

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Capacidad Fitorremediadora de plantas metalofitas (*Fuertesimalva echinata*, *Urtica Urens* y *Stipa Ichu*) en suelos contaminados por Pb, Cu y Zn

Por:

Keren Abigail Prieto Mostacero
Luzmila Hellen Fernandez Lamberto

Asesor:

Ing. Nancy Curasi Rafael

Lima, julio de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

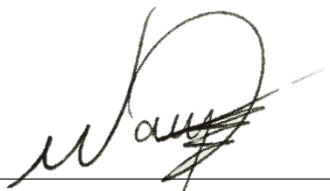
Ing. Nancy Curasi Rafael, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “**Capacidad Fitorremediadora de plantas metalofitas (*Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Stipa ichu*) en suelos contaminados por Pb, Cu y Zn**” constituye la memoria que presenta las **Estudiantes Keren Abigail Prieto Mostacero y Luzmila Hellen Fernandez Lamberto** para aspirar al Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima a los 20 días de agosto del año 2020



Ing. Nancy Curasi Rafael

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Naña, Villa Unión, a.....30..... día(s) del mes de..... julio..... del año..2020.. siendo las....16:30.. horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

.....PhD. Leonor Segunda Bustinza Cabala....., el(la) secretario(a):

..... Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas..... y los demás miembros:

.....Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio, Mg. Ronald Hugo Rosales Meza.....

.....y el(la) asesor(a) Ing. Nancy Curasi Rafael

.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: Capacidad Fitorremediadora de plantas metalofitas (*Fuertsimalva echinata*,

Urtica Urens y *Stipa Ichu*) en suelos contaminados por Pb, Cu y Zn.....

.....

.....

.....de los (las) egresados (as): a) Luzmila Hellen Fernandez Lamberto.....

..... b) Keren Abigail Prieto Mostacero.....

.....conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

.....Ingeniería Ambiental.....

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando..... a 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..... 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:

Candidato/a (a): Luzmila Hellen Fernandez Lamberto.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	Bueno	Muy Bueno

Candidato/a (b): Keren Abigail Prieto Mostacero.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	16	B	Bueno	Muy Bueno

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó..... a 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.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Capacidad Fitorremediadora de plantas metalofitas (*Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Stipa ichu*) en suelos contaminados por Pb, Cu y Zn.

PHYTOREMEDIATION CAPACITY OF METALLOPHYTE PLANTS (*Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* AND *Stipa ichu*) IN SOILS CONTAMINATED BY Pb, Cu AND Zn.

Keren Abigail Prieto Mostacero¹ Luzmila Hellen Fernandez Lamberto²

*Universidad Peruana Unión (UPeU) Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería y
Arquitectura, Carretera Central Km.19.5 Ñaña-Chosica*

Resumen

En el Perú, la minería es considerada una de las actividades más lucrativas, generando pasivos ambientales, donde se encuentran metales pesados con potencial dañino al ambiente, debido a su facilidad de acumularse en los suelos y persistencia en el ambiente. Este artículo presenta una revisión de estudios acerca de la capacidad fitorremediadora de plantas metalofitas (*Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Stipa ichu*) en suelos contaminados por Pb, Cu y Zn. La fitorremediación es una de las alternativas de solución usada frente a algunos problemas ambientales, ya que tiene bajo costo, considerándose una alternativa sostenible y segura con el medio ambiente. En conclusión, el análisis de los artículos demuestra que la *fuertesimalva echinata* fue la que más plomo acumuló con una eficiencia del 70.8%, mientras que la *Urtica urens* acumuló más cobre con una eficiencia del 49.58% y la *Stipa Ichu* mostró mayor eficiencia para acumular zinc con un 62.2%.

Palabras Claves: Fitorremediación, plantas Metalofitas, *fuertesimalva echinata*, *urtica urens* y *stipa ichu*.

