

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



Una Institución Adventista

Eficiencia de *Amaranthus Spinosus* y *Ricinus Communis* en la absorción de suelo contaminados por plomo, una revisión

Por:

Adelina Viviana Chicoma Pashanaste

Delmes Yshuiza Cachique

Asesor:

Ing. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, agosto de 2020

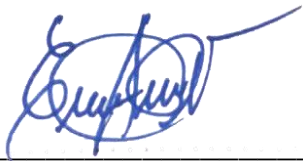
DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, *Carmelino Almestar Villegas* de la Facultad de Ingeniería Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “EFICIENCIA DE AMARANTHUS SPINOSUS Y RICINUS COMMUNIS EN LA ABSORCIÓN DE SUELO CONTAMINADOS POR PLOMO, UNA REVISIÓN” constituye la memoria que presentan los Bachilleres Adelina Viviana Chicoma Pashanaste y Delmes Yshuiza Cachique; para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 11 días del mes de agosto del año 2020.



Asesor


Ing. Carmelino Almestar Villegas

Eficiencia de *Amaranthus Spinosus* y *Ricinus Communis* en la absorción de suelo contaminados por plomo, una revisión


TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller de Ingeniería Ambiental


JURADO CALIFICADOR



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo
Presidente



Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra
Secretario



Ing. Káttérin Jina Luz Pinedo Gómez
Vocal



Ing. Carmelino Almestar Villegas
Asesor

Tarapoto, agosto de 2020

Resumen

La contaminación de suelos por metales pesados es uno de problemas que ha ido incrementando radicalmente en los últimos años, esto se debe a las actividades industriales y humanas; mismos que se enfrentan hoy día para poder subsanarlo, para ello es importante buscar y desarrollar técnicas económicas, innovadoras, eficaces y sobre todo amigables con el medio ambiente. De tal modo que el objetivo del presente artículo es comparar las metodologías, la concentración de plomo en la biomasa aérea y el factor de traslocación de dos especies fito-remediadoras, para lo cual se recurrió a bases de datos como Redalyc, Scielo, ScienceDirect y otros repositorios, luego se procedió a seleccionar investigaciones entre los años 2015-2019. Posteriormente se hizo la revisión sistemática de las investigaciones. Como resultado se obtuvo que la especie *Nicotiana thyrsoflora* contiene mayor concentración de biomasa, por tanto, tiene una mayor capacidad de poder absorber el contaminante plomo (Pb) en la biomasa aérea, siendo más eficiente que la especie *Ricinus communis*. Se concluye que usando las especies *Nicotiana thyrsoflora* y *Ricinus communis* es una buena opción para remediar el suelo contaminado por plomo.

Palabras Clave: Contaminación de suelos, plomo, *Nicotiana thyrsoflora*, *Ricinus communis*, fitorremediación

Abstract

The contamination of soils by heavy metals is one of the problems that has been increasing radically in recent years, this is due to industrial and human activities; They are facing today to be able to correct it, for this it is important to seek and develop economic, innovative, effective techniques and above all friendly to the environment. In such a way that the objective of this article is to compare the methodologies, the concentration of lead in the aerial biomass and the translocation factor of two phyto-remedial species, for which databases such as Redalyc, Scielo, Sciencedirect and other repositories, then we proceeded to select investigations between the years 2015-2019. Subsequently, the systematic review of the investigations was carried out. As a result, it was obtained that the *Nicotiana glauca* species contains a higher concentration of biomass; therefore, it has a greater capacity to absorb lead (Pb) contaminant in aerial biomass, being more efficient than the *Ricinus communis* species. It is concluded that using the species *Nicotiana glauca* and *Ricinus communis* is a good option to remediate the soil contaminated by lead.

Key Words: Soil contamination, lead, *Nicotiana glauca*, *Ricinus communis*, phytoremediation

1. Introducción

La contaminación ambiental es uno de los problemas más importantes que afecta nuestro planeta y surge por la presencia cuantitativa o cualitativa de materia o energía que dependiendo de la cantidad o de su naturaleza, pueden producir desequilibrios en el ambiente, causar riesgos o daños: a la salud humana, recursos vivos, ecología e interferencia con los usos legítimos del medio ambiente (Munive, 2018).

Desde la revolución industrial, los impactos antropogénicos han liberado al ambiente muchos metales pesados peligrosos que son desechos contaminantes muy tóxicos; las actividades asociadas principalmente con procesos de manufactura, disposición de aguas residuales domésticas e industriales y aplicación de fertilizantes fosforados son las principales fuentes de metales en los ecosistemas (Beltrán & Gómez, 2016).

