

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Remoción de plomo en suelos utilizando brizanta (*Brachiaria brizantha*) y maíz (*Zea mays*)

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Yeffry Jhair Sanchez Tarrillo

Carmen Isabel Vilcas Guerrero

Asesor:

Ing. Mgsc. Andrés Erick Gonzales López

Tarapoto, diciembre de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Andrés Erick Gonzales López, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**Remoción de plomo en suelos utilizando brizanta (*Brachiaria brizantha*) y maíz (*Zea mays*)**” constituye la memoria que presenta los Bachiller(es) Yeffry Jhair Sanchez Tarrillo, Carmen Isabel Vilcas Guerrero para obtener el título de Profesional de Ingeniero ambiental, cuya tesis 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 declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 03 días del mes de enero del año 2022



Andrés Erick Gonzales López

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 29..... día(s) del mes de..... diciembre..... del año 20..21... siendo las... 08:00... horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo....., el (la) secretario(a): Mtro. Carmelino Almestar Villegas..... y los demás miembros: Ing. Juana Elizabeth Vásquez Vásquez..... y el (la) asesor(a) : Mg. Andres Erick Gonzales López..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Remoción de plomo utilizando brizanta (*Brachiana brizantha*) y maíz (*Zea mays*).

del(los) bachiller/es: a) Yeffry Jhair Sanchez Tarrillo

b) Carmen Isabel Vilcas Guerrero

c).....

.....conducente a la obtención del título profesional de:.....

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (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 al (a la) / a (los) (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:

Bachiller-(a): Yeffry Jhair Sanchez Tarrillo.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b): Carmen Isabel Vilcas Guerrero.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (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

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Introducción: El plomo es un contaminante no biodegradable y persistente en el medio ambiente, siendo el suelo un receptor directo, que actúa como una barrera de protección; pero la alta biodisponibilidad, hace que se relacione directamente con el medio ambiente y la salud humana. En este estudio se seleccionaron dos especies vegetales, la primera: brizanta (*Brachiaria brizantha*), pasto utilizado en las actividades ganaderas, y ha sido poco estudiada como plantas fitorremediadoras; la segunda especie fue: el maíz (*Zea mays*) especie conocida por su potencial fitorremediador. **Objetivo:** Determinar el potencial de remoción de plomo de suelos contaminados utilizando la técnica de fitorremediación con dos especies: Brizanta (*Brachiaria brizantha*) y maíz (*Zea mays*) **Métodos:** En un campo experimental de 40 m², se tuvo 9 unidades experimentales de 20L de capacidad, que fueron rellenados con grava y suelo, y posteriormente contaminados de manera artificial con 642.8mg/kg de plomo en el suelo. Se evaluaron 3 tratamientos (T0:Testigo, T1:Brizanta (*Brachiaria brizantha*) y T2: Maíz(*Zea mays*)) con 3 repeticiones, y al cabo de 4 meses se analizó la concentración de plomo en el suelo de cada unidad experimental **Resultados:** Se obtuvieron las siguientes concentraciones de plomo en suelos por cada tratamiento: T0: 481.17 mg/kg, alcanzando este valor por la lixiviación producida en el riego, disminuyendo en 161.63 mg/kg a cada tratamiento; en cuanto al T1: y T2: las concentraciones de plomo en suelos fueron las siguientes: 270.9 mg/kg y 381.92 mg/kg respectivamente. **Conclusión:** Se concluye lo siguiente: el T1 obtuvo los mejores resultados en el proceso de fitorremediación, pues existe diferencia significativa ($p > 0.05$) con respecto al T0, obteniendo un 43.7 % de eficiencia de remoción; en cambio el T2, no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) en comparación al T0(testigo), pero obtuvo un 20,6 % de eficiencia de remoción de plomo en el tratamiento.

