

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



*Una Institución Adventista*

**Eficiencia de la CAIOPHORA CIRSIIFOLIA C. PRESL en la  
fitorremediación y la acumulación de plomo en suelos  
contaminados por actividad minera.**

Por:

Katerine Giomara Soto Caso

Asesor:

Lic. Gina Marita Tito Tolentino

**Lima, diciembre de 2019**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN


Lic. Gina Marita Tito Tolentino, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “**Eficiencia de la *CAIOPHORA CIRSIIFOLIA C. PRESL* en la fitorremediación y la acumulación de plomo en suelos contaminados por actividad minera**” constituye la memoria que presenta la estudiante Katerine Giomara Soto Caso para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, 2 de diciembre del 2019



---

Lic. Gina Marita Tito Tolentino

Eficiencia de la CAIOPHORA CIRSIIFOLIA C. PRESL en la fitorremediación y la acumulación de plomo en suelos contaminados por actividad minera.

# TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentada para optar el grado de bachiller de Ingeniería Ambiental

## JURADO CALIFICADOR



Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas  
Presidente



Ing. Orlando Alán Poma Porras  
Secretario



Ing. Nancy Curasi Rafael  
vocal



Mg. David Andres Sumire Qquenta  
vocal



Lic. Gina Marita Tito Tolentino  
Asesora

Lima, 02 de diciembre del 2019

# **Eficiencia de la CAIOPHORA CIRSIIFOLIA C. PRESL en la fitorremediación y la acumulación de plomo en suelos contaminados por actividad minera.**

## **EFFICIENCY OF CAIOPHORA CIRSIIFOLIA C. PRESL IN PHYTOREMEDIATION AND LEAD ACCUMULATION OF CONTAMINATED SOILS DUE TO MINING ACTIVITY.**

KATERINE GIOMARA SOTO CASO <sup>a</sup>

Recibido: 28 octubre de 2019/ Aceptado:

<sup>a</sup>*EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión*

### **Resumen**

La presente investigación tiene como objetivo revisar las aplicaciones de la fitorremediación y su aporte en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible. Se realizó un estudio descriptivo de las diversas investigaciones aplicando la fitorremediación como método de extracción de metales pesados, se evaluó las plantas, cuanto fue su aporte y el resultado de la extracción (raíz, tallo y hoja), la metodología de muestreo empleada en las investigaciones nacionales fue la recomendada por la EPA (Environmental Protection Agency) y la de cuantificación de plomo por la Espectrofotometría de absorción Atómica, posteriormente se especificó el resultado de remoción y acumulación de las plantas. Se pudo identificar la relación de una flora nativa con la toxicidad de los metales, se considera que las plantas nativas se adaptan mejor con el tiempo a los niveles de metales localmente posicionados; este método sustentable, poco perjudicial con el medio ambiente, estéticamente agradable y versátil en remoción de varios metales pesados, se determina como una respuesta a los problemas medio ambientales.

Palabras clave: metales pesados; acumulación; fitorremediación; contaminación

### **Abstract**

Anthropogenic activities and industrialization have expanded the concentration of metals in the environment, this has become a serious problem in the world, due to the disturbances of natural biogeochemical cycles. The objective of the work is to review the applications of phytoremediation and its contribution in the fulfillment of the objectives of sustainable development, a descriptive study of investigations was applied applying phytoremediation as a method of extracting heavy metals and the plants used were evaluated, how much was contribution and the result of extraction. It was possible to identify the relationship in the case of a native flora with the toxicity of the metals, since it is considered that the native plants adapt better over time to the levels of locally positioned metals.

Key words: heavy metals; accumulation; phytoremediation; pollution.

Autor de correspondencia:

Universidad Peruana Unión. Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima

Tel.: 926144210 E-mail:

katerinesoto@upeu.edu.pe

## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente enfrentamos un problema de contaminación por descarga de metales pesados en el ambiente, por actividad minera esto trae consecuencia de altas concentraciones de metales pesados en el suelo; estas deben ser manejadas por métodos o procesos para su restauración puesto que esto genera riesgos a los seres vivos que se

alimenta de produce el suelo y a su vez a la salud de la población (Rodrigo & Bonilla, 1973).