Abstract

In Peru, mining is considered one of the most lucrative activities, generating environmental liabilities, where heavy metals with damaging potential to the environment are found, due to their ease of accumulating in the soil and persistence in the environment. This article presents a review of studies on the phytoremediation capacity of metallophyte plants (*Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* and *Stipa ichu*) in soils contaminated by Pb, Cu and Zn. Phytoremediation is one of the alternative solutions used in the face of some environmental problems, since it has a low cost, considering it a sustainable and environmentally safe alternative. In conclusion, the analysis of the articles shows that the strong marsh *echinata* was the one that accumulated the most lead with an efficiency of 70.8%, while the *Urtica urens* accumulated more copper with an efficiency of 49.58% and the *Stipa Ichu* showed greater efficiency to accumulate zinc. with 62.2%.

Keywords: Phytoremediation, metallophytic plants, *fuertesimalva echinata*, *urtica urens* and *stipa ichu*.

1. Introducción

El suelo se puede describir como la capa no consolidada que se encuentra en la parte superior de la corteza terrestre, este se origina a partir de la intemperie de las rocas y seres vivos, tanto por influencia natural y antropológica, este posee propiedades que contribuyen al soporte de la vida en general y equilibrio de los ecosistemas (Dextre, 2017; Velasco & Minota, 2012). Sin embargo, en los últimos años se ha observado reducción, degradación y presencia de diferentes contaminantes provenientes principalmente del desarrollo tecnológico, actividades industriales, crecimiento poblacional y urbano (Marrero et al., 2012). Actualmente, la actividad minera es considerada uno de los focos más contaminantes debido a que estos liberaran diferentes tipos de metales a medio ambiente, muchos de ellos tóxicos (Pb, Cu, Zn) inclusive a bajas concentraciones (Munive et al., 2018; Chávez, 2014).

Según Becerril et al. (2007), afirma que:

Una de las consecuencias más negativas de la revolución industrial ha sido la dispersión de los contaminantes en el agua, atmósfera y suelo. De éstos, el suelo es el medio más estático, donde los contaminantes pueden permanecer durante mucho tiempo. Esta permanencia a largo plazo es especialmente grave en el caso de contaminantes inorgánicos como los metales pesados, que no pueden ser degradados.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el plomo (Pb) trae consecuencias graves a la salud tales como, afección al cerebro (retraso mental o trastornos del comportamiento), al sistema nervioso y al medio ambiente (OMS, 2019). El Pb no tiene ningún efecto beneficioso en nuestro organismo, por lo que se puede considerar como una principal amenaza ya que perjudica a las plantas y animales (Dextre, 2017). Otro de los elementos que pueden causar daños en la salud es el cobre. Este es un elemento esencial en los organismos vivos y se sitúa en los tejidos del cuerpo humano, excretas, cabello, uñas y en la sangre, así también en el agua que bebemos. Por otro lado, el consumo excesivo de éste ocasiona consecuencias terribles en el organismo, como daños en el hígado y el riñón, sin embargo, lo más frecuente son los trastornos gastrointestinales, presentando síntomas como dolor abdominal, vómitos y náuseas al consumir bebidas que contiene una elevada concentración de cobre (Chagua & Tardío, 2015).

En el Perú, la minería es considerada una de las actividades más lucrativas, y de acuerdo al Ministerio de Energía y Minas (MEM) existen 7000 pasivos ambientales como consecuencia de las actividades mineras, las cuales hasta ahora tienen influencia sobre el medio ambiente. Entre los metales más explotados se encuentran el Cobre, Zinc, Plata, Plomo, Estaño, Oro, Acero y Hierro, muchos de ellos tóxicos inclusive a bajas concentraciones. Los metales incorporados al suelo por actividades mineras o por otras actividades, usualmente pueden quedar retenidos, ser disueltos; ser absorbidos por las plantas y/o incorporarse a las cadenas tróficas (Peña & Beltrán, 2017).

Dentro de los estudios llevados a cabo se han demostrado que la fitorremediación es una gran propuesta de solución para la limpieza de sitios contaminados por la variedad de metales que existen después de un proceso de minería, por otro lado, la fitorremediación tiene algunas limitaciones (Peña & Beltrán, 2017).

Actualmente para la remediación de suelos contaminados por metales pesados existen diferentes tecnologías, estas generalmente recurren al uso de plantas metalofitas las cuales tienen la capacidad de absorber metales pesados e incorporarlos en algunos órganos sin perjudicar la fisiología de la planta, además, estas plantas tienen una gran habilidad de supervivencia (Vega, 2017), siendo una buena opción para la fitorrestauración y fitorremediación de los suelos contaminados por metales pesados y volverlos inocuos para el medio ambiente (Jara et al., 2014). El objetivo de este artículo fue realizar una revisión de estudios acerca de la capacidad fitorremediadora de plantas metalofitas (*Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Stipa ichu*) en suelos contaminados por Pb,Cu y Zn.