Palabras clave: Absorción de metales, Sistema radicular, materia seca, metales pesados y bioacumulación

Introduction: Lead is a non-biodegradable and persistent pollutant in the environment, with the soil being a direct receptor, which acts as a protective barrier; but the high bioavailability makes it directly related to the environment and human health. In this study, two plant species were selected, the first: brizanta (*Brachiaria brizantha*), grass used in livestock activities, and it has been little studied as phyto remediate plants; the second species was: maize (*Zea mays*) a species known for its phyto remediate potential. **Objective:** To determine the potential for removal of lead from contaminated soils using the phytoremediation technique with two species: Brizanta (*Brachiaria brizantha*) and maize (*Zea mays*) **Methods:** In an experimental field of 40 m², there were 9 experimental units of 20L of capacity, which were filled with gravel and soil, and later artificially contaminated with 642.8mg / kg of lead in the soil. 3 treatments were evaluated (T0: White, T1: Brizanta (*Brachiaria brizantha*) and T2: maize (*Zea mays*)) with 3 repetitions, and after 4 months the lead concentration in the soil of each experimental unit was analyzed **Results:** The following lead concentrations were obtained in soils for each treatment: T0: 481.17 mg / kg, reaching this value due to the leaching produced in irrigation, decreasing by 161.63 mg / kg at each treatment; Regarding T1: and T2: lead concentrations in soils were the following: 270.9 mg / kg and 381.92 mg/kg respectively. **Conclusion:** The following is concluded: T1 obtained the best results in the phytoremediation process, since there is a significant difference ($p > 0.05$) with respect to T0 , obtaining a 43.7% removal efficiency; On the other hand, T2 did not show significant differences ($p > 0.05$) compared to T0, but obtained a 20.6% lead removal efficiency in the treatment.

Keywords: Metal absorption, root system, dry matter, heavy metals and bioaccumulation.

INTRODUCCIÓN

El plomo es un contaminante no biodegradable y persistente en el ambiente; Siendo el suelo uno de los principales medios de disposición de este metal; actúa como una barrera de protección: filtrando, descomponiendo, neutralizando, almacenando e impidiendo su biodisponibilidad del contaminante, de los medios sensibles como los biológicos e hidrológicos; pero su alta disponibilidad en el suelo, hace que este actúe como fuente de contaminantes, suponiendo un peligro para todo organismo vivo (Moreno, 2018 ; Galán & Romero, 2008).

Las concentraciones por plomo en el suelo se ha incrementado por las actividades antrópicas y su alta demanda de productos que contienen dicho contaminante (Bonilla, 2013), debido al alto índice de toxicidad y la capacidad acumulativa en los sistemas biológicos, los niveles de Pb en el suelo tienen una gran influencia importante sobre la salud humana, animales y plantas. En los últimos años el plomo ha formado un desequilibrio en el medio presente de la naturaleza, como la absorción de las plantas en sus diferentes partes, siendo estas de mucho peligro al entrar en contacto con el organismo de los individuos (Bellido, 2018).

La alta biodisponibilidad de metales pesados en el suelo, genera una problemática en la acumulación de estos en las raíces y su transportación al tejido aéreo, debido al contacto directo de su sistema radicular (Covarrubias et al., 2015). Estos contaminantes pueden llegar a alcanzar efectos negativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas como: Disminución del contenido de materia orgánica, de nutrientes, alteración del pH produciendo suelos ácidos, como consecuencia dificulta el crecimiento de una cubierta vegetal protectora beneficiando la erosión del suelo, la aridez, y la extensión de los contaminantes hacia zonas terrestres, acuáticas y, como resultado, el incremento de vulnerabilidad de la planta al asalto por insectos, plagas y enfermedades (Peña & Beltrán, 2017).

Teniendo la problemática y estudios que indican el gran peligro del plomo en nuestro medio, se realizó un proyecto de investigación en suelos, con el propósito de evaluar la remoción de plomo, mediante el método de fitorremediación el cual consiste en utilizar especies vegetales que tenga la propiedad de remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar contaminantes en sus diferentes partes físicas como raíz, tallos y hojas (Gonzales et al., 2017) (Delgadillo et al., 2011).

Para el estudio a realizar se consideró utilizar dos especies vegetales: Brinzanta (*Brachiaria brizantha*) es un pasto muy utilizado en las actividades ganaderas y que se encuentra ubicado en los extremos del Nor Oriente Peruano y maiz (*Zea mays*) especie conocida por su potencial fitorremediador de suelos contaminados con metales pesados.