En el pasado la minería en nuestro país no se encargaba de los pasivos que dejaba en el cierre de la empresa y esto desencadenaba problemas de salud a la población cercana. Según el MEM (Ministerio de Energía y Minas) se calculó un promedio de 7000 zonas donde se encontraron pasivos en su mayoría se ubicaba en la sierra del Perú, uno de los más representativos en el caso de la Oroya y su elevada contaminación por plomo que llevo a una batalla legal internacional que permanece sin resolver. Los suelos analizados en La Oroya presentan valores que sobrepasan más de 9000 mg/Kg , superando en mucho el Estándar de Calidad de suelo peruano para vivienda y para suelos comerciales, industriales y extractivos que fluctúan entre 70 y 800 mg/kg respectivamente (Arce & Calderón, 2017)

En la actualidad existen varias técnicas de restauración de suelo entre las que destaca la fitorremediación, una tecnología prometedora que reemplaza a las tradicionales, hace alusión a una sucesión de técnicas que se llevan a cabo mediante el uso de plantas para poder restaurar los ecosistemas degradados por contaminantes orgánicos e inorgánicos, se aprecia los mecanismos influyentes ejecutados por las propias plantas (Núñez, Vong, Ortega, & Olgún, 2004). Las plantas tienen un efecto más directo sobre los niveles de contaminantes a través de la Fitoextracción, que concentra los contaminantes (por ejemplo, metales pesados) del medio ambiente en los tejidos vegetales, son bioacumuladores altamente productivos y buenos con tolerancia a altos niveles de contaminación. (Shrestha, Bellitürk, & Görres, 2019).

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión es destacar la importancia de los avances y la capacidad Fitorremediadora de la *Caiophora Cirsiiifolia* C. Presl para tratar los suelos con metales pesados para disminuir los impactos. Este tipo de técnicas son económicos, fácil de aplicar y se aprovecha el metabolismo de las plantas para la mejora del ecosistema en general. Asimismo, dicha investigación aporta en conocimientos a los profesionales que se dedican al rubro de la protección y restauración ambiental e incentivarlos para que puedan recomendar más esta práctica de remediación que es eco amigable con la naturaleza.

### **DESARROLLO O REVISIÓN SUELO:**

El suelo es un sistema dinámico vivo y natural en la interfaz del aire y la roca, se forma en respuesta a las fuerzas del clima y los organismos que actúan sobre él. El suelo tiene materiales, minerales u orgánicos sueltos, generalmente se compone de aproximadamente 25% de aire, 25% de agua, 45% de minerales y 5% de materia orgánica. (Velasquez, 2003)

### **CONTAMINACIÓN DEL SUELO:**

Para considerar un suelo contaminado tiene que tener ciertas características físicas, químicas y biológicas que son alterados nocivamente por la introducción de elementos extraños en cantidades superando los parámetros establecidos, como resultado se obtiene efectos adversos que ocasionan problemas al sistema dinámico y su naturalidad (Gómez, 2014)

Tabla 1:  
*Principales contaminantes de suelo.*

<b>CONTAMINANTES DEL SUELO</b>	
<b>Contaminantes</b>	<b>Principales Causas</b>

<b>Elementos traza (Metales Pesados)</b>	Vertidos industriales, vertederos, etc.
<b>Microorganismos Patógenos</b>	Contaminantes biológicos: establecimientos de salud o ganaderos, etc.
<b>Hidrocarburos</b>	Derrames en operaciones de transporte de carga y descarga, fugas de conductos, etc.
<b>Plaguicidas</b>	Utilizadas para destruir combatir o repeler plagas.
<b>Basura</b>	Desperdicios arrojados indiscriminadamente en grandes concentraciones urbanas.
<b>Nuclear</b>	Accidentes nucleares considerando agentes altamente contaminantes.