2. Desarrollo o Revisión

2.1. Fitorremediación con plantas metalofitas

Son aquellas que desarrollaron mecanismos fisiológicos con el fin de tolerar, sobrevivir y resistir en el proceso de su crecimiento en los suelos contaminados por metales pesados, estas especies pueden reducir la absorción de los metales, transferirlos a las hojas o absorberlo, acumulando en su biomasa aérea (Jara et al., 2014)

La fitorremediación es uno de los métodos de biorremediación utilizados para remediar suelos contaminados. La ventaja de este método es su rentabilidad y la posibilidad de utilizarlo a gran escala. Fitorremediación se refiere a una variedad de métodos que aplican plantas verdes para eliminar la contaminación del suelo y el agua o incluso desde el aire (Hassani et al., 2015).

Zapata (2019), entre las ventajas que presentan estas técnicas de fitorremediación destacan las siguientes:

- Gasto financiero de bajo costo en la utilización.
- Es una tecnología sostenible.
- Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos.
- Permiten su aplicación, tanto en suelos como en aguas.
- Impacto regenerativo, evita una ruptura crítica del suelo y preserva el ecosistema, por lo tanto, mejora sus propiedades físicas y químicas debido a que se forma una cubierta vegetal.
- Es poco perjudicial para el ambiente.
- Metodología con alta probabilidad de aceptación pública, ya que es estéticamente agradable.
- Los metales absorbidos por las plantas, pueden ser extraídos de la biomasa como recursos para después ser reciclados.
- En algunas ocasiones no produce contaminantes secundarios por lo que no hay

necesidad de ubicar lugares para los desechos.

La fitorremediación muestra una serie de limitaciones, como las que se muestran a continuación:

- Proceso de recuperación relativamente lento en especies como los árboles o arbustos.
- Algunas plantas no tienen la capacidad de ser tolerantes o acumuladoras.
- Cuando la fitorremediación se aplica en fuentes acuáticas, esta contribuye a la diseminación de plagas como son los mosquitos.
- Aquellos contaminantes que son acumulados en maderas pueden liberarse por procesos de combustión.
- Algunas especies pueden absorber muchos metales venenosos, lo que implica un riesgo potencial en la cadena alimenticia.

Tabla 1
Tipos de Fitorremediación

Ventajas	Limitaciones
Fitoextracción	
Consiste en emplear plantas hiperacumuladoras, que tienen la capacidad de extracción de metales pesados presentes en el suelo.	
La planta puede ser capaz de producir biomasa en gran cantidad durante un corto periodo de tiempo.	Las plantas hiperacumuladoras de metales suelen ser de crecimiento lento, poco bioproductivas y con sistema radicular somero.
Fitodegradación	
Este consiste en degradar los contaminantes orgánicos en productos inofensivos, o bien, mineralizarlos hasta CO ₂ y H ₂ O.	
Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes	Profundidad efectiva escasa (< 0,6 m), densidad enraizamiento. Riesgo de entrada de contaminantes en la cadena trófica.
Fitoestabilización	
Consiste en la utilización de plantas metalófitas endémicas/nativas y de mejoradores de sustrato adecuados para la estabilización física y química de sustratos ricos en metales.	

Hace innecesaria la excavación / eliminación del suelo, tiene un menor costo y es menos agresiva. Mejora las posibilidades de restauración del ecosistema.

A menudo requiere fertilización o modificación del suelo. Requiere mantenimiento del suelo a largo plazo, para evitar la formación de lixiviados.

Fitovolatilización

Este consiste en la extracción del contaminante del suelo por la planta y la emisión a la atmósfera a través de su sistema metabólico.

Transforma los contaminantes (metales pesados u otros) en formas menos tóxicas.

Puede haber la posibilidad que el contaminante o un derivado tóxico se acumule en la vegetación, pasando a frutos o partes comestibles.