La agricultura se muestra como uno de los contaminantes principales para el suelo, ya que afecta a múltiples superficies del mismo. La contaminación del suelo se efectúa normalmente en la utilización de muchos aditivos, fertilizantes y pesticidas (Crosara, 2010)

El suelo es la base para la producción de la inmensa mayoría de alimentos, carburantes y materias primas que se emplean diariamente y está sometido a diversos tipos de amenazas, entre las que destaca la contaminación por fuentes puntuales agrícolas. En la cual, los metales pesados son imprescindibles para el desarrollo de muchos microorganismos, plantas y animales pues ejercen roles significativos en algunas reacciones bioquímicas y son fundamentales para su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, cuando se presentan en altas concentraciones pueden formar compuestos inespecíficos creando efectos citotóxicos y letales (Beltrán & Gómez, 2016).

Debido a su elevada toxicidad y a la tendencia a acumularse en los sistemas biológicos, los metales pesados presentes en el ambiente, representan un alto riesgo para la salud de los seres vivos, siendo el plomo (Pb) uno de los trascendentales contaminantes, ya que debido a la actividad humana se ha dispersado en los últimos años (Bellido, 2018).

La contaminación por metales pesados es un problema que ha ido en aumento debido principalmente a actividades antrópicas. Entre las principales fuentes de

contaminación se encuentran la minería, la metalúrgica, la agricultura, los vehículos automotores y el aporte natural en ciertos acuíferos (Covarrubias & Peña, 2017).

El plomo originado por las actividades antropogénicas puede permanecer como residuo por 1000 a 3000 años en los suelos de clima templado, dicho metal se acumula en las capas superficiales del suelo y, por lo tanto, es difícil medir confiablemente su concentración, su disponibilidad depende de las condiciones del suelo, como el tamaño de la partícula, la capacidad de intercambio catiónico y de factores de las plantas, como la superficie y exudados de la raíz, a lo que se le llama la micorrización y de la transpiración (Paiva, 2015).

Por tanto, la fitorremediación es una de las técnicas más justificable y prominente para la remediación de suelos contaminados por metales pesados, pero el bajo costo y técnica hace que la técnica sea más beneficiosa y favorable a diferencia de tratamiento químico y físico Bellido, (2018).

El presente artículo tiene como objetivo, comparar las metodologías, la concentración de plomo en la biomasa aérea y el factor de traslocación de dos especies fito-remediadoras.

Suelo

El suelo está formado por material inorgánico (arena, limo y partículas arcillosas), materia orgánica, agua, gases y organismos vivos (lombrices, insectos, algas, bacterias, hongos, etc.), entre los que se produce un intercambio continuo de moléculas mediante procesos físicos, químicos y biológicos. De ahí se deduce que, para poder establecer la calidad de un suelo, el estudio de todo tipo de propiedades (físicas, químicas, biológicas y microbiológicas) es imprescindible (C. García, Moreno, Hernández, & Polo, 2002).

Metales pesados

Madueño, (2017) considera que el metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 g/cm³ cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino-térreos) y por sus

efectos tóxicos, se incluyen a subgrupos químicamente parecidos, elementos más ligeros como el aluminio, el berilio y metaloides como el arsénico, selenio y antimonio.

Plomo

Según la OMS el plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública, Es una sustancia tóxica que se va acumulando y afectando a diversos sistemas del organismo, con efectos especialmente dañinos en los niños de corta edad. No existe un nivel de exposición al plomo que pueda considerarse seguro. La intoxicación por plomo es totalmente prevenible Condori & Huamani (2017).

Efecto de los Metales Pesados en el Suelo

Cunningham (1995) citado en (Falcon, 2017) cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanza niveles que rebasan los límites máximos permitidos, causan efectos inmediatos como: inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente; así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo.

Angeles., (2005) citado en (Falcon, 2017) en el suelo, los metales pesados están presentes como iones libres, compuestos metálicos solubles, compuestos insolubles como óxidos, carbonatos e hidróxidos. Su acción directa sobre los seres vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos –SH (sulfhídricos) de las proteínas, las cuales causan daños irreversibles en los diferentes organismos.

