

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



Una Institución Adventista

**Aplicación de microorganismos eficientes y maíz (Zea mays L.)
para la remoción de plomo en el suelo en condiciones
controladas**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental

Autores:

Stephane Quincho Salazar
Nidia Sarita Yomona Shupingahua

Asesor:

MSc. Andrés Erick Gonzales López

Tarapoto, abril de 2022

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: “**Aplicación de microorganismos eficientes y maíz (Zea mays L.) para la remoción de plomo en el suelo en condiciones controladas**” constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) Stephane Quincho Salazar y Nidia Sarita Yomona Shupingahua para obtener el título de Profesional de Ingeniería 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 Morales , a los 25 días del mes de Abril del año 2022.



Andrés Erick Gonzales López

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a...08..... día(s) del mes de.....Abril.....del año 2022.. siendo las....09:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtro. Carmelino Almestar Villegas....., el (la) secretario(a): Mtra. Kätterin Jina Luz Pinedo Gómez..... y los demás miembros: Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo.....

.....y el (la) asesor(a) ...MSc. Andres Erick Gonzales Lopez..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:..."Aplicación de microorganismos eficientes y maíz (Zea mays L.) para la remoción de plomo en el suelo en condiciones controladas"

..... del(los) bachiller(es): a) Nidia Sarita Yomona Shupingahua

..... b) Stephane Quincho Salazar

..... 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): Nidia Sarita Yomona Shupingahua

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

Bachiller -(b): Stephane Quincho Salazar

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

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	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)

(*) **Tabla de Calificación**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	20	A+	Con nominación de Excelente	Excelencia
	19	A		
	18	A-	Con nominación de Muy Bueno	Sobresaliente
	17	B+		
	16	B	Con nominación de Bueno	Muy Bueno
	15	B-		
	14	C	Con nominación de Aceptable	Bueno
DESAPROBADO	Menos de 14	D	Con nominación de Deficiente	Insuficiente

Resumen

El plomo es un metal que normalmente queda retenido en la capa superficial. La investigación tiene como objetivo evaluar el potencial efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en el maíz para la remoción de plomo en el suelo, en el campus de la UPeU, San Martín. La muestra estuvo conformada por suelo contaminado artificialmente con nitrato de plomo con una concentración de 390,51 mg/kg, la cual es superior al estándar de calidad ambiental para suelos. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con un factor y tres niveles (suelo contaminado, suelo contaminado + maíz, suelo contaminado + maíz + microorganismos) y tres repeticiones, dando como resultado un total de nueve unidades experimentales (macetas). La medición de la concentración de plomo en las muestras se realizó al inicio y finalizando los 4 meses del ensayo. Se obtuvo los siguientes resultados en los análisis de suelo: T0=364,38 mg/kg; T1=347,31 mg/kg; T2=268,04 mg/kg no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos aplicados obteniendo un p-valor de 0,26; el cual es mayor que 0,05, considerando así la Hipótesis nula, para la remoción de plomo en el suelo. Asimismo, el mayor porcentaje de absorción de plomo a nivel muestra con el tratamiento de suelo contaminado+ maíz+ microorganismos eficientes, siendo el porcentaje de absorción de 26,44%; seguido del tratamiento de suelo contaminado+ maíz, con un porcentaje de absorción de 4,68 %.

Palabras claves: Absorción, Metal pesado, Tratamiento

Abstract

Lead is a metal that is normally retained in the surface layer. The objective of the research is to evaluate the potential effect of the application of efficient microorganisms in corn for the removal of lead in the soil, at the UPeU campus, San Martín. The sample consisted of soil artificially contaminated with lead nitrate with a concentration of 390.51 mg/kg, which is higher than the environmental quality standard for soils. A completely randomized experimental design was used, with one factor and three levels (contaminated soil, contaminated soil + maize, contaminated soil + maize + microorganisms) and three repetitions, resulting in a total of nine experimental units (pots). The measurement of the lead concentration in the samples was carried out at the beginning and at the end of the 4 months of the trial. The following results