Fitofiltración / rizofiltración

Consiste en la utilización de plantas terrestres y acuáticas para absorber, concentrar, y precipitar contaminantes de medios acuáticos.

Puede ser realizadas “in situ” o “ex situ”, y es aplicable tanto en sistemas terrestres como acuáticos.

Una limitación muy importante es el Ph, ya que debe controlarse continuamente para optimizar la captación del metal. Es necesario controlar procesos de especiación e interacciones entre especies que puedan darse en el medio donde sea aplicado. Funciona como un biorreactor, y requiere mantenimiento intensivo.

Fuente: (Arce, 2017)

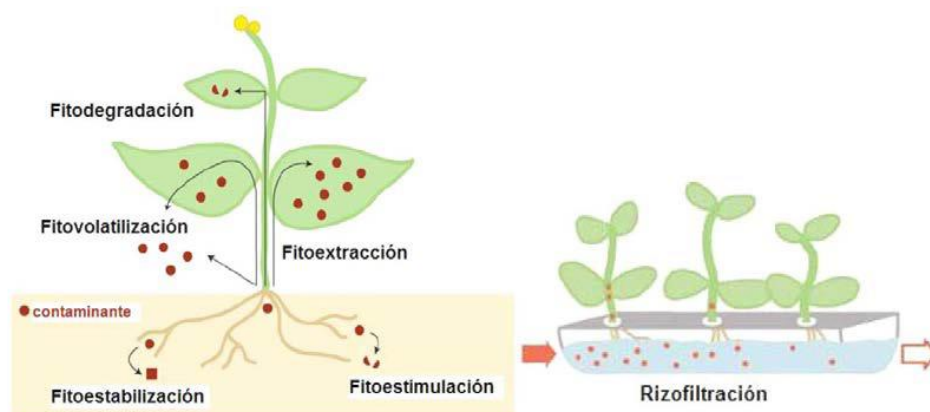


Figura 1 Representación esquemática de los distintos tipos de fitorremediación
Fuente: (Bayón, 2015)

Actualmente el Perú enfrenta problemas ambientales, debido a la economía, por lo que no le permite aplicar buenos controles ambientales a comparación de los países desarrollados, sin embargo, por la preocupación de la población existen proyectos no tan costosos para remediar los suelos, todo esto llevado a cabo con un previo análisis (Zapata, 2019).

2.2. Fitorremediación con *Fuertesimalva echinata*

La *fuertesimalva echinata* es una planta endémica del Perú y Bolivia que suele encontrarse en la parte altoandina, esta planta tiende a retener los contaminantes en sus raíces, reduciendo el transporte a las vías aéreas. Además, se caracteriza por encontrarse en las partes alto andinas del Perú, esta especie es denominada como posible especie hiperacumuladora, (Ríos, 2017).

Según Ríos (2017), realizaron una investigación para determinar la reducción del Plomo en suelos contaminados con metales pesados utilizando la planta fitorremediadora *fuertesimalva echinata*, para lo cual se tomaron 15 puntos de muestreo en las proximidades de la carretera Canta en el Km 68, recolectando 3kg de muestra de suelo, los cuales fueron distribuidos uniformemente en 9 macetas y luego procedieron a transplantar la *fuertesimalva echinata* en las macetas, la concentración inicial del plomo fue de 402.8 mg/kg. El tratamiento se hizo con 28, 49 y 70 días de exposición con la planta, para determinar en qué tiempo, sería más efectiva, siendo el de 70 días el más efectivo. Al finalizar cada día de tratamiento fueron analizados mediante comparaciones de las concentraciones iniciales y finales, determinando la eficiencia de la *fuertesimalva echinata* a un 68% de reducción de plomo.

2.3. Fitorremediación con *Urtica urens*

Según Pomboza et al., (2016), la *Urtica urens* crece en suelos arcillosos y arenosos además crece en altitudes que se encuentran entre 2700 a 3400 msnm, esta planta ha desarrollado mecanismos biológicos que le permite sobrevivir en suelos ricos en metales, estos metales pueden presentar naturalmente o a causa de actividades antropogénicas como la extracción de metales pesados por la minería.