Nicotiana thyriflora

Como sostiene (Knapp, Spooner, & León, 2006) esta especie arbustiva normalmente se encuentran y crecen en distintas localidades, en ambientes de jalca y de puna donde localmente se agrupan entre 20 a 30 individuos dispersos. La Nicotina es procedente de modificaciones del hábitad por incendios provocados.

Chavez, (2014) menciona que sus características físicas principales es una hierba con flores verdosas que tienen 1 metro de altura, esta planta puede ser perennes, anuales o bianuales; es considerada como una planta acumuladora de metales pesados, además no es usada como forraje.

Ricinus communis

Esta planta arbustiva es originaria del África tropical (Abisinia, actualmente Etiopia); además, se cree que también tiene su origen en la India. Esta especie está distribuida actualmente en casi todo el mundo, principalmente en lugares con climas cálidos, tropicales, por ser una planta heliófila y xerófila se adapta a climas secos. Esta planta prospera desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm. A alturas mayores a esta, la disponibilidad de aceite disminuye. En climas cálidos la planta es perene y en climas templados con inviernos duros se vuelve caduca (Cornejo & Estrada, 2012)

Fitorremediación

Mentaberry, (2011) menciona que la fitorremediación son conjuntos de métodos para degradar, asimilar, metabolizar metales pesados y compuestos orgánicos mediante la utilización de plantas.

Campos et al., (2008) citado en Campos, (2013) indica que la fitorremediación se basa en la utilización de plantas y sus mismos organismos asociados para remediar; además puede ser aplicado a sustratos, líquidos y gaseosos. Asimismo, se encuentra en fase experimental en gran medida, algunas de las tecnologías derivadas han alcanzado ya la escala comercial.

Mecanismos de la fito-remediación

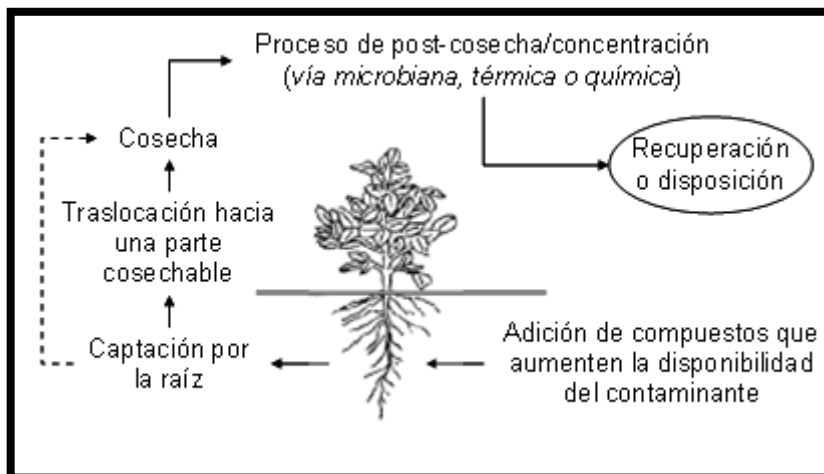


Ilustración 1. Mecanismo de la fitorremediación Bayón, (2015)

Factor de translocación

Zhang et al., (2006) citado en (García, Hernández, García, & Acevedo, 2011) lo define como una medida de transporte interno de un metal e indica la relación entre la concentración de los mismos en los órganos aéreos y raíz de una planta.

De acuerdo con Deng (2004), Audet y Charest (2007) citado en (Medina & Montano, 2013) sostienen que un valor del factor de translocación mayor a 1 indica una eficiente translocación de metales pesados a la masa aérea, por tanto, la planta puede ser usado con fines de fitoextracción. Sin embargo, si el valor es menor a 1 la translocación del metal es baja, lo que indica que éste es retenido en la raíz.

2. Métodos

2.1. Métodos

Para la elaboración de la presente investigación, la metodología utilizada fue la búsqueda de información en bases de datos como Redalyc, Scielo, ScienceDirect y repositorios de distintas universidades nacionales e internacionales, considerando la información relacionada a la fitorremediación de suelos contaminados por plomo. De tal manera se seleccionaron dos investigaciones para realizar una comparación de sus metodologías y resultados, donde la primera investigación fue "Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo y la segunda fue "Fitorremediación con

ricinus communis para el tratamiento de suelos contaminados con plomo”, de las cuales fueron estudiadas e interpretadas. Se buscó el análisis e interpretación de la metodología para determinar la mejor alternativa de tratamiento de suelos contaminados por plomo. Asimismo, el análisis e interpretación sobre los resultados de la absorción de la concentración del metal en la biomasa aérea y el factor de translocación obtenidos de cada investigación. Además de consultar otras fuentes de referencia para respaldar la información.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

