>Helianthus</i> y <i>Urtica</i>	25
3.3. Diagnostico en base al D.S N° 011-2017 ECA para suelo.....	28
3.4. Eficiencia de los tres géneros vegetales en la fitoextracción de cadmio.....	29
3.5. Eficiencia de los tres géneros vegetales en la fitoextracción de arsénico.....	30
3.6. Eficiencia de los tres géneros vegetales en la fitoextracción de plomo.....	32
3.7. Propuesta Ambiental.....	34
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	35
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS.....	43
ANEXOS.....	51
FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO AMARANTHUS, PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOSPOR LA MINERA QUIRUVILCA S.A – LA LIBERTAD.....	55
ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	93
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de consistencia	23
Tabla 2. Matriz de Operacionalización de variables	24
Tabla 3. Concentraciones promedio de metales pesados en suelos aledaños a la relavera santa Catalina- Quiruvilca.	25
Tabla 4. Composición mecánica y textura del Regosol.....	25
Tabla 5. Características físico-químicas del Regosol.....	26
Tabla 6. Contenido de materia orgánica y nutriente del Regosol.....	26
Tabla 7. Ventajas de los géneros vegetales respecto al tipo de suelo del área de estudio..	27
Tabla 8. Matriz de comparación de la normativa ECA suelo con las concentraciones iniciales de los trabajos de investigación.....	28
Tabla 9. Eficiencia en remoción de Cadmio.....	29
Tabla 10. Eficiencia en remoción de arsénico	30
Tabla 11. Eficiencia en remoción de plomo	32
Tabla 12. Resumen de Propuesta Ambiental para mejorar la calidad del suelo contaminado con metales pesados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020.....	34
Tabla 13. Trabajos de investigación referentes al tema.....	51
Tabla 14. Coordenadas de ubicación del área de estudio	58
Tabla 15. Ubicación de la estación meteorológica	60
Tabla 16. Registro de Temperatura – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017-2020).	61
Tabla 17. Registros de Precipitación - Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)	62
Tabla 18. Registro de la Velocidad del Viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020).....	63
Tabla 19. Registro de la Dirección del Viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020).....	63
Tabla 20. Registro de humedad relativa – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)	65
Tabla 21. Análisis de fertilidad del suelo	68
Tabla 22. Análisis textural y capacidad total de cambio	68
Tabla 23. Análisis de metales pesados	69
Tabla 24. Cronograma de ejecución de actividades	77

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Tipos de fitorremediación	16
Figura 2. Eficiencia de los géneros vegetales en la fitoextracción de cadmio	29
Figura 3. Eficiencia de los géneros vegetales en Arsénico	31
Figura 4. Eficiencia de los géneros vegetales en plomo.....	33
Figura 5. Comportamiento de la Temperatura – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017-2020).....	62
Figura 6. Comportamiento de la Precipitación – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020) Fuente: SENAMHI.....	62
Figura 7. Comportamiento de la Velocidad – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020).....	63
Figura 8. Dirección del viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)	64
Figura 9. Dirección del viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)	64
Figura 10. Distribución de frecuencia – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)...	65
Figura 11. Comportamiento de la Humedad – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017– 2020).....	66
Figura 12. Diagrama de planificación	74

RESUMEN

La presencia de metales pesados en suelos a causa de la industria minera es una constante que afecta de forma directa e indirecta al ecosistema, principalmente al recurso suelo; ante esta problemática surge la técnica de fitorremediación como alternativa de solución, en tal sentido el objetivo de esta investigación es diseñar una propuesta ambiental de fitoextracción de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) a partir de la comparación de tres géneros vegetales, para la restauración de suelos contaminados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020; el diseño que se aplicó en la investigación fue no experimental longitudinal de tipo descriptiva – propositiva, el cual consistió en la búsqueda, selección y análisis de resultados de los estudios de investigación seleccionados, para luego realizar un diagnóstico en base al D.S N° 011-2017 MINAM-ECA para suelo, además se determinó que los tres géneros son eficientes para la remoción de metales pesados, sin embargo para que la técnica de fitorremediación sea más eficiente no solo depende del tipo de planta si no también influyen diversos factores tales como: clima, tipo de suelo, pH, etc. Por ello, para realizar la propuesta ambiental se optó por el género *Amaranthus*, ya que este se adapta mejor a las condiciones que presenta el lugar donde se implementara la propuesta diseñada.

Palabras claves: Fitoextracción, metales pesados, *Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*.