were obtained in the soil tests: T0=364,38 mg/kg; T1=347,31mg/kg; T2=268,04 mg/kg, not finding significant differences between the applied treatments, obtaining a p-value of 0,26; which is greater than 0,05, thus considering the Null Hypothesis, for the removal of lead in the soil. Likewise, the highest percentage of lead absorption at the sample level with the treatment of contaminated soil + corn + efficient microorganisms, with the absorption percentage being 26,44 %; followed by the treatment of contaminated soil + corn, with an absorption percentage of 4,68 %.

Keywords: Absorption, Heavy metal, Treatment

INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo por plomo es preocupante, ya que este metal normalmente queda retenido en la capa superficial, pudiendo ocasionar polvos en suspensión, además del contacto de niños y animales con el suelo contaminado (Vasconcellos, 2004). Asimismo, los metales pesados, entre ellos el plomo, causan efectos nocivos en el organismo, por tener propiedades acumulativas, mutagénicas y cancerígenas (Curtis, citado por Ribeiro, 2013). Otros efectos perjudiciales del plomo son neuropatía periférica, anemia, alteraciones cognitivas, complicaciones renales, hipertensión, enfermedades cerebro-vasculares y pérdida de apetito (Cunha, Altmeyer, Tatiane & Piovesan, 2013). Las fuentes antropogénicas de plomo que van hacia el suelo provienen de restos de fundiciones, fertilizantes, pesticidas, transporte, minería y metalurgia, industria y radionúclidos (Cortecci, citado por Pantaleão & Chasin, 2014).

Asimismo, existen diversas técnicas para la eliminación de metales pesados del suelo, entre ellas está la biorremediación. Este método hace uso de sistemas biológicos como microorganismos o plantas, para reducir el nivel de contaminación que presenta ya sea el suelo, el agua o el aire (Abdelly, 2006). De otro lado, el uso de microorganismos es una alternativa promisoría para remediar ambientes que han sido contaminados por plomo (Pb^{2+}), ya que es rentable y amigable con el ambiente. Asimismo, diversas especies de microorganismos tienen el potencial de eliminar o inmovilizar este el plomo, transformándolo en un metal estable, con lo cual se reduce el potencial tóxico de este metal pesado (Pan et al., 2017). Asimismo, Chiwetalu, Mbajiorgu, & Ogbuagu (2020) sostienen que la especie *Z. mays* L. es utilizada en forma eficiente en remediar suelos contaminados con plomo. Los resultados del presente estudio, permitieran conocer el potencial de eliminación del plomo por los microorganismos eficientes; para luego ser aplicada a escalas mayores; con lo cual se estará garantizando el uso de tecnologías sostenibles.

El objetivo principal en esta investigación es evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes para potenciar la remoción de plomo por parte del maíz, en el campus de la Universidad Peruana Unión, San Martín.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio:

El estudio se ejecutó en la Universidad Peruana Unión – Sede Tarapoto, Provincia de San Martín. Las coordenadas del área de estudio son 345610 (E) y 9284425 (N) con una altitud de 330 msnm y zona de vida Bosque Húmedo Premontano Tropical (ARA, 2019).

Materiales:

Baldes de plástico con capacidad de 20L, microorganismos eficientes, nitrato de plomo $Pb(NO_3)_2$, semillas de maíz (*Zea mays* L), bolsas de Ziploc, barreno, plástico de 6m², pajilla de arroz, guantes, grava, tela de algodón, probeta de 20ml, balanza analítica, estufa y malla plástica.

Diseño experimental:

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con dos tratamientos y un testigo con tres repeticiones (T0: Testigo; T1: suelo contaminado con plomo + maíz; T2: suelo contaminado con plomo + maíz + microorganismos), con un total de nueve unidades experimentales.