3.1.1. Comparación de las metodologías utilizadas

En la tabla 2 se muestra las concentraciones de plomo por tratamiento que utilizaron los investigadores. Se preparó concentraciones más elevadas de plomo para la especie *Nicotiana thyrsoiflora* que para la especie *Ricinus communis*, lo cual fueron experimentados en macetas, donde ambas especies se evaluaron en 1 kilogramo de sustrato y el tiempo de análisis de los tratamientos para la especie *Nicotiana* y el *Ricinus* se realizaron en 60 y 100 días respectivamente (Chávez, 2014; Recharte, Mejía & Fajardo, 2018).

Tabla 1. Concentración de plomo por tratamiento en mg/kg

Tratamientos	Chávez (2014)	Recharte, Mejía & Fajardo (2018)
T1	700	221.2
T2	1000	458.62
T3	1200	704.36

Fuente: Adaptado de Recharte, Mejía & Fajardo (2018) y Chávez (2014)

3.1.2. Comparación la concentración de plomo en la biomasa aérea

En la figura 1 se muestra la concentración de plomo en la biomasa aérea de cada planta. De acuerdo a las evaluaciones, el resultado que se encontró fue de que la especie *Nicotiana thyrsoiflora* absorbe mayor cantidad de plomo en la biomasa aérea con una

concentración de 96.50 mg/kg de plomo, mientras que la especie *Ricinus communis* acumuló 14.01 mg/kg de plomo. (Chávez, 2014; Recharte, Mejía & Fajardo, 2018)

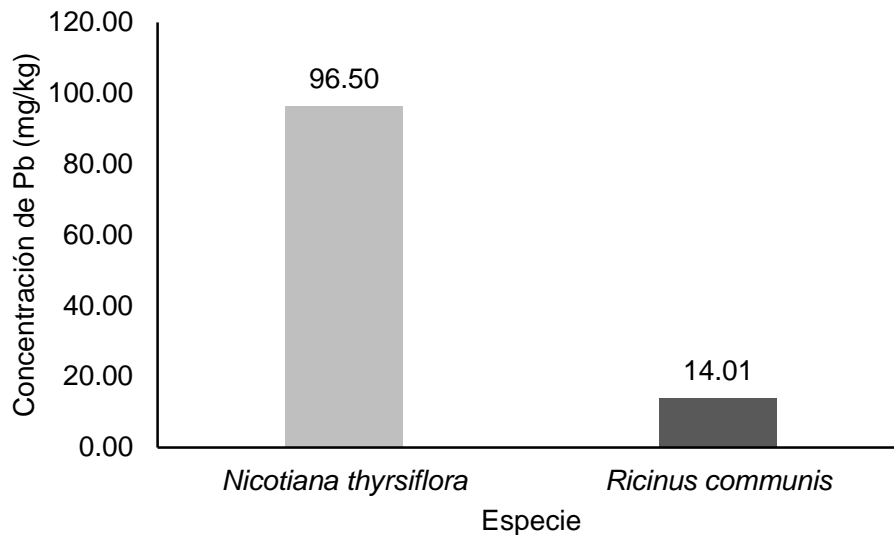


Figura 1. Concentración de plomo en la biomasa aérea

Fuente: Adaptado de Recharte, Mejía & Fajardo (2018) y Chávez (2014)

3.1.3. Comparación Factor de translocación

En la figura 2 se muestra el factor de translocación (FT) de plomo para cada especie fitoremediadora. Donde el mayor valor del FT, lo obtuvo la especie *N. thyrsoiflora*, comparado con el *Ricinus communis* (Chávez, 2014; Recharte, Mejía & Fajardo, 2018). Esto significa que *N. thyrsoiflora*, tiene mayor capacidad para transportar el plomo desde las raíces hacia las partes aéreas de la planta.