El objetivo de este estudio de investigación es determinar el potencial de remoción de plomo de suelos contaminados utilizando la técnica de fitorremediación con dos especies: Brizanta (*Brachiaria brizantha*) y maiz (*Zea mays*), y de esa manera, aceptar o rechazar la hipótesis alterna que uno de los cultivos indicadores, tiene mayor eficiencia en la remoción de plomo.

MATERIALES Y METODOS

Área de Estudio: El presente proyecto fue realizado en el campus de la Universidad Peruana Unión- Filial Tarapoto, bajo condiciones ambientales normales. Ubicado en el distrito de Morales, provincia de San Martín, región San Martín, a una altitud de 283 m.s.n.m.; y fue desarrollado durante el periodo de mayo 2021 a setiembre 2021. La Zona de Vida es correspondiente a Bosque húmedo premontano tropical (GORESAM, n.d.)

Materiales: Semillas de maíz (*Zea mays*), semillas de brizanta (*brachiaria brizantha*), baldes de plástico de 20L, nitrato de plomo ($Pb(NO_3)_2$), piedras grava, manto semi-impermeable, bolsas ziplock, guantes de mano, pajilla de arroz y 6m de plástico.

Diseño experimental: El diseño experimental es un diseño completamente al azar (DCA) con dos tratamientos, un testigo y tres repeticiones. El campo experimental tuvo un área de 40 m² donde se dispusieron las 9 unidades experimentales, de 20L de capacidad, con agujeros en la parte inferior, con el fin de ayudar en la evacuación del exceso de agua y evitar la pudrición de las plantas, además se le colocó un sistema de drenaje de grava, recubierto por un manto semi-impermeable, al cual posteriormente se le adicionó el suelo.

La distribución de las unidades experimentales fue completamente al azar, en los que se tomaron en cuenta los 3 tratamientos, que fueron codificados de la siguiente manera:

T0: Testigo

T1: Tratamiento con brizanta (*Brachiaria brizantha*)

T2: Tratamiento con maíz (*Zea mays*)

De esta manera se tuvo 3 repeticiones por tratamiento, y en cada unidad experimental correspondiente se cultivó 3 semillas de brizanta y maíz respectivamente, con lo que se simuló densidades de siembra en campo.

Preparación de semilla: Las semillas de brizanta y maíz fueron semillas certificadas adquiridas en una agropecuaria, las cuales, se sembró 3 semillas de cada especie en cada repetición correspondiente.

Preparación de la solución de plomo: Previo a la contaminación del suelo con plomo, para obtener una distribución homogénea del contaminante en el perfil del suelo, se determinó el porcentaje de porosidad, y posteriormente se preparó las disoluciones de nitrato de Plomo ($Pb(NO_3)_2$). Luego, se envió a analizar una muestra de 1Kg de suelo de plomo al Instituto de Cultivos Tropicales para que sea analizada, obteniendo una concentración inicial de 642.8 mg/Kg de Plomo, asegurando que la concentración estuviera por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (ECA - Decreto Supremo N° 011-2017 -MINAM) y previendo posibles pérdidas de lixiviación de parte de las lluvias.

Proceso de germinación de las especies vegetales: La germinación de la brizanta y el maíz se dio a los 7 y 5 días respectivamente y fueron puestas bajo condiciones ambientales normales. Se llevó un control del agua administrada tanto por riego como por secano. Ya que debido a las altas temperaturas donde se desarrolló la investigación el riesgo de marchitez de las plantas fue elevado.

Una vez cumplido el tiempo estimado de 4 meses, debido a la madurez fisiológica del cultivo del maíz y duración del proyecto (Munive, Loli, Azabache, & Gamarra, 2018). Se extrajo una muestra de suelo de cada tratamiento aplicado, en consideración de las especificaciones de la Guía para el muestreo de suelos contaminados, en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013, que consiste en cuartear la muestra mezclada y volver a reiterar el proceso hasta alcanzar la cantidad requerida de material a analizar con el fin de obtener una muestra compuesta representativa, de la cual se seleccionó 1Kg de muestra de cada unidad experimental, que fueron analizadas en las Instalaciones del Laboratorio de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales, obteniendo la concentración final de plomo en el suelo por cada tratamiento.