Preparación de macetas:

Utilizamos 9 baldes con capacidad de 20L, realizando agujeros en la parte inferior para evacuar el exceso de agua, luego se colocó grava con la finalidad de que actué como un sistema de drenaje, además se colocó un tela de algodón, finalmente se le adiciono el suelo.

Activación de microorganismos eficientes:

En la activación de microorganismos se vertió 5L de agua, 250ml de melaza y 250ml de microorganismo eficiente (ME¹) en un balde. Los cuales deben contar con 7 días de reproducción anaeróbica (sin presencia de oxígeno), para luego ser utilizados.

Contaminación de suelo:

Para contaminar el suelo se preparó soluciones de nitrato de plomo, posterior a ello se tomó una muestra total de 1kg para ser enviado a analizar al Instituto de Cultivos Tropicales obteniendo como resultado del análisis una concentración inicial de 390,51 mg/kg. La cual es superior al estándar de calidad ambiental para suelos. (MINAM, 2017)

Procedimiento experimental:

Se procedió a la siembra de la semilla de maíz; siendo 3 por cada tratamiento y sus repeticiones correspondientes (T1 y T2), dando un total de 18 plantas. Asimismo se adicionó los microorganismos eficientes en el tratamiento T2 y repeticiones mediante aspersión, con una dosis de aplicación de 250 ml, la cual se aplicó 14 veces en los 4 meses.

Como parte del análisis de investigación se realizó la extracción de la planta de maíz, con cuidado sacando la mayor cantidad de raíces posibles sin maltratarlas, para luego medir la parte aérea, raíces y cantidad de frutos. Posteriormente se llevó a la estufa, por 3 días, a una temperatura promedio de 60°C para obtener el resultado final del peso en seco.

Finalmente se midió la concentración de plomo que se realizó al final del ensayo enviando un 1kg de muestra extraída de cada maceta, para luego enviar al laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales.

Para las pruebas estadísticas realizamos el análisis de varianza (ANOVA) con significancia de 5% y su correspondiente prueba Tukey para la comparación de medias. Los datos se procesaron en el programa InfoStat.

RESULTADOS

Remoción de plomo

Los análisis de suelo muestran los siguientes resultados:

El promedio de concentración de plomo en el suelo de los tratamientos son: T0: 364,38 mg/kg, T1: 347,31 mg/kg Y T2: 268,04 mg/kg. Obteniendo en el análisis de varianza un resultado no significativo con un p-valor de 0,26; el cual es mayor que 0,05, aceptando la H0. (Ver tabla 1 y 2).

Eficiencia en la absorción de plomo

En la figura 1 se muestra las medias porcentuales. En la absorción de plomo se obtuvo un mayor porcentaje en el tratamiento T2 (suelo contaminado con Pb + maíz + microorganismos eficientes) siendo el porcentaje de absorción de 26,44 % y el tratamiento T1 (suelo contaminado con Pb + maíz) muestra un porcentaje de absorción de 4,68 %. (Ver figura 1)

Comparación de los promedios del tamaño y peso del maíz

En la comparación de los promedios del tamaño y peso del maíz, en el tratamiento T2 (suelo contaminado con Pb + maíz + ME), se obtuvo mayor desarrollo de la planta teniendo como resultado de 24,63 cm en la raíz, 88,13 cm en el tallo y 1,11 frutos; asimismo en el peso de 3,87 g en la raíz y 20,21 g en la parte aérea del maíz. A diferencia del tratamiento T1 (suelo contaminado con Pb + maíz) que tuvo como resultados: 21,22 cm en la raíz, 69,89 cm en el tallo y 0,78 frutos; asimismo en el peso de 2,98 g en la raíz y 13,03 g en la parte aérea del maíz. (Ver tabla 3)