NOTA DE ACCESO:

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Aguinaga, M. (2019). *Inoculación de hongos micorrícicos orbiculares en Amaranthus sp. y su efecto en la biorremediación de suelo contaminado con plomo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Aimituma, k. y Ferrua, S. (2019). *Potencial Fitorremediador de especie Amaranthus Caudatus como alternativa para suelo contaminado con Plomo y Cromo* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Amones, R & Barja, M. (2019). *Capacidad de acumulación de plomo de las especies adventicias Amaranthus quitensis, Chenopodium ambrosioides y Tagetes minuta en diferentes tipos de suelos* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Junín, Perú.
- Ángeles, M. (2008). *Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada, España.
- Arana, M. (2009). El Caso de Derrame de Mercurio en Choropampa y los Daños a la Salud en la Población Rural Expuesta. *Scielo*, 26 (1), 113-118.
- Badía, D. (2021). ARASOL, programa interactivo para el estudio y clasificación de suelos. Recuperado de: <http://www.suelosdearagon.com/contenido.php?padre=3%7C30&IDContenido=30>
- Bazán, T. & Rojas, D. (2018). *Remoción de metales pesados con Huncus Arcticus y Urtica dioica en un relave minero, distrito Huamachuco - La libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Bernal, A. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos: una visión general. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, Vol. 5, p. 245. <https://doi.org/10.22490/21456453.1340>

- Bolívar, R. (2014). *Tres especies de plantas bioacumuladoras de plomo en asociación con el cultivo de cebolla en suelos agrícolas contaminados con aguas del río Chili en Tiabaya-Arequipa* (tesis de pregrado). Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Arequipa, Perú.
- Bonilla Valencia Sara María (2013). *Estudio para tratamiento de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Compañía Minera Quiruvilca S.A.C (2014). *Primera actualización de plan de cierre de Minas de la unidad Minera Quiruvilca*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/363036594/Actualizacion-Pcm-Quiruvilca-v3>
- Chamorro, L. (2019). *Capacidad fitorremediadora de Amaranthus blitum para remover plomo de relaves mineros de la provincia de Oyon, 2019* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Chaves, L. (2014). *Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Coronel, L., & Mallma, M. (2013). *Factores del conflicto socio ambiental entre empresa doerun y la sociedad civil en la ciudad de la oroya-región Junín* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Cortez, M & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación* (pp. 26-28). Ciudad de Carmen, Campeche, México.
- Cotrina, H., Fonseca, E., Sánchez, L. & Zavaleta, K. (2018). *Influencia del Amaranthus en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por la minería en Shiracmaca – Huamachuco, La Libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Dammert, A. & Molinelli, F. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú, Lima: OSINERGMIN*.

Recuperado de

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro_Panorama_de_la_Mineria_en_el_Peru.pdf

Diaz, M. (2017). *Capacidad de Acumulación de la ortiga (urtica urens) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Elías, J. (10 de julio del 2018). ANA Declara en Emergencia el Río Moche Afectado por Relaves. *La república*. Recuperado de: <https://larepublica.pe/sociedad/1275977-ana-declara-emergencia-rio-moche-afectado-relaves-mineros/>

García, N., Segura, J. y Yaurivilca, A. (2019). Contaminación de los suelos por metales pesados y como actúa la fitorremediación en la CIA minera Atacocha- Cerro de Pasco 2019. Redacción científica y académica.

Gonzales, J. (2010). *Fitorremediación: Una herramienta viable para la descontaminación de agua y suelos* (Tesis de pregrado). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

González (2017). Uso de leguminosas (Fabaceae) en fitorremediación. Definiciones y problemática en la investigación científica en aspectos de fitorremediación de suelos. *Agro productividad*, 10 (4), pp. 58-60. Recuperado de

González, I., López, M., & Romero, A. (2008). Problemática de los Suelos Afectados por la Explotación de Sulfuros. *Revista de la sociedad Española de mineralogía*, V (10), pp.61-75.

Grandez, M. (2017). *Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del Río Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol (helianthus annuus) y maíz (zea mays) usando enmiendas* (Tesis de pre grado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Guerrero, K. (2015). *Fitoextracción de cadmio y plomo utilizando quelite (Amaranthus L.) y cinco agentes quelatantes* (Tesis de grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio

Narro, Coahuila, México.

- Guevara, D., Cruz, N., Rivera, C., & Fuentes, K. (2018). Fitorremediación de suelos contaminados con Mn y Cu a partir de *Ocimum basilicum*. *Revista Latinoamericana El Ambiente y Las Ciencias*, 9(22): 76-89.
- Gutiérrez et al. (2011). Germinación del girasol silvestre (*Helianthus annuus L.*) en presencia de diferentes concentraciones de metales. *Rev. Lattiinoam Biiottecnoll Amb Allgall*, 2(1), 49-56.
- INGEMMET (2020). *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico*. Recuperado de: <https://www.ingemmet.gob.pe/>
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Labra, S. (2018). *Fitoextracción con Helianthus annuus L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- León, V. (2017). *Capacidad fitorremediadora de especies alto andinas para suelos contaminados por metales pesados procedentes de la compañía minera Lincuna SAC, en condiciones de invernadero, 2015-2016* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo, Huaraz, Perú.
- Lizarbe, K. & Rivera, Y. (2013). *Optimización del crecimiento del Helianthus Annhus L (Girasol) para la fitoextracción de plomo, zinc y cadmio de relaves minero artesanal del caserío de Zarumilla, Patáz* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Llanos, C. (2017). *Capacidad fitoextractora de Amaranthus L. y micorrizas en suelos contaminados con metales pesados, Sector Shorey, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.