Fuente: Elaboración Propia

## METALES PESADOS EN EL SUELO Y SUS EFECTOS

Según Nicholson et al., (2003) los suelos pueden contaminarse por la acumulación de metales pesados y metaloides a través de las emisiones de las áreas industriales en rápida expansión, relaves mineros, eliminación de desechos con alto contenido de metales, gasolina con plomo y pinturas, etc. Los metales pesados constituyen un grupo definido de riesgos químicos inorgánicos, y los más comúnmente encontrados en sitios contaminados por Pb, Cr, arsénico (As), zinc (Zn), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg) y níquel (Ni). (Wuana & Okieimen, 2011)

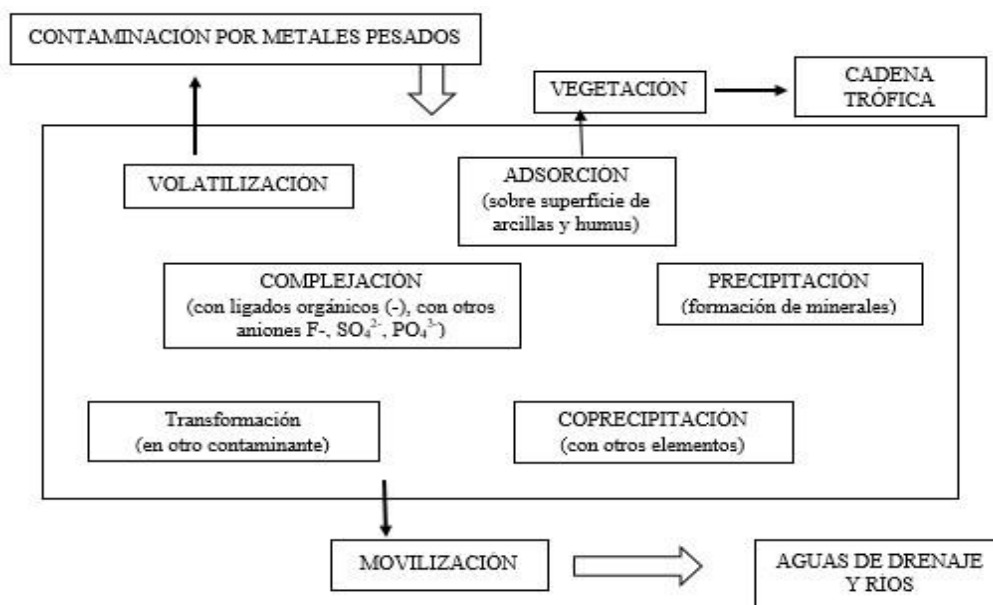


Figura 1: Dinámica de metales pesados fuente: (Carlos, Hernández, & Polo, 2002)

## PLOMO

Es un elemento químico que tiene como símbolo (Pb) con número atómico 82 y está situada en la tabla periódica entre los metales de transición; tiene la característica de ser un metal gris, flexible y con fácil reacción química es por eso que representa de mucho interés en el uso de las industrias, también lo encontramos de forma natural en la corteza terrestre, tiene diversos usos como en fabricación, actividad minera, fundición, pinturas, etc. (Azcona, Ramirez, & Vicente, 2015)

## EFFECTOS DEL PB EN LA SALUD HUMANA

El Pb entra al ambiente por las fuentes mencionadas, las partículas grandes se precipitan y se depositan en el suelo y el agua, por el contrario, las partículas pequeñas se desplazan a través del aire y permanecen suspendidas en la atmósfera que por acción de la lluvia caerá de nuevo a la superficie del suelo.(Pallavi & Rama, 2005)

En el suelo por ser uno de los mayores acumuladores gracias que más del 90% de contaminación ambiental es retenida, su distribución química depende de la mineralogía, textura, materia orgánica, PH, etc.(Peña & Beltrán, 2017)