Según Díaz (2017), realizó una investigación experimental para determinar si la *Urtica urens* posee la capacidad de acumular plomo en sus tejidos para fitorremediar los suelos contaminados por este metal. Las muestras de suelo fueron extraídas de los alrededores de la fundición de la Doe Run. Para esta investigación extrajeron muestras de 5 puntos y colocaron este suelo contaminado a 5 macetas agregándole una planta a cada una. Al pasar dos meses la *Urtica urens* logró acumular 109.46 mg/kg de plomo tanto en hojas como en raíces teniendo un nivel de eficiencia de un 10% del plomo inicial. En sus raíces acumuló 25.06 mg/kg y en sus hojas fue de 84.34 mg/kg disminuyendo el plomo inicial presente en el suelo.

2.4. Fitorremediación con *Stipa Ichu*

El *Stipa ichu* es un pasto del altiplano andino sudamericano que permanece seca la mayor parte del año (Atahuachi & Carcausto, 2018). Conocida comúnmente como Ichu, es un pasto que crece en la altura, el cual sirve como alimento de animales de pastoreo. Al estar en zonas altoandinas también está sometida a climas extremos y suelos con cargas metálicas altas lo cual hace que sea un buen candidato para un estudio de fitorremediación, como también para evaluar los niveles de concentración de metales pesados acumulados en los segmentos analizados (Diaz & Peralta, 2017).

Según Picoy (2016), *Stipa ichu* es una especie que se adapta fácilmente a los suelos contaminados y muy resistente a los metales pesados ya que siempre se encuentran en suelos metalíferos.

Para esta investigación se seleccionaron puntos de análisis considerando un muestreo probabilístico de tipo intencionado en el suelo de la Laguna de Yanamate en la provincia de Pasco. Se procedió a tomar 3 muestras de *Stipa ichu* y realizarle un análisis químico, obteniéndose como resultado la concentración de zinc de 131 ppm, de plomo 0.12 ppm y de cobre 2.99 ppm, todas estas en sus hojas, obteniendo los siguientes porcentajes de eficiencia para Zinc 62.2%, para Cobre 5% , sin embargo para Plomo solo se obtuvo la cantidad de concentración que acumuló la planta (Picoy, 2016).

2.5. Resultados de estudios realizados con diferentes plantas metalofitas

Tabla 2

Estudios realizados con diferentes plantas metalofitas, con sus respectivos porcentajes de acumulación de metales pesados

Autores	Títulos	Planta Fitorremediadora	Metal	Condiciones Operacionales			Concentración Inicial ($mg\ kg^{-1}$)	Concentración Final ($mg\ kg^{-1}$)	Acumulación ($mg\ kg^{-1}$)	Acumulación en las Plantas (%)
				T°C	P H	Tiempo de Tratamiento (meses)				
(Jara, Gómez, Montoya, Chanco, Mariano, Cano, 2014)	Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados	<i>Fuertesima lva echinata</i>	Pb	13 a 29	6.72	12	2846.0	830.9	2015.1	70.8%
			Zn				3780.0	2755.8	1024.2	27%
		<i>Urtica urens</i>	Pb				2846.0	1991.5	854.5	30%
			Zn				3780.0	3327.2	452.8	11.9%
(Díaz, 2017)	Capacidad de Acumulación de la ortiga (<i>urtica urens</i>) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017	<i>Urtica urens</i>	Pb	18 a 27	6 a 8	2	1119, 51	1010,05	109.46	10%

(Marcelo, 2017)	Capacidad fitorremediadora de <i>Urtica urens</i> L. en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad	<i>Urtica urens</i>	Cu	-	5.23	3.16	151.9	76.43	75.47	49.68%
(Picoy, 2016)	Tratamiento de la contaminación de los suelos de la Laguna de Yanamate empleando la tecnología de la Fitorremediación 2016	<i>Stipa Ichu</i>	Pb				-	-	0.12	-
			Zn	11.4	5.25 a 6.9	6	210.5	79.5	131	62.2%
			Cu				58.9	55.91	2.99	5%
(Ríos, 2017)	Comparación de las Eficiencias Fitorremediadoras de las especies <i>Lolium perenne</i> , <i>Pelargonium hortorum</i> y <i>Fuertesimalva echinata</i> en la reducción de la Concentración de Plomo en suelos agrícolas del Distrito de Huamantanga, 2017”	<i>Fuertesimalva echinata</i>	Pb	-	7.81	3	402,8	115,20	287.6	68 %