DISCUSIÓN

En la investigación, no se encontró diferencia significativa entre los tres tratamientos (T0: testigo; T1: suelo contaminado con Pb + maíz y T2: suelo contaminado con Pb + maíz + microorganismos eficientes) en cuanto a la remoción de plomo. Pese a que en los tratamientos no existe diferencia significativa hay una tendencia de disminución en concentración de plomo en el suelo, destacando el tratamiento T2 el cual involucra aplicación de microorganismos eficientes, siendo sus concentraciones promedio respectivamente de 347,31 mg/kg en el T1 y de 268,04 mg/kg en el T2. Esto se debe a la capacidad que tiene la especie *Zea mays* para secuestrar iones de plomo, tal como lo demuestra el estudio desarrollado por Chiwetalu, Mbajorgu, & Ogbuagu (2020), en el cual se encontró que la extracción de plomo por parte del sistema vegetal creció con el incremento de plomo en el suelo, no obstante el mecanismo de remoción de plomo en la planta según (Gerhardt et al, 2017) citado por autor (Esquivel, 2020) inicia desde las raíces hasta los tejidos aéreos, al igual que los nutrientes, esto se puede transportar mediante tres vías: vías paredes celulares, citoplasma/plasmodesmos y vías transportadoras de membrana; por tal razón el Pb se puede acumular en las vacuolas, aparato de Golgi y pared celular.

Asimismo, el tratamiento que adicionamos microorganismos eficientes tuvo mayor eficiencia de remoción de plomo en el suelo de 26,44 % para el tratamiento T2 y para el tratamiento T1 que no se adicionó microorganismos eficientes fue de 4,68 %, debido a la participación de los microorganismos eficientes (Condori, 2020), los cuales son importantes en la absorción de plomo, principalmente los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Trichoderma* (Guartantanga & Siguencia, 2019). MuñozSilva (2019) encontró que bacterias del género *Bacillus* cumplen una importante función en la biorremediación del plomo del suelo. Atikpo & Micheal (2018) al analizar el potencial de seis especies de microorganismos (*Arthrobacter nicotinae*, *Trichophyton interdigitale*, *Klebsiella*

pneumoniae, *Bacillus subtilis*, *Proteus mirabilis* y *Onychocola canadensis*) para la eliminación de plomo del suelo, durante 35 días, encontraron eficiencias de remoción mayores al 50 %, sin embargo, con la especie *Arthrobacter nicotinae*, obtuvo el mayor porcentaje (79,78 %). Asimismo, Braun, Silva, Visentin & Thomé (2019), afirma que las especies hongos micorrízicos arbusculares *Glomus clarum*; *Aspergillus*; *Thielavia*; *Penicillium* y *Desulfuromonas palmitatis* se utilizan para la eliminación de plomo con eficiencia superiores al 95%. Por otro lado, Chiwetalu et al., (2020) encontró una eficiencia de remoción del plomo del suelo de 2,25 % con la especie *Z. mays* L., los valores bajos de eficiencia se explican por los valores de pH bajos, los cuales hacen que el plomo no esté disponible para la absorción tanto por los microorganismos como por la rizósfera. Encontramos que los datos de eficiencia de absorción de los autores Sanchez & Vilcas, (2021) en su investigación con Brizanta y Maíz, obtuvieron el mayor porcentaje de absorción de plomo en el T1 (brizanta) con un 43.7 %, seguido del T2 (maíz) con un 20.6%.