- Marcel, J. (2017). *Capacidad fitorremediadora de Urtica urens L. en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad* (Tesis de pre grado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- 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* (Tesis de pre grado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Mogollón, C., Parrilla, Y., Soter, P. & Valderrama, D. (2018). *Remoción de metales pesados con Urtica urens L. en suelos contaminados del distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, La libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Montenegro, G. (2018). *Reunión con los Representantes de los Trabajadores de la Compañía Minera S.A.* (pp. 20,21). Lima. Recuperado de: [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/MesaDirectiva/sipfr2011.nsf/D3C3B68A3EAFEF5E052582490077C80E/\\$FILE/MontenegroFiguroa_ENE2018.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/MesaDirectiva/sipfr2011.nsf/D3C3B68A3EAFEF5E052582490077C80E/$FILE/MontenegroFiguroa_ENE2018.pdf)
- Munive, R. (2018). *Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el Valle del Mantaro mediante compost de Stevia y fitorremediación* (Tesis doctoral). Universidad Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Ochoa, S & Molina, A. (2018, 19 de Septiembre). Estadística. Tipos de variables. Escalas de medida. Recuperado de https://evidenciasenpediatria.es/files/41-13363-RUTA/Fundamentos_29.pdf
- Ortiz, H., Trejo, R., Valdez, R., Arreola, J., Flores, A., & López, B. (2009). Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus L.*) y micorrizas. *Revista Chapingo Serie Horticultura. Scielo*, XV (2), 161–168.
- Paiva, G. (2012). *Fitorremediación De Suelos Contaminados Con Plomo Utilizando Amaranthus Spinosus – Amaranthaceae en el Cusco del 2012* (Tesis doctoral).

Universidad Católica De Santa María del Perú, Arequipa, Perú.

- Papuico, K. (2018). *Técnica de fitorremediación en la extracción de metales pesados con la planta yaluzai (senecio rudbeckiaefolius) en la relavera de Quiulacocha del distrito de Simón Bolívar de Rancas* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Daniel Alcides, Pasco, Perú.
- Peña, F. & Beltrán, E. (2019). Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la Estación Experimental El Mantaro. *Prospectiva Universitaria*, 9(1), 31-45. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2012.9.34>.
- Peña, I. (2019). *Evaluación De La Capacidad De Absorción Del Helianthus Annuus, Como Agente Fitorremediador De Suelos Contaminados Con Plomo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú.
- Pérez, M. (2012, 13 de Diciembre). “*Amaranthus hybridus*” Obtenido de <http://www.botanicayjardines.com/amaranthus-hybridus/>
- Pomboza, P., Quisintuña, L., Dávila, M., Llopis, C., Vásquez, C. (2016). Hábitats y usos tradicionales de especies de *Urtica* l. en la cuenca alta del Rio Ambato, Tungurahua-Ecuador. *J Selva Andina Biosph.*2016; 4(2):48-58.
- Reategui, L y Reategui, C, (2018). *Capacidad de absorción del Helianthus Annuus en suelos agrícolas contaminados con cadmio* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Callao, Lima, Perú.
- Rodrigo, D. (2018). *Capacidad fitorremediadora de la especie Helianthus annuus mediante la incorporación de enmiendas a suelos contaminados por metales pesados (Plomo, Cromo) de Industrias Metalmecánicas* (Tesis de Licenciatura). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Rodríguez, N., McLaughlin, M. & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una*

realidad oculta. Roma. Lead del pennock.

Romero, K. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica SCEM*, 12(1), 45-46.

Rumaldo, M. (2019). *Descontaminación de Suelos con plomo usando Urtica urens y Fuertesimalva echinata Fertilizada con gallinaza en el Callao* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Sabino, C. (2014). *El proceso de investigación.* Guatemala, Episteme.

Salas, J. (2014). *Optimización de la separación Pb - Cu a base de CNNa en planta concentradora compañía minera Quiruvilca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional san Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

SENAMHI (2020). *El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.* Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/>

Tello, L. (2018). *Eficiencia del Amaranthus caudatus como fitoextractor del plomo en suelos contaminados de los grandes parques de Lima Metropolitana* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Ticona, C. (2019). *Análisis de estabilidad física para el cierre definitivo del depósito de relaves santa catalina - mina Quiruvilca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

Trigoso, D. (2017). *Reducción de cadmio en suelos contaminados a través de Amaranthus Hybridus y Micorrizas Arbusculares en la Región Huánuco, 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Valencia, G. (2017). *Fitorremediación por Helianthus annuus. L en la disminución de cobre en los suelos mineros de cuculí para uso agrícola* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

- Yacolca, M. (2017). *Capacidad fitorremediadora de la ortiga (Urtica urens) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-Cerro de Pasco 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Yauri, C. (2014). *Estudio de técnicas electroquímicas para la remediación de suelos* (Tesis Licenciado en Química). UNI, Lima, Perú.