En la Tabla 2 se describen los estudios realizados, considerando las condiciones operacionales, el tipo de planta, así como también las concentraciones de los metales pesados inicialmente en el suelo y las concentraciones finales acumuladas en las plantas. En el caso del porcentaje de acumulación se usó la siguiente ecuación.

$$EF (\%) = \frac{CI - CF}{CI} \times 100$$

Figura 2 Fórmula de la Eficiencia

Fuente: Díaz (2017)

Discusión

- ✓ De acuerdo a los estudios revisados muestran diferentes porcentajes de eficiencia para cada planta y para cada metal. La Tabla 2 muestra que la *Fuertesimalva echinata* según Jara et al., (2014) & Ríos (2017) tienen mayor capacidad de acumular plomo. Jara et al. (2014) indica que utilizó cinco especies de plantas para remover metales pesados, entre estos se encuentran Plomo y Zinc, siendo la *Fuertesimalva echinata* una de las más efectivas, teniendo como eficiencia para el plomo 70.8%. Sin embargo, para Zinc el porcentaje fue menor de 27% donde podemos deducir que esta planta es más efectiva para remover el Plomo en comparación con los demás metales pesados y que también influye el tiempo de tratamiento que se da para cada muestra.
- ✓ En segundo lugar, tenemos a la *Urtica Urens*, obteniendo resultados variados, para Jara et al., 2014 esta planta tiene un porcentaje de acumulación del 11.9% para el Zinc y 30% para el Plomo, lo que contrasta con Díaz (2017) quien indica en su investigación realizada que la *Urtica Urens* para el plomo tiene un menor porcentaje de acumulación, siendo este el 10%, sin embargo este autor recalca que la planta debe permanecer más tiempo para acumular más plomo. Además, Marcelo (2017) muestra que esta planta no solo tiene la capacidad de acumular plomo, sino también de acumular Cobre, obteniendo un porcentaje de acumulación del 49.58%, mostrando que la *Urtica Urens* es más efectiva para acumular Cobre de acuerdo a la revisión realizada.
- ✓ Según estudios realizados referentes a la planta *Stipa Ichu*, muestran que tiene capacidad de acumulación de metales pesados, de acuerdo con Picoy (2016) este pasto muestra mayor eficiencia acumulado Zinc con un 62.2% de porcentaje a comparación de otros metales, siendo una de las mejores opciones para fitorremediar suelos contaminados con Zinc. Además, en este estudio nos indica que para el cobre solo tiene 5% de eficiencia, en el caso del Plomo, este pasto no tiene mucha eficiencia por lo que no fue necesario colocar el porcentaje acumulado ya que no hubo una acumulación considerada.
- ✓ Cabe resaltar que los estudios revisados tienen diferentes metodologías de tratamiento para cada planta y para cada metal, sin embargo, nos sirve de referencia para estudios posteriores.

Conclusiones

El tiempo de tratamiento influye en la capacidad de acumulación de metales pesados de las plantas metalofitas (*fuertesimalva echinata*, *urtica urens* y *stipa ichu*). Por lo tanto, se puede determinar que hasta que una planta metalófita alcance su etapa de maduración será más óptima y eficiente la fitorremediación.

Por otro lado, de acuerdo a los artículos analizados la *fuertesimalva echinata* fue la que más plomo acumuló con una eficiencia del 70.8%.

La *Urtica urens* fue la que más cobre acumuló con una eficiencia del 49.58%. Dando a entender que para la fitorremediación del cobre sería esta planta una de las mejores opciones.

La planta *Stipa Ichu* solo muestra mayor eficiencia en la fitorremediación de suelos contaminados por zinc con una acumulación de 62.2%.