Una vez obtenidos los datos se procedió a realizar el análisis de fitorremediación del suelo, determinando el porcentaje de absorción de cada tratamiento aplicado, para esto se comparó la concentración inicial de plomo con la concentración final, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% = \frac{\text{Concentración de Pb en el testigo} - \text{concentración de Pb en el tratamiento}}{\text{Concentración de Pb en el testigo}} \times 100$$

Como parte de la evaluación, se realizó una prueba de materia seca, donde se extrajo manualmente las plantas de cada tratamiento con la mayor cantidad de raíces posibles, y se midió tanto la altura de planta, longitud de raíces y el peso seco de ambas (Tabla N°5)

RESULTADOS

Según los resultados del análisis inicial de la concentración de plomo en el suelo fue de 642.8 mg/Kg.

Del mismo modo, el proceso de fitorremediación con brizanta y maíz dio los siguientes resultados de plomo en el suelo.

TABLA 1
Concentración final promedio de plomo en el suelo (mg/kg)

Tratamiento	Concentración final Pb (mg/Kg)
T0 Testigo	481.17
T1 Brizanta (<i>Brachiaria brizantha</i>)	270.9
T2 Maíz (<i>Zea mays</i>)	381.92

De la tabla N°1 se advierte que hubo una pérdida de plomo en el suelo de manera natural, ocasionado por la infiltración de agua de riego. Reduciendo en 161.63 mg/kg la cantidad de plomo en el suelo en las unidades experimentales.

Asimismo, se puede observar que los mayores niveles de concentración promedio de plomo en el suelo lo tiene el T0 (Blanco) con 481.17 mg/Kg, luego sigue el T2 con 381.92 mg/Kg y por último el T1 con 270 .9 mg/Kg.

Además, al realizar el análisis de fitorremediación del suelo y saber la eficiencia de remoción, los resultados fueron los siguientes: El mayor porcentaje de absorción de plomo lo obtuvo el T1(brizanta) con un 43.7 %, seguido del T2(maíz) con un 20.6%. Tal y como se muestra en la figura 2 y Tabla 2

TABLA 2
Prueba T para muestras independientes

Clasificación	Variable	Grupo	N	Media	Var	p-valor	prueba
		{T1}	3	0.44	0.02		
TRATAMIENTO	EFICIENCIA	{T2}	3	0.2	0.04	0.167	Bilateral

De manera análoga, con los resultados obtenidos, se realizó una prueba estadística de ANOVA a los 3 tratamientos con el fin de comparar si existe diferencia significativa entre ellos.

TABLA 3
Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66385.35	2	33192.67	6.06	0.036
Tratamiento	66385.35	2	33192.67	6.06	0.036
Error	32887.26	6	5481.21		
Total	99272.61	8			

De la tabla N°3 el p-valor dio como resultado 0.036, siendo menor que el nivel de significancia ($p > 0.05$); por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de la investigación de que todos los tratamientos aplicados son iguales.

También, se realizó una prueba de comparación múltiple de medias: Test de Tukey, en la que se demostró que entre los tratamientos T0 y T1 si existe diferencia significativa ($P < 0.05$), mientras que entre los tratamientos T0 y T2 estadísticamente no existe diferencia significativa y de igual manera con los tratamientos T2 y T1. (Tabla 3).

TABLA 4
Prueba de tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T0 (Testigo)	481.17	3	42.74	A	
T2 (maíz)	381.92	3	42.74	A	B
T1 (brizanta)	270.90	3	42.74		B

Nota: Medias con una letra común no presenta diferencia significativa ($p > 0.05$)

Con respecto a la prueba de materia seca, los resultados fueron los siguientes:

TABLA 5
Altura de planta, longitud de raíces y peso seco de parte área y raíces

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Longitud de Raíces (cm)	Peso seco en Hojas y Tallos (gr)	Peso seco en Raíces (gr)
T1	43.61	38.39	8.82	5.55
T2	47.94	25.78	4.40	1