Al comparar el peso seco y longitudes de raíces del maíz en los tratamientos T1 y T2 se evidenció diferencia en el peso seco de raíces de 0,89 g y una diferencia de longitudes de 3,41 cm, siendo el T2 el que destaca en peso y longitud de raíces; de acuerdo con Romdhane et al. (2021), al exponer plantas de maíz en suelo contaminado con plomo, la longitud de las raíces, se reduce notablemente, debido a que el maíz utiliza una estrategia de adaptación significativa en el suelo contaminado, la cual consiste en una mayor fracción de longitud de raíces gruesas y una menor fracción de raíces más finas. Esto se debe a las concentraciones elevadas al que estuvieron expuestas las plantas de maíz; ya que de acuerdo con Metanat et al., (2019), el peso seco promedio de raíces y brotes de maíz disminuye con la elevación de niveles de plomo. Los efectos tóxicos provocados por el plomo en la planta incluyen efectos bioquímicos y moleculares que pueden provocar desequilibrio en la homeostasis, daños en las biomoléculas, estrés oxidativo en la planta (Silva et al., 2015). Mientras (INIA, 2008), el desarrollo de una planta de maíz que no está expuesta a un componente tóxico se tiene un crecimiento de 2 a 2,20m de longitud.

CONCLUSIÓN

Se obtuvo un p-valor de 0,26; el cual es mayor que 0,05, por ello se aceptó la hipótesis Nula; porque no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados para la remoción de plomo. Asimismo, el mayor porcentaje de absorción de plomo a nivel muestra con el tratamiento de T2 (suelo contaminado con Pb + maíz + microorganismos eficientes), siendo el porcentaje de absorción de 26,44 %; seguido del tratamiento T1 (suelo contaminado con Pb + maíz), con un porcentaje de absorción de 4,68 %.

Además se concluye que en el tratamiento T2 (suelo contaminado con Pb + maíz + ME) obtuvo un mayor peso seco en raíces y longitudes siendo sus resultados respectivos de 3,87g y 24,73

cm, a comparación del T1 (suelo contaminado con Pb + maíz) fueron 2,98 g y 21,22 cm en peso seco de la raíces y longitudes.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, a nuestras madres por acompañarnos durante todo el desarrollo de la investigación, asimismo al campus de la UPeU-Morales, San Martín, por el espacio brindado para llevar a cabo el proceso del proyecto.

REFERENCIAS

- Abdelly, C. (2006). *Bioremédiation / Phytoremédiation*. Université De Tunis Institut Supérieur de L'Éducation et de La Formation Continue.
- Atikpo, E., & Micheal, A. (2018). Performance Evaluation of Six Microorganisms Utilized for the Treatment of Lead Contaminated Agricultural Soil. 22(7). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v22i7.18>
- Braun, A., Silva, A., Visentin, C., & Thomé, A. (2019). Biorremediação como alternativa de tratamento de solos contaminados com metais tóxicos. *Revista CIATEC – UPF*, 11(2), 73–87.
- Chiwetalu, J., Mbajiorgu, C., & Ogbuagu, J. (2020). Remedial ability of maize (Zea-Mays) on lead contamination under potted condition and non-potted field soil condition. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 5(1), 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.03.006>
- Chiwetalu, U. J., Mbajiorgu, C. C., & Ogbuagu, N. J. (2020). Remedial ability of maize (ZeaMays) on lead contamination under potted condition and non-potted field soil condition. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 5(1), 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.03.006>
- Condori, X. (2020). Identificación y clasificación de microorganismos eficientes del suelo, en la estación experimental Patacamaya. Universidad Mayor De San Andrés.
- Cunha, P., Altmeyer, S., Tatiane, H., & Piovesan, M. (2013). Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de lixo eletrônico no solo. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo*, 10(2), 208–219.
- Esquivel Ramos, E. (2020). Remoción de plomo (Pb) por plantas normales y transgénicas de *Scirpus americanus* (tule) y estudio de los mecanismos bioquímicos involucrados en la tolerancia [UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI]. [https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/7110/Tesis.M.FCQ.2020.Remoción.Esquivel %28Versión pública%29..pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/7110/Tesis.M.FCQ.2020.Remoción.Esquivel%20Versión%20pública%29..pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Guartantanga, E., & Sigüencia, K. (2019). Recuperación de suelo contaminado con cobre y plomo mediante métodos biológicos al interior del campamento Guarumales. Universidad Politécnica Salesiana.
- INIA. (2008). Maíz Amarillo Duro Marginal 28 Tropical. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/626>
- Metanat, K., Reza, Ghasemi-Fasaei Ronaghi, A., & Yasrebi, J. (2019). Lead Phytostabilization and Cationic Micronutrient Uptake by Maize as Influenced by Pb Levels and Application of Low Molecular Weight Organic Acids. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(15). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1648493>