En las plantas el Pb presenta un retraso de crecimiento, menor peso en sus raíces, aparición de brotes en las plantas, cambios hormonales, desequilibrio hídrico hasta llevar a la muerte de las plantas.(Lasat, 2002)

En el agua un promedio del 9% es interceptada por sedimentos acuáticos y alteran las funciones del fitoplancton de esta manera puede llegar a los cuerpos de los organismos acuáticos.(Reyes, Vergara, Torres, Diaz, & Gonzáles, 2016)

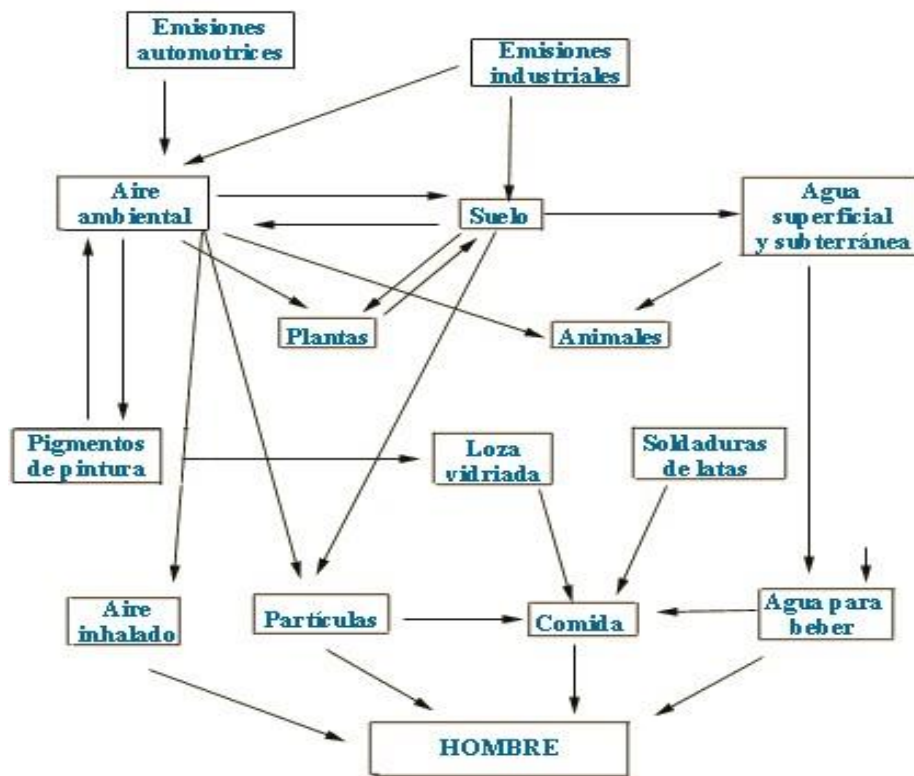


Figure 1: Cadena de difusión del Pb fuente: Carlos et al., (2002)

El impacto de este elemento y su exposición a la población se ha generado graves problemas de salud pública, las principales vías de asimilación son: Inhalación, Ingestión y de forma cutánea. Sus efectos son diversos y varían de acuerdo a la edad de la persona y su nivel de exposición, los síntomas son visibles a largo y corto plazo puede iniciarse con simples dolores de cabeza, inflamación y dolor abdominal hasta retraso del desarrollo mental, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, etc. (Londoño, Londoño, & Muñoz, 2016)

Tabla 2:  
Síntomas de intoxicación por Pb.

### SÍNTOMAS DE INTOXICACIÓN POR Pb

Recién Nacidos	Niños	Adultos
	Retraso en el desarrollo	Presión arterial alta
Nacer de forma prematura	Dificultades de aprendizaje	Dolor articular y muscular
	Irritabilidad	Dolor de cabeza
	Pérdida de apetito	Problemas de memoria o concentración
	Adelgazamiento	
Tener peso más bajo al nacer	Pereza y fatiga	Dolor abdominal
	Dolor abdominal	Trastornos del estado de ánimo
Tener retraso en el crecimiento	Vómitos	Disminución del conteo de espermatozoides y anomalías
	Estreñimiento	
	Pérdida de audición	Aborto espontáneo
	Convulsiones	Muerte fetal

Fuente: Elaboración propia.