DISCUSIÓN

Al cabo de 4 meses de estar las dos especies expuestas a una concentración inicial de 642.8mg/Kg, los valores más bajos de concentración de plomo en el suelo se obtuvieron en el T1(brizanta) con respecto al T2(maíz) que fue de 270.90 mg/Kg a 381.92 mg/Kg respectivamente. Teniendo un porcentaje de absorción de plomo del 43.7% y 20.6 % por la brizanta y maíz respectivamente. Según estudios, los mecanismos de absorción de metales pesados se inicia por parte del Sistema radicular de la planta hacia los tejidos de la parte aérea (Pajoy, 2017), suceso que se corrobora con la baja producción de raíces por parte del maíz (1 gr de materia seca) con respecto a la brizanta (5.55 gr de materia seca), diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$), puesto que el sistema radicular de la brizanta fue más profundo y ramificado, lo que ayuda a la movilización de nutrientes o contaminantes; así como lo afirma Peláez et al., (2016) que la bioacumulación de plomo a concentraciones muy altas en los tejidos vegetales de las especies de brachiaria se da en mayor incidencia en las raíces, luego en los tallos y hojas.

Además, la brizanta alcanzó una altura promedio de 43.61 cm; empero, investigaciones sobre el comportamiento de esta especie en la selva peruana, en suelos no contaminados con plomo, demuestran que la altura varía entre 79 a 83 cm (Vásquez, 2014). De la misma manera, en el caso del maíz, la altura promedio fue de 47.94 cm, y es sabido por literatura que la altura promedio puede variar entre 191 cm y 355 cm (Davalos, 2013).

Coincidiendo con la información hallada por Pelaez P et al., (2014) manifestando que la bioacumulación de plomo en *Brachiriaria arrecta* provoca trastornos histológicos, puesto que, el plomo después de entrar en la célula de la planta, ocasiona una serie de síntomas de toxicidad: reducción del crecimiento, oscurecimiento del Sistema radicular, alteración de la nutrición, modificación del estado hormonal de las plantas (Sharma & Dubey, 2005), a su vez, otros autores como Cerrón et al., (2018) e Isaza, (2013) demuestran que a mayor presencia de contaminantes en metales pesados (plomo y cadmio) , el crecimiento del cultivo de maíz se ve limitado; por lo tanto, los resultados en este estudio demuestran que el alto contenido de plomo en el sustrato utilizado ha producido una muestra clara de toxicidad en ambas especies. Así como lo confirma Cordero, (2015) y Peña & Beltrán, (2017) en sus investigaciones con diferentes tratamientos que fueron *Bracharia decumbes*, Semillas de *Mosabay*, Combinación de semillas y *Helianthus Annuss L*

Trabajos realizados con otras especies reafirman estos resultados, en plantas de girasol con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost, fue la raíz que absorbió en mayor proporción los contaminantes (Pb y Cd), de manera especial en suelos con elevadas concentraciones de plomo (1154 mg /kg), pues la aplicación de enmiendas ayuda a solubilizar al Pb y Cd en el suelo.(Munive et al., 2020), también, Chavez.,(2014) nos muestra que especies de *calamagrotis* y *nicotiana* obtuvieron valores promedios de plomo de manera significativa en las raíces de 299.8 mg/kg y 276.7 mg/Kg respectivamente, comprobando que las especies nativas como fitorremediadora son las más convenientes para su propio entorno, así mismo Carrillo et al., (2017) utilizo enmiendas como tratamiento que fueron vermicompost solo y en mezcla con aserrín, además utilizo la planta *Ricinus communis* de la misma forma Munive et al., (2018) aplico el método de fitorremediación utilizando maíz y adhiriendo compost de estevia, vermicompost de estevia y químico.

