

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



Una Institución Adventista

**Capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) en
suelos contaminados a diferentes concentraciones de plomo
nivel laboratorio**

Por:
Mercy Jimena Morales Meza

Asesor:
Lic.Gina Marita Tito Tolentino

Lima, julio de 2020

**ANEXO 07 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TRABAJO
DE INVESTIGACION**

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

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: *"CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL GIRASOL (HELIANTHUS ANNUUS) EN SUELOS CONTAMINADOS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PLOMO NIVEL LABORATORIO"* constituye la memoria que presenta el(la) Bachiller Mercy Jimena Morales Meza para aspirar al Grado académico de Bachiller ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Ñaña*, a los 24 del año 2020



Lic. Gina Marita Tito Tolentino

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....30..... día(s) del mes de.....julio.....del año ..2020.. siendo las....16:30....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):
 Mg. Iliana Del Carmen Gutierrez Rodriguez....., el(la) secretario(a):
 Ing. Erick Jose Quispe Mamani..... y los demás miembros:
 Mg. Luis Alberto Palacios Choque, Mg. Santiago Ramirez Lopez.....
 y el(la) asesor(a) Lic. Gina Marita Tito Tolentino.....
con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) en suelos contaminados a diferentes concentraciones de plomo nivel laboratorio.....

de los (las) egresados (as): a) Mercy Jimena Morales Meza.....
 b)
conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en
Ingeniería Ambiental.....
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando.....a la..... 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.....la..... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Mercy Jimena Morales Meza.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	15	B-	Bueno	Muy Bueno


Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó.....a la.....candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro



Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) en suelos contaminados a diferentes concentraciones de plomo nivel laboratorio

ABSORPTION CAPACITY OF SUNFLOWER (HELIANTHUS ANNUUS) IN LEAD CONTAMINATED SOILS AT DIFFERENT CONCENTRATIONS AT THE LABORATORY LEVEL

Mercy Jimena Morales Meza ^{a,b}

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

^b *Centro de Investigación y Recursos en Geociencia, Carretera Central Km 19.5 Ñaña- Chosica*

Resumen

El objetivo de este artículo es presentar una revisión sobre la capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) para recuperar suelos contaminados por plomo a diferentes concentraciones. Las contaminaciones del suelo por acumulación de metales pesados son generadas principalmente por las actividades industriales y mineras. El compuesto inorgánico puede permanecer durante mucho tiempo en el ambiente mostrando sus efectos tóxicos e incluso a bajas concentraciones presentando una serie de amenazas a la salud y el ambiente. La fitorremediación, usa plantas para aprovechar su capacidad de absorber, acumular, contaminantes presentes en el suelo. En este trabajo se analiza casos de estudio y resultados obtenidos en algunos países del mundo incluido Perú con respecto a la capacidad que tiene el girasol para absorber el metal plomo. La evaluación de los trabajos analizados da significancia que el *Helianthus annuus* es muy útil para aplicar a suelos contaminados por plomo, asimismo se tiene mayor capacidad de adsorción de los metales según variables que se pueda encontrar en los estudios.

Palabras Clave: fitorremediación, metales pesados, girasol, contaminación, suelo

Abstract

The objective of this article is to present a literature review cited by different authors on the absorption capacity of sunflower (*Helianthus annuus*) to recover lead-contaminated soils at different concentrations. Soil pollution from heavy metal accumulation is mainly generated by industrial and mining activities. The inorganic compound can remain in the environment for a long time, showing its toxic effects and even at low concentrations, presenting a series of threats to health and the environment. Phytoremediation uses plants to take advantage of their ability to absorb, accumulate, contaminants in the soil. This work analyzes case studies and results obtained in some countries of the world, including Peru, regarding the ability of sunflower to absorb lead metal. The evaluation of the analyzed works gives significance that *Helianthus annuus* is very useful to apply to lead contaminated soils, it also has a greater capacity for adsorption of metals according to variables that can be found in the studies.

Keywords: phytoremediation, heavy metals, sunflower, pollution, soil

Autor de correspondencia:

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

E-mail: mercymorales@upeu.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más relevantes que se ha venido dando por años a nivel mundial, es la contaminación del suelo por metales pesados, que proceden principalmente de las actividades mineras e industriales, generando un deterioro en la calidad del ambiente (Ponce et al, 2018).

Estos metales pueden acumularse directa e indirectamente en el suelo, agua o aire. Las sustancias nocivas permanecen durante mucho tiempo en el suelo e influyen negativamente en la disminución del rendimiento de los cultivos con posibles cambios en la composición de sus tejidos con riesgo para la salud de los consumidores (Ponce et al, 2018).