### MÉTODOS DE REMEDIACIÓN DE SUELO

La contaminación del suelo se ha vuelto uno de los principales pasivos ambientales en la mayoría de países es por eso que se investigaron la existencia de varias técnicas de remediación de suelo, pero las podemos clasificar en dos grandes grupos in situ y ex situ. (C. Rodríguez, 2015)

Tabla 3:

*Clasificación de métodos de remediación.*

TIPOS DE TRATAMIENTO	IN SITU	EX SITU
		Permite tratar el suelo sin excavar
Tratamiento Biológicos	Bioventeo	Biorreactores
	Biorremediación	Biopila
	Fitorremediación	Compostaje
	Oxidación Química	Extracción química
Tratamiento Físico – Químicos	Electrorremediación	Oxido reducción química
	Extracción de Vapores	Deshalogenación
	Enjuague de suelos	Lavado de suelos
Tratamiento Térmico	Vitrificación	Descontaminación por gases calientes
		Incineración
		Pirolisis
		Desorción Térmica

s Pirolisis Fuente: Saghi et al., (2016)

### FITORREMEDIACION

Proviene de las palabras del griego Phyto = “Planta” y remedium = “recuperar el equilibrio” es una técnica que se respalda en el empleo de las plantas para limpiar y restablecer suelos contaminados, se define como un método sustentable, compuesto de



procedimiento para atenuar, metabolizar metales pesados y compuestos orgánicos. (Betancur, Mazo, & Mendoza, 2005)

Se diferencia de los demás métodos convencionales que pueden alterar las propiedades del suelo, tener un costo alto y limitada eficacia, la fitorremediación es de bajo costo se realiza in situ, también puede ser aplicado a la mayoría de los sitios contaminados como una característica de restauración permanente a largo plazo, o en conjunto con otros más procesos remediales tradicionales. (Delgadillo, González, Prieto, Villagómez, & Acevedo, 2011)

Tabla 4:  
*Estrategias y medios de fitorremediación.*

<b>ESTRATEGIAS</b>		
<b>Medios</b>	<b>Método</b>	<b>Concepto</b>
<b>Medio de Eliminación</b>	Fito - degradación	Empleo de microorganismos y flora coligada para degradar contaminantes orgánicos .
	Fito - extracción	Empleo de flora acumuladora de compuestos tóxicos u orgánicos para aislar del suelo mediante su filtración y acumulación en las partes cosechables
	Fito - volatilización	Empleo de flora para retirar contaminantes mediante su volatilización.
<b>Medio de contención</b>	Fito - inmovilización	Empleo de las raíces de la flora para consolidación o paralización de los contaminantes del suelo.
	Fito - estabilización	Empleo de flora para mitigar la biodisponibilidad de los contaminantes en el medio modificando su formación a un perfil más estable.
	Rizofiltración	Empleo de raíces para absorber contaminantes del agua de otros efluentes acuosos.

Fuente: Núñez et al., (2004)

## PLANTAS FITORREMEIADORAS

En el proceso de fitorremediación las plantas es una parte fundamental porque a través de la absorción y acumulación de metales pesados desde el suelo a la raíz de la planta, las plantas utilizadas pueden ser nativas o asociadas a un ecosistema diferente en la Tabla 5 observaremos investigaciones que se realizaron con distintas plantas (Peña & Beltrán, 2017)

Tabla 5:

*Eficiencia de extracción de plantas fitorremediadoras.*

PLANTAS FITORREMEIADORAS						
Nombre científico	Nombre común	Hábitat	Aporte	Resultados de extracción (mg/kg)		Referencia
				Raíz	Tallos/hojas	
Baccharis Salicifolia	Jara amarilla, chilca	Latinoamérica zona tropical	Acumula: Cu, U, Hg	12.293	17.71	(Manchego, 2018)
Helianthus Annuus	Girasol	Norte de américa y centro américa	Acumula: Ni, Cd, Zn, Pb	0,88	0.03	(Adewole, Adeoye, & Sridhar, 2009)
Brassica rapa	Nabo de campo	Climas Templados	Acumula: Ni, Pb	758.8	440	(Jara, Montoya, Chanco, & Cano, 2014)
Brassica napus	Nabo	Climas templados	Acumula: Ni, Pb, hidrocarburos	0.96	0.95	(Park, Kim, & Kim, 2012)
Vetiveria Zizanoides	Pasto vetiver	Clima tropicales o secos	Acumula: P, N, Pb, Cd	93.5	15.6	(L. Rodríguez, 2007)
Urtica Urens		Clima frio alto andinas		25.06	84.34	(Díaz, 2017)
Caiophora Cirsiifolia C. Presl	Ortiga Colorada	Clima frio alto andinas	Acumula: Pb			
Ortiga						Acumula: Pb, Cd

Fuente: Elaboración propia.



Manchego, (2018) realizó una investigación para determinar el estado de conservación de suelos contaminados en la Relavera “El Madrigal” proporcionando un método de fitorremediación, se corroboró los siguientes contaminantes de RM desde un análisis ICP se identificó Mg, Mn, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, y manganeso (destacando principalmente los metales pesados el Zinc – 3485.7 mg/kg, Arsénico – 307.1 mg/kg y el mercurio – 42.9 mg/kg que está por encima de los estándares. Se determinó 2 especies vegetales que pueden crecer en un lugar con actividad minera *Bacharis salicifolia* y *Schoenoplectus pungens*.

*Bacharis salicifolia* tiene el factor de bioconcentración para la raíz es de 12.293, para tallo/hojas de 17.71 y el factor de translocación es de 0.345 y para *Schoenoplectus pungens* el factor de bioconcentración en raíz (39.595), cálamo (13.617) y translocación (1.441) por lo que concluyo que la especie *Bacharis salicifolia* es fitoestabilizadora y la especie *Schoenoplectus pungens* es fitoextractora pudiéndose utilizar ambas como fines de fitorremediación.

Adewole et al., (2009) investigaron la posibilidad de eliminar Pb y Cd in situ de suelos contaminados con efluentes de una industria de pinturas en Ibadan, suroeste de Nigeria, utilizando *Helianthus annuus* L. y *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) y las posibles contribuciones de la variación de estación en la técnica de fitorremediación. Se aplicaron tres tratamientos (*H. annuus*, *T. diversifolia* y control) cada uno replicado tres veces para dar nueve parcelas de 2 x 4 m<sup>2</sup> cada una, puestos en un diseño de bloques completos al azar como resultado obtuvieron que la *T. diversifolia* eliminó 0.88 mg Pb kg<sup>-1</sup> y *H. annuus* eliminó 0.31 mg Pb kg<sup>-1</sup> por en la estación seca.

Este estudio muestra que el girasol mexicano (*T. diversifolia*), es una buena planta, además, se logran mejores resultados en la fitorremediación de Pb y Cd de suelos contaminados con efluentes de la industria de pintura en la estación seca que en la temporada húmeda, la metodología que se propuso fue un bloque completo aleatorizado con el diseño (RCBD).

(Park et al., 2012) analizaron la viabilidad del *Brassica napus* como fitorremediación para eliminar metales pesados de suelos contaminados, también investigar las características de la acumulación de metales pesados en las plantas, como resultado tenemos, que está significativamente relacionado con la concentración de metales pesados en las raíces de las plantas. En otras palabras, *Brassica napus* puede acumular mucho metal tanto como fracción Fito-disponible del pesado de metal en el suelo.