- MINAM. (2017). Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo. Normas Legales, 12–15. http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/DS_011-2017MINAM.pdf
- Muñoz-Silva, L., Olivera-Gonzales, P., Santillán-Torres, M., & Tamariz-Angeles, C. (2019). Microorganismos tolerantes a metales pesados del pasivo minero Santa Rosa, Jangas (Perú). *Revista Peruana de Biología*, 26(1), 109–118. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i1.15914>
- Pantaleão, S., & Chasin, A. (2014). O Chumbo Como Agente Contaminante Do Meio Ambiente. *Revista Acadêmica*, 1(1), 12.
- Ribeiro, M. (2013). Contaminação do solo por metais pesados. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.
- Romdhane, L., Panozzo, A., Radhouane, L., Dal, C., Barion, G., & Vamerali, T. (2021). Root characteristics and metal uptake of maize (*Zea mays* L.) under extreme soil contamination. *Agronomy*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy11010178>
- Silva, E., Silva, P., & Souza, M. (2015). Chumbo nas plantas: uma breve revisão sobre seus efeitos, mecanismos toxicológicos e remediação. *Agrarian Academy*, 2(03), 1–21.
- Sanchez, T. Y. J., & Vilcas, G. C. I. (2021). Remoción de plomo en suelos utilizando brizanta (*Brachiaria brizantha*) y maíz (*Zea mays*). 1–18. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14615/Moran_Pauca_r_Estrés_académico_apoyo_social1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vasconcellos, F. (2004). Avaliação da contaminação do solo por metais provenientes de indústrias recicladoras de chumbo. Universidade Estadual Paulista.

Conflictos de interés

Hemos declarado que no tenemos conflictos de interés

Tablas y figuras

Tabla 1. Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15858.85	2	7929.43	1.71	0.2585
Tratamiento	15858.85	2	7929.43	1.71	0.2585
Error	27830.83	6	4638.47		
Total	43689.68	8			

Tabla 2. Prueba Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E	
T2(Suelo contaminado con Pb + maíz + M.E)	268.04	3	39.32	A
T1 (Suelo contaminado con Pb + maíz)	347.31	3	39.32	A
T0 (Testigo)	364.38	3	39.32	A

Tabla 3. Comparación de los promedios del tamaño y peso del maíz

TRATAMIENTOS	TAMAÑO Y PESO DEL MAÍZ				
	Raíz (cm)	Tallo (cm)	Nº De Fruto	Raíz (g)	Parte aérea(g)
SUELO CONTAMINADO + MAÍZ	21.22	69.89	0.78	2.98	13.03
SUELO CONTAMINADO + MAÍZ+ ME	24.63	88.13	1.11	3.87	20.21