En casos extremos los contaminantes inorgánicos pueden movilizarse mediante escorrentía y lixiviación contaminando las aguas subterráneas y superficiales. Estas aguas contaminadas son muchas veces utilizados para riego de cultivos de manera que se incorporan a la cadena trófica (Suaña, 2018).

Los metales pesados con más presencia en el suelo son: Plomo, zinc, cobre, cromo, arsénico, cadmio y mercurio, siendo entre los mencionados el plomo que causa mayor preocupación por ser una de las sustancias altamente tóxicas para todos los organismos. No es biodegradable y puede persistir en el ambiente por cerca de 150 a 5.000 años (Yongpisanphop et al., 2017).

El plomo es un metal blando, gris poco azulado, resistente a la corrosión y su transferencia de este compuesto a otros sistemas supone un peligro para los seres vivos (Garbisu Crespo et al., 2007). Los efectos del plomo sobre la salud humana incluye anemia, esterilidad, daño a los riñones y retardo mental (Lavado & Ore, 2016).

Un caso registrado es la población infantil de Torreón, México quienes han reportado casos de envenenamiento por plomo proveniente de actividades industriales que incorporan este metal a la cadena alimenticia (Reyes, et al., 2016).

El Perú por ser uno de los países con mayor producción de plomo en el mundo, los suelos están expuestos a ser contaminados constantemente por este metal. Casos emblemáticos como los reportados en La Oroya y su elevada contaminación por plomo de alrededor de 3177 ppm en suelos, afectando los recursos acuáticos y suelos, por consiguiente, a los productos agrícolas y la salud de la población (Chavez, 2014).

Debido a los problemas de contaminación de suelo se han desarrollado diferentes tecnologías para enmendar el impacto causado (Landeros et al., 2011).

La mayoría de los métodos para este fin se han desarrollado y algunos se vienen investigando; sin embargo, consisten en metodologías caras, complicadas y demandan movilizaciones de suelo para ser tratado ex-situ, así como la aplicación de agentes químicos con impactos secundarios al ecosistema (Poma, 2008).

Es por esto que se hace necesaria la búsqueda de formas alternativas de remediación de suelos que sean de fácil uso y costo. Ante ello, presentamos la fitorremediación, una tecnología innovadora basada en la alternativa de utilizar plantas acumuladoras que pueden reducir su peligrosidad de los contaminantes, resultando económico y fácil de aplicar (Noguez et al., 2017).

El girasol, considerado como planta ornamental y de aprovechamiento con sus semillas y aceites, cuenta con la capacidad de acumular metales excesivos de los suelos, promoviendo así la limpieza ambiental (Reategui & Reategui, 2018). La importancia de este trabajo radica en poder analizar sobre el aporte que daría esta planta para ser una alternativa en la aplicación de la fitorremediación en suelos afectados por plomo. En ese sentido el objetivo del trabajo es presentar una revisión de diferentes fuentes sobre la capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) para recuperar suelos contaminados por plomo a diferentes concentraciones, nivel laboratorio.

2. Contaminación e Importancia Del Suelo

La contaminación del suelo consiste en la introducción de elementos extraños al suelo que genera un efecto nocivo para los organismos del suelo y sus consumidores, y es susceptible de transmitirse a otros sistemas además que tienden acumularse en los suelos (Torres, 2011).

De acuerdo con el Plan Director para la Protección del Suelo, un suelo está contaminado cuando

ha sufrido cambios en sus características físicas, químicas o biológicas de manera negativa a causa de la presencia de elementos y/o sustancias de carácter peligroso, haciendo que la productividad del suelo disminuya o se pierda por completo de modo que supone una amenaza para la salud y medio ambiente (Fernández, 2018).

Es suelo es considerado como un componente ambiental importante. Vulnerable, de difícil y larga recuperación puesto que tarda cientos de miles de años en formarse, y de extensión limitada, por lo que se considera un recurso natural no renovable, finito (Silva & Correa, 2009).

2.1. Exposición al Plomo

Este metal se ha utilizado durante muchos años por su resistencia a la corrosión, maleabilidad y facilidad para formar aleaciones.

Las principales vías de exposición del plomo son por inhalación de partículas de plomo generados por combustión de algunos materiales, ingestión de polvo, agua o alimento contaminados y a través de la piel. Se acumula en los órganos, tejidos, huesos y dientes,

La intoxicación por plomo varía de acuerdo a la edad de la persona y su nivel de exposición (Bayona, 2009; Reyes et al., 2016).