(L. Rodríguez, 2007) determinó en su estudio el mejor potencial de fitorremediación en 3 especies pertenecientes a los géneros *Calamagrostis*, *Nicotiana* y *Vetiveria zizanioides* en los cuales se sometieron bajo 3 dosis de plomo 1200, 1000 y 700 ppm al realizar el análisis a las plantas se obtuvieron los siguientes resultados: radicular (3180 ppm), tallos (2136 ppm), flores (1883 ppm) y aérea (143 ppm), en conclusión la *Nicotiana* tiene una capacidad mayor de fitorremediación por su biomasa aérea (radicular 276.7 ppm y aérea 96,5 ppm) y la cantidad de extracción de plomo fue 0,3 mg también se verificó la hipótesis de que la flora nativa es más eficiente en fitorremediar espacios naturales.

(Díaz, 2017) evaluó la suficiencia de acumulación de la *Urtica Urens* para la fitorremediación en suelos contaminados por Pb en la Oroya – Junín, la investigación fue realizada ex situ con un diseño experimental, con 5 repeticiones, en la cual se analizaba el antes y después de cada repetición para obtener un resultado eficiente, se concluyó que la *Urtica Urens* logró acumular en raíces (25,06 mg/kg), hojas (84,34 mg/kg) y por último analizando la capacidad de extracción del Pb que se comenzó con una concentración de 1119.51 mg/kg y finalizó con 109.046 mg/kg.

## CONCLUSIONES

La fitorremediación se está convirtiendo en una tecnología prometedora a diferencia con otras técnicas que tienen limitaciones, alto costo y el pequeño cuidado al medio ambiente, la utilización de plantas para eliminar y transformar metales pesados con el fin de reducir su amenaza para los humanos y los ecosistemas que tiene un resultado estético. El análisis y el conocimiento previo de las fuentes, los riesgos, los efectos y consecuencias potenciales de los metales pesados tóxicos en suelos contaminados es necesario para la selección de opciones de remediación apropiadas, la remediación de suelo es necesaria para poder disminuir los riesgos asociados.

El objetivo de esta revisión es destacar la importancia de los avances y la capacidad Fitorremediadora de la *Caiophora Cirsifolia* C. Presl para tratar los suelos con metales pesados para disminuir los impactos, pudimos identificar la relación en el caso de una flora nativa con la toxicidad de los metales, ya que se considera que las plantas nativas se adaptan mejor con el tiempo a los niveles de metales localmente posicionados se concluye que las plantas nativas son mejores fitorremediadores para tierras contaminadas por: la tolerancia que presenta a los metales tóxicos, bajo estado de nutrientes, condiciones de estrés impuestas y pueden cumplir mejor los objetivos de estabilización, atenuación de la contaminación y mejora visual.

## REFERENCIAS

- Adewole, M., Adeoye, G., & Sridhar, M. (2009). Effect of seasonal variation on the removal of Pb and Cd from a polluted field using *Helianthus annuus* L. and *Tithonia diversifolia* (Hemsl.). *Toxicological and Environmental Chemistry*, 91(5), 923–931. <https://doi.org/10.1080/02772240802614598>
- Arce, S., & Calderón, M. (2017). Suelos contaminados con plomo en la Ciudad de La Oroya- Junín y su impacto en las aguas del Río Mantaro Lead Contaminated Soils in the city of La Oroya-JUNIN , and its impact on the quality of the waters of the Mantaro river. *Instituto de Investigación FígMMg-UnMsM*, 20, 48–55. Retrieved from <http://tramite.ingemmet.gob.pe/BusquedaGeodoc/images/biblioteca/RFIGMMG-40-48.pdf>
- Azcona, M., Ramirez, R., & Vicente, G. (2015). Toxic Effects of Lead. *ISSSTE*, 1, 6. [https://doi.org/10.1016/S01406736\(00\)49863-6](https://doi.org/10.1016/S01406736(00)49863-6)
- Betancur, M., Mazo, I., & Mendoza, J. (2005). Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 57–60. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520110%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4315762>
- Carlos, J., Hernández, M., & Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. *Ciencia y Medio Ambiente*, (CCMA-CSIC), 125–138. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10261/111812>
- Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., & Acevedo, O. (2011). Phytoremediation: An alternative to eliminate pollution. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 597–612.
- Díaz, M. (2017). Capacidad De Acumulación De La Ortiga (*Urtica Urens*) Para La Fitorremediación De Suelos Contaminados Con Plomo En La Oroya, Junín, 2017. *Universidad César Vallejo*. Retrieved from [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6866/DIAZ\\_-DYM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6866/DIAZ_-DYM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gómez, P. (2014). Transferencia de elementos traza suelo-planta en suelos con influencia salina. In *Congreso Nacional de Medio Ambiente* (1st ed., Vol. 1, p. 20). Retrieved from [http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2014/CT\\_2014/1896711457.pdf](http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2014/CT_2014/1896711457.pdf)
- Jara, J., Montoya, H., Chanco, M., & Cano, N. (2014). Capacidad Fitorremediadora De 5 Sp Altoandinas En Suelos Contaminados con metales pesados. *Revista Peruana de Biología*, 21(October), 145–154.