Luego de analizar los 3 tratamientos, se concluye lo siguiente: en las unidades experimentales del T0 (Testigo) bajo condiciones ambientales normales, en el suelo se redujo a 481.17 mg/Kg la concentración de plomo, debido a las lluvias y el proceso de infiltración en los suelos. Con respecto al T1(brizanta), tratamiento que obtuvo mejores resultados y en el que se aprecia estadísticamente diferencia significativa en cuanto al T0(Testigo), puesto que los análisis de plomo en suelos, dio una concentración promedio de 270.9 mg/Kg, debido a la cantidad de su sistema radicular y a las condiciones climáticas, lo que equivale a una absorción del 43.7 % (210.27 mg/Kg) de plomo. Por último, en el T2(maíz) se obtuvieron concentraciones de 381.92 mg/kg de plomo en el suelo, demostrando que no existe diferencia significativa con respecto al T0, pero se observa una clara tendencia a remover concentraciones de plomo en el suelo, teniendo un 20.6 % (99.25 mg/Kg) de eficiencia de remoción de plomo. Por último, se espera que los resultados obtenidos en esta investigación sirvan como referencia en estudios posteriores a realizarse.

AGRADECIMIENTOS

Nosotros agradecemos en primer lugar a Dios, por la vida y la salud para poder realizar este proyecto de investigación, también a la Universidad Peruana Unión por abrirnos sus puertas y poder llevar a cabo todo el proceso de investigación dentro de sus instalaciones, de igual manera a nuestros padres y hermanos que nos apoyaron a realizar el Proyecto, por las instrucciones dadas y su contribución para la mejora de este manuscrito; así mismo a nuestra querida amiga Elizabeth Córdova Cruz, por apoyarnos durante todo el Desarrollo del Proyecto.

REFERENCIAS

- Bellido, J. (2018). Niveles de plomo en los suelos de la urbanización primavera, Distrito de El Agustino [Universidad Nacional Federico Villareal]. http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2251/Bellido_Vicente_Jesus_Vidal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bonilla, S. (2013). Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación. [Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Carrillo, R., Perea, Y., & González, M. (2017). Phytoremediation aided by amendments .Las técnicas. 10, 15–20.
- Cerrón, R., Figueroa, O., & Leyton, A. (2018). Fitorremediación con Maíz (Zea mays L .) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 551–560. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.11>
- Chavez, L. (2014). Fitorremediación con Esppecies Nativas en suelos Contaminados por Plomo [Universidad Agraria La Molina]. In Facultad de Ciencias. http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed12&N_EWS=N&AN=355358205
- Covarrubias, S., García, J., & Peña, J. (2015). El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, 25, 40–45. <https://doi.org/10.15174/au.2015.907>
- Cordero, J. (2015). Fitorremediación in Situ Para La Recuperación De Suelos Contaminados Por Metales Pesados (Plomo Y Cadmio) Y Evaluación De Selenio En La Finca Furatena Alta En El Municipio De Útica (Cundinamarca). *Universidad Libre de Colombia*, 1, 1–90. [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediación_in_situ_para_la_remoción_de_metales_pesados_\(plomo_y_cadmio\)_y_evaluación_de_sel.pdf?sequence=1](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediación_in_situ_para_la_remoción_de_metales_pesados_(plomo_y_cadmio)_y_evaluación_de_sel.pdf?sequence=1)
- Davalos, A. (2013). Diversidad de maíz (Zea mays L.) en la selva peruana. Universidad Agraria La Molina.
- Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., & Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 597–612.
- Galán, E., & Romero, A. (2008). Contaminación de Suelos por. *Revista de La Sociedad Española de Mineralogía*, 10, 48–60.

- González, M., Carrillo, R., Sánchez, A., & Ruiz, A. (2017). Alternativas de fitorremediación de sitios contaminados con elementos potencialmente tóxicos. *Agroproductividad*, 10, 8–14.
- Isaza, G. (2013). Efecto del plomo sobre la imbibición, germinación y crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. y *Zea mays* L. *Biotecnología Vegetal*, 13(3), 161–167.
- Moreno, M. (2018). La Contaminación del suelo por Plomo y sus consecuencias sobre la Salud Humana.
- 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>
- 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>
- Pajoy, H. (2017). Potencial fitorremediador de dos especies ornamentales como alternativa de tratamiento de suelos contaminados con metales pesados. Universidad Nacional de Colombia.
- Peláez, M., Bustamante, J., & Gómez, E. (2016). Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de *Brachiaria* en el Magdalena medio colombiano. *Luna Azul*, 43, 82–101. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.5>
- Pelaez P, M., Casierra-Posada, F., & Torres R., G. A. (2014). Tóxicidad de cadmio y plomo en Pasto Tanner *Brachiaria arrecta*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(2), 3. <https://doi.org/10.22267/rcia.143102.27>
- 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>
- Sharma, P., & Dubey, R. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 18.
- Vásquez, E. (2014). Evaluación del comportamiento agronómico del pasto Brizanta (*Brachiaria brizantha*) en cinco fundos ganaderos del eje carretero Yurimaguas- Pampa Hermosa.
- GOESAM. (n.d.). *Zonas de vida del Departamento San Martín*. Sistema de Información Ambiental Regional | SIAR San Martín. Retrieved December 5, 2021, from <http://siar.regionsanmartin.gob.pe/mapas/zonas-vida-departamento-san-martin>