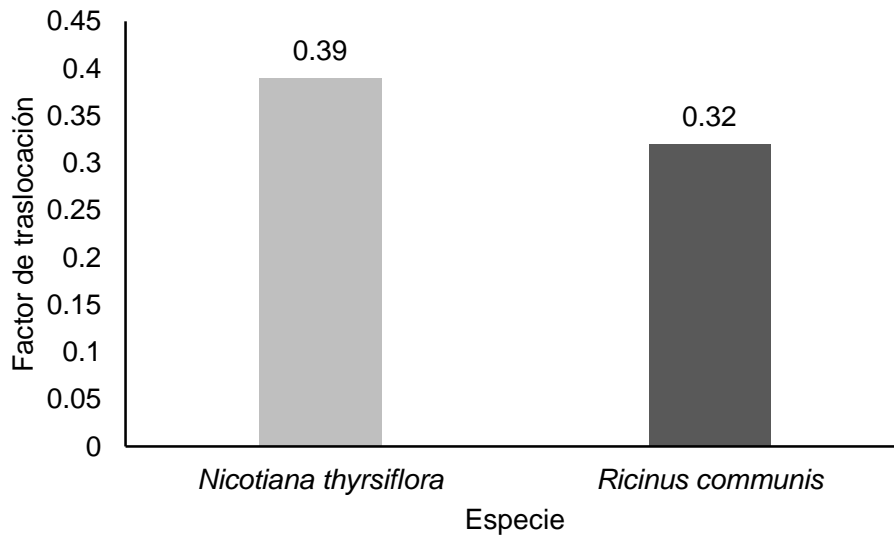


Figura 2. Comparación Factor de traslocación

Fuente: Adaptado de Recharte, Mejía & Fajardo (2018) y Chávez (2014)

3.2. Discusiones

Chavez, (2014) aplicando la especie *Nicotiana thyrsoflora* como fito-remediadora encontró una concentración de plomo de 96.50 (mg/kg) en la biomasa aérea, demostrando que las plantas nativas son las más indicadas para fitorremediar.

Contrastando con otras investigaciones, (Ortiz et al., 2006) en su investigación titulada “capacidad de síes especies vegetales para acumular plomo en suelos contaminados” adquirieron como resultado que en el tratamiento de (500 mg/kg) fue de un 94 % equivalente a un 3.08 mg/kg en la biomasa aérea de la especie *Nicotiana*, y en el tratamiento de (1000 mg/kg) la especie no toleró la dosis del contaminante. (Sobrero, 2010) afirma que se debe a que toxicidad del metal (Pb) varía entre genotipo y entre condiciones experimentales. Asimismo, (Pérez, Martínez, & Paz, 2007) concluye que la especie *Nicotiana* tiene la capacidad de acumular elementos pesados como el cadmio y el plomo con recíproca facilidad en el tallo.

Como se detallan en la figura 2 (Recharte, Mejia, & Fajartdo, 2018) usando la especie de *Ricinus communis* para la absorción de plomo, obtuvieron como resultado una concentración de 14.01 mg/kg en la biomasa aérea; (Coyago & Bonilla, 2016) mencionan

que la absorción de metales pesados en plantas dependen de la biomasa que contienen; por tanto, si la biomasa es mayor, el porcentaje de absorción también será mayor.

Según (Silva, Meerabai, & Krishnasamy, 2012) indican que el ricinus que empleó en su estudio absorbió 212.5 mg/kg de Pb; comparación con (Niu, Sun, Sun, Li, & Wang, 2007) la acumulación de ricinus fue de 360 mg/kg de Pb.

Asimismo (Romeiro et al., 2006) afirma que Las concentraciones de Pb, tiene una toxicidad media, ya que solamente afecta las paredes celulares de la raíz, que en comparación con otros metales pesados como el cadmio (Cd), ahora bien (De Souza et al., 2012) indica que la Nicotiana acumula más plomo que el ricinus; haciendo que el factor de traslocación se mayor en la Nicotiana que el ricinus; y esto hace que el plomo se transporte a mas partes de las plantas en la Nicotina y únicamente en las raíces para el ricinus.

Corroborando con otras investigaciones de otras especies, (García, Hernández, García, & Acevedo, 2011) trabajaron con la especie Avena y la Haba (*Avena sativa, L.* & *Vivia faba, L.*) en la cual concluyen que las concentraciones de plomo agregadas al suelo, consintieron el crecimiento y desarrollo de las especies, donde el órgano de la raíz presentó las mayores concentraciones de plomo; asimismo, los resultados del factor de traslocación en ambas especies resultó menor a 1. Por otro lado, (Munive et al., 2020) utilizaron el girasol para absorber el contaminante, donde los resultados mostraron que las hojas acumularon un promedio máximo de 28,38 mg/kg, los tallos y las flores mostraron valores muy cercanos entre ambos con un promedio máximo de 9,16 mg/kg; con respecto al factor de traslocación concluyen que existe cierta destreza de fito-extraer el metal en suelos que contienen menor concentración de metales pesados.