- Lasat, M. (2002). Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. *Journal of Environmental Quality*, 31(1), 109–120.
- Londoño, L., Londoño, P., & Muñoz, F. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145–153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Manchego, L. (2018). “EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA RELAVERA EL MADRIGAL-AREQUIPA Y PROPUESTA DE FITORREMEDIACIÓN.” *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, 154.
- Nicholson, F., Smith, S., Alloway, B., Carlton, C., & Chambers, B. (2003). An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Science of the Total Environment*, 311(1–3), 205–219. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00139-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00139-6)
- Núñez, A., Vong, Y., Ortega, R., & Olguín, E. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Fitorremediación*, 4, 15. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Pallavi, S., & Rama, D. (2005). Lead Toxicity in plants. *Department of Biochemistry*, 0, 18.
- Park, J., Kim, J., & Kim, K. (2012). Phytoremediation of soil contaminated with heavy metals using brassica napus. *Geosystem Engineering*, 15(1), 10–18. <https://doi.org/10.1080/12269328.2012.674428>
- Peña, F., & Beltrán, E. (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>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Diaz, M., & Gonzáles, E. (2016). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS : IMPLICACIONES EN SALUD , AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(Vol 16), 66–77.
- Rodrigo, S., & Bonilla, H. (1973). REMEDIACIÓN DE UN SUELO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ CONTAMINADO CON LOS METALES PESADOS CADMIO Y CROMO. *Zeitschrift Für Tierphysiologie Tierernährung Und Futtermittelkunde*, 31(1–5), 169–170. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1973.tb01276.x>
- Rodríguez, C. (2015). Phytoremediation of Lead Polluted Soils with Native Plant Species. *IOSR Journal of Environmental Science Ver. III*, 9(4), 2319–2399. <https://doi.org/10.9790/2402-09434249>
- Rodríguez, L. (2007). *Fitoremediacion Con Especies Nativas En Suelos Contaminados Por Plomo*. 114.
- Saghi, A., Rashed Mohassel, M. H., Parsa, M., & Hammami, H. (2016). Phytoremediation of lead-contaminated soil by *Sinapis arvensis* and *Rapistrum rugosum*. *International Journal of Phytoremediation*, 18(4), 387–392. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1109607>
- Shrestha, P., Bellitürk, K., & Görres, J. (2019). Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soil by Switchgrass : A Comparative Study Utilizing Different Composts and Coir Fiber on Pollution Remediation , Plant Productivity , and Nutrient Leaching. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071261>
- Velasquez, J. (2003). El suelo. In *Boletín Técnico* (Ministerio). Madrid.
- Wuana, R., & Okieimen, F. (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils : A Review of Sources , Chemistry , Risks and Best Available Strategies for Remediation. *International Scholarly Research Network*, 2011, 21. <https://doi.org/10.5402/2011/402647>