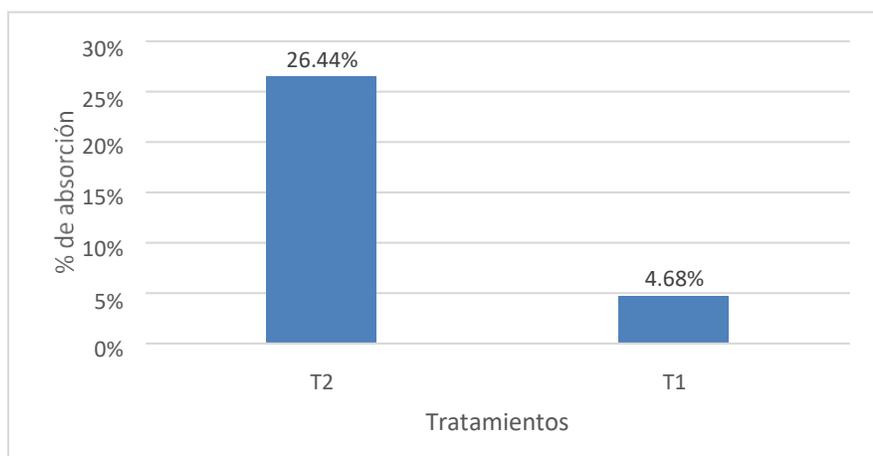


Figura 1. Porcentaje de absorción de plomo

T1R3

T2R2

T0R2

T0R3

T1R1

T2R3

T2R1

T1R2

T0R1

Imagen 1 Croquis del Diseño completamente al azar (DCA), con dos tratamientos y un testigo con tres repeticiones (T0: Testigo; T1: suelo contaminado con plomo + maíz; T2: suelo contaminado con plomo + maíz + microorganismos)



Imagen 2 Diferencia de raíces entre el Tratamiento T1 Y T2 Imagen 3 Medición de las raíces y partes aéreas de los maíces.



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INSTITUCIÓN EDUCATIVA AGRARIA PARA EL DESARROLLO DE LA ZONA NOROCCIDENTAL

CERTIFICADO INSURE Nº 0007200

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nº SOLICITUD
SOLICITANTE
PROCEDENCIA
CULTIVO

: AS0179-21
: STEPHANE QUINCHO SALAZAR
: SAN MARTIN - MORALES - SECTOR SANTA LUCIA
: MAÍZ

FECHA DE MUESTREO
FECHA DE RECEP. LAB.
FECHA DE REPORTE

: 16/07/2021
: 16/07/2021
: 20/07/2021

Rem	Número de la muestra				pH	C.E dS/m	Pb (ppm)
	Lab.		Campo				
01	21	07	0932	MUESTRA-1	4.50	79.00	390.51

MÉTODOS	
pH	POTENCIOMETRO SUSPENSIÓN SUELO-AGUA RELACION 1:2.5
CONDUC. ELÉCTRICA	CONDUCTIMETRO SUSPENSIÓN SUELO-AGUA 1:2.5
METALES PESADOS	ICP-AES

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 20 de Julio del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TAMAYO - PERÚ

César O. Arellano Fernández, MSc
JEFE DE OFICINA DE SUELOS

Imagen 4 Resultados del laboratorio de la primera muestra de suelo.



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INSTITUCIÓN PÚBLICA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

ESTABLECIMIENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nº SOLICITUD
SOLICITANTE
PROCEDENCIA
CULTIVO

A50037-21
STEPHANE QUIMHO SALAZAR / NIDIA SARITA YOIMONA SHUPINGANJA
SAN MARTIN - MORALES - PARCELA UPEU
MAIZ

FECHA DE MUESTREO
FECHA DE RECEP. LAB
FECHA DE REPORTE

11/11/2021
11/11/2021
27/11/2021

Item	Número de la muestra				Pb ppm
	Lab.		Campo		
01	21	11	2225	T0 R1	285.03
02	21	11	2226	T0 R2	320.58
03	21	11	2227	T0 R3	488.64
04	21	11	2228	T1 R1	388.54
05	21	11	2229	T1 R2	341.99
06	21	11	2230	T1 R3	301.41
07	21	11	2231	T2 R1	267.72
08	21	11	2232	T2 R2	273.23
09	21	11	2233	T2 R3	263.16

RECIBIDO
REVISADO POR: [Firma]

La Banda de Shilcayo, 27 de Noviembre del 2021

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TAMAYO 1001
[Firma]
Cecy G. Arango Revueltas, MSc
JEFE DE DEPTO DE SUELOS

Imagen 5 Resultados del laboratorio de la segunda muestra de suelo.