Referencias Bibliográficas

- Arce, S. S. N. (2017). Suelos contaminados con plomo en la ciudad de La Oroya - Junín y su impacto en la calidad del agua del río Mantaro. *Repositorio de Tesis - UNMSM*, 109. Retrieved from <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/6718>
- Atahuachi, G., & Carcausto, Y. (2018). *AISLANTE TERMOACÚSTICO A BASE DE STIPA ICHU PARA ATENUAR EL RUIDO Y CAMBIOS DRÁSTICOS DE TEMPERATURA EN VIVIENDAS DE SECTORES EN EXPANSIÓN URBANA DE LA CIUDAD DE PUNO TESIS*.
- Bayón, S. (2015). Aplicación de la fitorremediación a suelos contaminados por metales pesados. *Departamento de Edafología*, 23.
- Becerril, J. M., Barrutia, O., Plazaola, J. I. G., Hernández, A., Olano, J. M., & Garbisu, C. (2007). *Especies nativas de suelos contaminados por metales : aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación*. 16(2), 50–55.
- Chagua, R., & Tardío, J. (2015). Universidad Nacional Del Centro Del Perú.
- Dextre, A. (2017). *Acumulación de metales pesados en Senecio rufescens DC . en dos lagunas altoandinas de las regiones de Lima y Junín , Perú*. 99.
- Díaz, L., & Peralta, L. (2017). “ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE ACUMULACIÓN PARA CADMIO Y PLOMO DE *Scirpus californicus* (Tatora) Y *Stypa ichu* (Ichu) BAJO CONDICIONES HIDROPÓNICAS. Retrieved from <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6412/42.0152.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, M. (2017). Capacidad De Acumulación De La Ortiga (*Urtica Urens*) Para La Fitorremediación De Suelos Contaminados Con Plomo En La Oroya, Junín, 2017.
- Hassani, A., Nouri, J., Mehregan, I., Moattar, F., & Sadeghi, M. (2015). *Phytoremediation of Soils Contaminated with Heavy Metals Resulting from Acidic Sludge of Eshtehard Industrial Town using Native Pasture Plants*. 5(2), 87–94.
- Jara, E., Gómez, J., Montoya, H., Chanco, M., Mariano, M., & Cano, N. (2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista Peruana de Biología*, 21(October), 145–154.
- Marcelo, J. (2017). *Capacidad fitorremediadora de Urtica urens L. en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad*. Universidad César Vallejo.
- Marrero, J., Amores, I., & Coto, O. (2012). Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. *ICIDCA : Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 46(3), 52–61.
- Munive, R., Loli, O., Azabache, A., & Gamarra, G. (2018). Phytoremediation with corn (*Zea mays* L.) and Stevia compost on soils degraded by contamination with heavy metals. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 551–560. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.11>
- OMS. (2019). Intoxicación por plomo y salud.
- Peña, F., & Beltrán, M. (2017). 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. <https://doi.org/10.26490/uncp.1990-7044.2012.1.291>

- Picoy, J. (2016). *TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACION DE LOS SUELOS DE LA LAGUNA DE YANAMATE EMPLEANDO LA TECNOLOGIA DE LA FITORREMEDIACION 2016*.
- 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 Río Ambato, Tungurahua-Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 48–58.
- Ríos, A. (2017). “Comparación de las eficiencias fitorremediadoras de las especies *Lolium Perenne*, *Pelargonium Hortorum* Y *Fuertesimalva Echinata* en la reducción de la concentración de plomo en suelos agrícolas del distrito de Huamantanga, 2017.”
- Vega, E. (2017). *Capacidad de fitoacumulación de Zinc (Zn) y Plomo (Pb) utilizando las especies de chocho silvestre (Lupinus tomentosus) y llantén (Plantago mayor) del relave de la planta concentradora de minerales “Santa Rosa de Jangas”; Huaraz – Ancash – 2017*. Retrieved from <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2445>
- Velasco, A., & Minota, Y. (2012). EVALUACIÓN POR CONTAMINACIÓN EN SUELOS ALEDAÑOS A LOS CEMENTERIOS JARDINES DEL RECUERDO E INMACULADA. *Ciencias E Ingenieria Neogranadina*, 13(contaminacion del suelo), 165–175. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0124-81702012000100011
- Zapata, J. (2019). *Contenido de metales pesados en vegetación alrededor de una mina cerrada en la región Piura*. Retrieved from <https://www.google.com/search?q=efectos+toxicos+sobre+la+flora+y+fauna+en+piura+peru&tbm=isch&source=univ&sa=X&ved=2ahUKEwj74XcmablAhXLslkKHTKyAhwQsAR6BAgJEA>