De tal forma que las especies mencionadas (*Nicotiana thyrsiflora* & *Ricinus communis*) tienen la capacidad de reducir el transporte de los contaminantes al tallo y las hojas, reduciendo la movilidad de los metales pesados mediante la precipitación y la acumulación de las raíces (Alkorta et al., 2004).

4. Conclusiones

Las plantas nativas son las más adecuadas para fitorremediar sus propios espacios naturales es por ello que aplicando técnicas de fitorremediación mediante la utilización de especies *Nicotiana thyrsiflora* & *Ricinus communis* resulta una buena alternativa para poder remediar suelos contaminados por plomo pues que ambas especies tienen la capacidad de acumular y concentrar el metal en sus órganos (raíz, tallo, hojas, flores) como lo indican los autores antes mencionados.

El *ricinus communis* puede ser muy adaptable y tener condiciones especiales de crecimiento; pero, es una especie que necesita de cuidados especiales debido a su fragilidad al germinar y requerimiento hídrico constante y no tolera concentraciones superiores a 704.36 mg/kg de Pb, también puede clasificarse como un fitoestabilizador; puesto que, limita la absorción del contaminante en la raíz y reduce la movilidad de este a otros tejidos de la planta y no se estaría considerando como una planta hiperacumuladora, sino más bien entraría en la clasificación de una especie exclusiva., es por ello que llegamos a la conclusión de acuerdo a las comparaciones de la investigaciones antes mencionadas que la *Nicotiana thyrsiflora* tiene un mejor potencial de uso para fines de fitorremediación, porque son acumuladoras de plomo; en su hábitat natural demuestran comportamiento de hiperacumulación y fue la que más plomo acumuló en la biomasa aérea (96.5 ppm). Así mismo extrajo la mayor cantidad de plomo (0.3 mg) y obtuvo un factor de translocación de plomo de 0.39. y los resultados presentados en este artículo pueden ser utilizado para expandir el conocimiento del contenido de Pb absorbido y traslocado en plantas, siempre y cuando teniendo en cuenta que el uso de una tecnología de remediación de suelos no necesariamente tiene que reducir el contaminante a cero sino disminuir la concentración a niveles que no representen un riesgo mayor a la salud humana y al ambiente.

5. Referencias

- Alkorta, I., Hernández-Allica, J., Becerril, J. M., Amezaga, I., Albizu, I., & Garbisu, C. (2004). Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. Springer. <https://doi.org/10.1023/B:RESB.0000040059.70899.3d>
- Bayón, S. (2015). Aplicación de la fitorremediación a suelos contaminados por metales pesados. *Departamento de Edafología*, 23.
- Bellido, J. (2018). Niveles De Plomo En Los Suelos De La Urbanización Primavera, Distrito De El Agustino"- Lima - Perú. Retrieved from <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2251>
- Beltrán, M., & Gómez, A. (2016). *Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg), mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión*. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2027>
- Campos, V. (2013). Fitorremediación de contaminantes persistentes: una aproximación biotecnológica utilizando (*populus spp.*) como sistema modelo. *Journal of Petrology*, 369(1), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Chavez, L. (2014). Fitorremediación con Especies Nativas en suelos Contaminados por Plomo. *Italian Journal of Psychopathology*, 15(2), 95. Retrieved from <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed12&NEWS=N&AN=355358205>
- Condori, J., & Huamani, L. (2017). *Concentración De Plomo En Sangre Y Factores De Riesgo En Niños De La Localidad De Huachocopa, Huancavelica-2017*. Universidad Nacional de Huancavelica. Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1375/TP - UNH. ENF. 0098.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cornejo, M., & Estrada, O. (2012). *Caracterización de aceite de higuera (*Ricinus communis*) de dos variedades silvestres para la producción de biodiesel en la región del Valle de Mezquital, Hidalgo*. Retrieved from <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/795/1/María Félix Cornejo Martínez%2C Obdulia Estrada Urbano Maestría en Energías Renovables.pdf>
- Covarrubias, S., & Peña, J. J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de*