2.2 Transporte de contaminante inorgánico-plomo

Los metales pesados muestran una elevada tendencia a bioacumularse a través de su paso por las distintas cadenas tróficas (Winterpenny, Ingo, et al 2013). Son tres las fases por la cual el plomo se incorpora y acumula en las plantas :

- **Fase I:** Implica el transporte de los metales pesados al interior de la planta y después al interior de la célula. Llegan por difusión en el medio mediante el flujo masivo o por intercambio catiónico. Las raíces poseen cargas negativas debido a la presencia de carboxilo interactuando con las cargas positivas de los metales pesados creando un equilibrio dinámico (Menacho, 2017).
- **Fase II:** Las especies metálicas son secuestradas mediante la unión con ligando, es decir es la unión de ion o molécula a un átomo de metal para formar un complejo de coordinación. Ejemplo los ácidos orgánicos pasan a ácidos oxálico y málico.
- **Fase III:** Esta fase involucra la compartimentalización y detoxificación proceso por el cual el ion es retenido en la vacuola. (Menacho, 2017).

3. Descripción del *Helianthus annuus*.

Se considera nativo de Norteamérica, aunque actualmente son de distribución universal. Algunas características que la definen son las siguientes: Pueden medir de 1 -3 metros de longitud, las hojas son alternas, acorazonadas, ásperas y peludas.

La orientación del girasol hacia el sol es por el crecimiento diferencial del tallo; se acumula auxina cuando la iluminación es desigual. La auxina es un regulador del crecimiento vegetal; esta acumulación hace que la parte que no recibe calor crezca más rápidamente que la soleada.

El tallo se inclina hacia el sol, sus flores son de color amarillo y rojo vino, con diámetros de hasta 30 cm (Quispe, 2017).

Pertenece a la familia Asteraceas es una planta caracterizada como hiperacumuladora de plomo ampliamente reconocida como fitorremediadora, incorpora más de 1000 mg/kg de plomo y toleran altos niveles de concentración de metales pesados a comparación de otros. Reportaron que el girasol, por su alta capacidad radicular puede extraer del 10 al 25% de los metales del suelo, ya que estas plantas no son fácilmente afectadas por los contaminantes. (Gutiérrez et al, 2011).

Tabla 1.
Clasificación Taxonómica

Clasificación taxonómica del girasol	
Reino	Vegetal
División	Angiospermae
Clase	Dicotiledonea
Orden	Esterales
Familia	Asteraceae
Genero	<i>Helianthus</i>
Especie	H. annus L.

Fuente: Cronquist, 1998

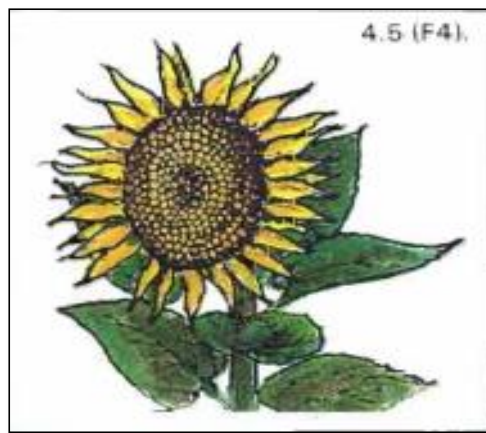


Figura 1. *Helianthus annuus-girasol*
Fuente: CETIOM, 1986

4. Mecanismos fisiológicos de la fitorremediación

Las plantas y sus microorganismos asociados en el suelo pueden ser usados para la fitorremediación a través de diferentes mecanismos:

- **Fitoextracción:** Absorción de los metales por las raíces, translocación y concentración en las plantas acumulando contaminantes para eliminar metales del suelo concentrándolos en las partes cosechables (Yongpisanphop et al., 2017; Novo et al., 2015).
- **Fitodegradación:** Consiste en la transformación de los contaminantes orgánicos en moléculas más simples. El uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes orgánicos (López-Martínez et al., 2005).
- **Rizofiltración:** El uso de raíces de plantas para absorber y adsorber contaminantes, principalmente metales, de agua y corrientes residuales acuosas. Las plantas generan los exudados radiculares que estimulan el crecimiento de los microorganismos nativos capaces de degradar compuestos orgánicos xenobióticos (López et al., 2005).
- **Fitoestabilización:** El uso de plantas para estabilizar o reducir la movilidad y biodisponibilidad

de contaminantes en el ambiente(Yongpisanphop et al., 2017; Novo et al.,2015).

- **Fitovolatilización:** El uso de plantas para volatilizar contaminantes; y el uso de plantas para eliminar contaminantes del aire. La volatilización puede producirse tanto desde el sistema radicular como desde la parte superficial del suelo (López et al., 2005).