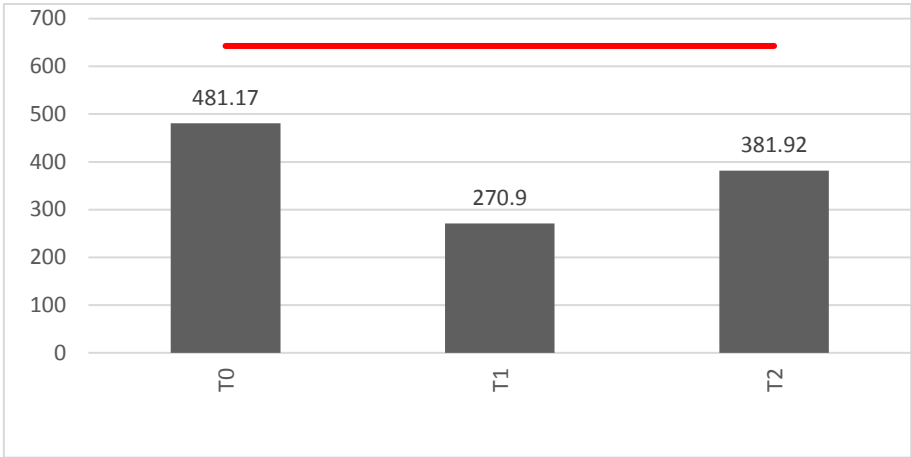


Figura 1: Concentración promedio final de plomo en el suelo

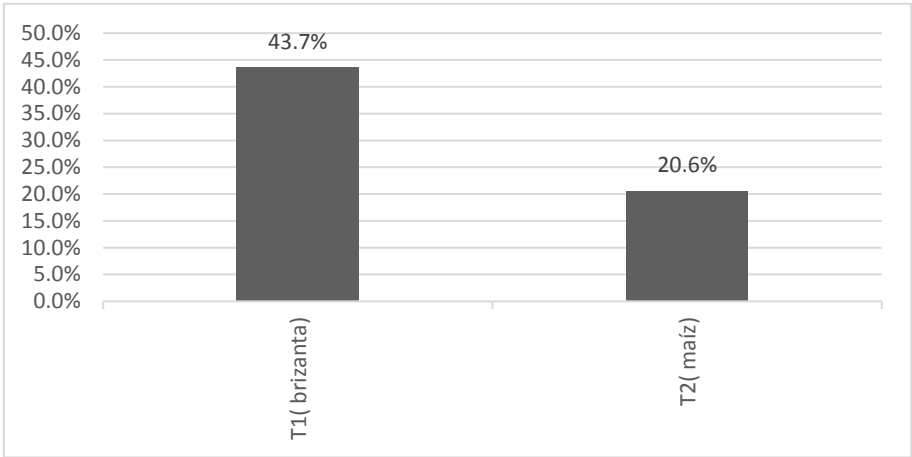


Figura 2: Porcentaje de absorción por especie



Figura 3: Maiz (*Zea mays*) a los cuatro meses de edad



Figura 4: Brizanta (*Brachiaria brizantha*) a los cuatro meses de edad



Figura 5: Desarrollo radicular de la brizanta (*Brachiaria brizantha*)



Figura 6: Desarrollo radicular del maíz (*Zea mays*)