- Contaminacion Ambiental*, 33, 7–21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- Coyago, E., & Bonilla, S. (2016). Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano. *La Granja*, 23(1), 35–46. <https://doi.org/10.17163/lgr.n23.2016.04>
- Crosara, A. (2010). El suelos y los problemas ambientales. *Contaminación De Suelos, •Eh. El am(•Eh. El ambiente oxida)*, 74. <https://doi.org/10.1174/021093901609541>
- De Souza, E. T., Guilherme, L., De Melo, É., Ribeiro, B., Dos Santos, E., Da Costa, E., ... Hale, B. A. (2012). Assessing the tolerance of castor bean to Cd and Pb for phytoremediation purposes. *Biological Trace Element Research*, 145(1), 93–100. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9164-0>
- Falcon, J. (2017). *Fitoextracción de metales pesados en suelo contaminado con Zea mays L. en la estación experimental el Mantaro - Junin” en el año 2016. Universidad Nacional del Centro del Peru.*
- García, C., Moreno, J., Hernández, M., & Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. *Ciencia y Medio Ambiente- CCMA-CSIC*, 2(1), 125–138. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10261/111812>
- García, Elizabeth;, Hernández, E., García, E., & Acevedo, O. (2011). Plomo y arsénico En La subcuenca del Alto Atoyac en Tlaxcala, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVII(1), 7–17. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.040>
- García, Elizabeth, Hernández, E., García, E., & Acevedo, O. A. (2011). Contenido y traslocación de plomo en Avena (Avena sativa, L.) Y Haba (Vicia faba, L.) de un suelo contaminado. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVII(1), 19–29. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.02.002>
- Knapp, S., Spooner, D., & León, B. (2006). Solenaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2), 473s.
- Madueño, F. M. (2017). *Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (Lactuca sativa) en mercados del Cono Norte , Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Mayor De San Marcos Facultad De Farmacia Y Bioquímica E.a.P. De Toxicología.* Retrieved from <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/7349>
- Medina, K., & Montano, Y. (2013). *Determinación del factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en el Juncus arcitucus Willd. y Cortaderia rudiusscula Stapf, de areas contaminadas con el pasivo ambiental minero Alianza-Ancash 2013.*

- Mentaberry, A. (2011). Fitorremediación. *Fitorremediación*, 4(43), 63. Retrieved from http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_argentina_25620.pdf
- Munive, R. (2018). *Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el valle del Mantaro mediante compost de Stevia y fitorremediación*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3770>
- Munive, R., Gamarra, G., Munive, Y., Puertas, F., Valdiviezo, L., & Cabello, R. (2020). Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado y remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 177–186. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.04>
- Niu, Z. xin, Sun, L. na, Sun, T. heng, Li, Y. shuang, & Wang, H. (2007). Evaluation of phytoextracting cadmium and lead by sunflower, ricinus, alfalfa and mustard in hydroponic culture. *Journal of Environmental Sciences*, 19(8), 961–967. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(07\)60158-2](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60158-2)
- Ortiz, R., Carlos, J., Fuentes, R., Reyes, L., De, G., De, M., ... Lara, L. (2006). Capacidad de seis especies vegetales para acumular plomo en suelos contaminados. *Revista Fitotecnía Mexicana*, 29(3), 239–245.
- Paiva, G. (2015). *Fitorremediación de suelos contaminados con plomoutilizando Amaranthus spinosus – Amaranthaceae EN CUSCO DEL 2012*.
- Pérez, J., Martínez, I., & Paz, D. (2007). Asimilación de cadmio y plomo por Nicotiana tabacum variedad “Criollo 98” cultivada en un suelo contaminado artificialmente. Parte II Acumulación de metales pesados. *Revista Centro Agrícola*, 34(3), 45–51.
- Recharte, F., Mejia, R., & Fajartdo, V. (2018). *Fitorremediacion con Ricinus communis para el tratamiento de suelos contaminados con plomo*.
- Romeiro, S., Lagôa, A., Furlani, P. R., De Abreu, C. A., De Abreu, M. F., & Erismann, N. M. (2006). Lead uptake and tolerance of Ricinus communis L. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(4), 483–489. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000400006>
- Silva, T., Meerabai, R., & Krishnasamy, R. (2012). Potential of Ricinus Communis L . and Brassica Juncea (L .) Czern . under natural and induced Pb phytoextraction, 2(5), 429–438.
- Sobrero, C. (2010). Estudio de la fitotoxicidad de metales pesados y del herbicida glifosato en ambientes acuaticos. Bioensayos con plantas vasculares como organismos diagnóstico, 253.