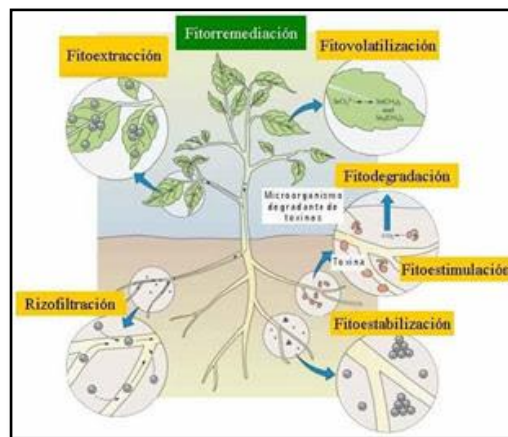


Figura2.Mecanismos de la fitorremediacion

Fuente: (EPA,2000).

5.Factores que afectan el mecanismo de captación

Hay varios factores que pueden afectar el mecanismo de absorción de metales pesados. Al tener conocimiento de estos factores, el rendimiento de absorción por planta puede mejorarse enormemente.

Especie Vegetal: Se seleccionan especies de plantas, y se seleccionan aquellas con propiedades superiores de remediación. La absorción de un compuesto se ve afectada por las características de la planta. El éxito de la técnica de fitoextracción depende de la identificación de especies de plantas adecuadas que hiperacumulan metales pesados y producen grandes cantidades de biomasa utilizando prácticas establecidas de producción y manejo de cultivos(Carnicer & Tallos, 1997).

Propiedades del medio: Las prácticas agronómicas se desarrollan para mejorar la remediación (ajuste de pH, adición de quelantes, fertilizantes. Por ejemplo, la cantidad de plomo absorbida por las plantas se ve afectada por el pH, la materia orgánica y el contenido de fósforo del suelo. Para reducir la absorción de plomo por las plantas, el pH del suelo se ajusta con cal a un nivel de 6.5 a 7.0(L, Sally, & C, 2012).

La Zona de la Raíz: Es de especial interés en fitorremediación. Puede absorber contaminantes y almacenarlo o metabolizarlo dentro del tejido vegetal. La degradación de contaminantes en el suelo por enzimas vegetales exudadas de las raíces es otro mecanismo de fitorremediación. Una adaptación morfológica al estrés por sequía es un aumento en el diámetro de la raíz y un alargamiento reducido de la raíz como respuesta a una menor permeabilidad del suelo seco(Merkl et al., 2005).

Captación Vegetal: La absorción se de la planta se ve afectada por las condiciones ambientales. La temperatura afecta las sustancias de crecimiento y, en consecuencia, la longitud de la raíz. La estructura de la raíz en condiciones de campo difiere de las condiciones de invernadero. El éxito de la fitorremediación, más específicamente la fitoextracción, depende de un hiperacumulador específico de contaminante. La absorción de metal por la especie vegetativa depende de *la biodisponibilidad* del metal en la fase acuosa, que a su vez depende del tiempo de retención del metal, así como de la interacción con otros elementos y sustancias en el agua(Ginneken et al., 2010).

Adición de agente quelante: El aumento de la absorción de metales pesados por los cultivos energéticos puede verse influenciado por el aumento de la biodisponibilidad de los metales pesados mediante la adición de factores fisicoquímicos biodegradables, como los agentes quelantes y los micronutrientes, y también al estimular la capacidad de absorción de metales pesados del microbiano. comunidad dentro y alrededor de la planta. Esta absorción más rápida de metales pesados dará como resultado períodos de remediación más cortos y, por lo tanto, menos costosos. Sin embargo, con el uso de agentes quelantes sintéticos, se debe tener en cuenta el riesgo de una mayor lixiviación (Seuntjens, Nowack, & Schulin, 2004).

6. Ventajas y limitaciones en la aplicación de fitorremediación

Tabla 1. Ventajas y limitaciones de la aplicación de la técnica fitorremediación en suelos contaminados

Ventajas	Desventajas
Es una tecnología sustentable para el ambiente.	Soluciones a largo plazo y requiere de amplia zona
Sirve para el tratamiento de diversos tipos de contaminación.	Depende de las estaciones
Se puede emplear en zonas con bajas concentraciones de contaminantes.	Está condicionado por las concentraciones del contaminante
Es económica ya que emplea la luz solar como fuente de energía.	La acumulación de contaminantes en las hojas puede volver nuevamente al suelo en otoño.
Es amigable y ecológica con el ambiente.	Los contaminantes se acumulan en maderas y pueden liberarse por combustión.
Evita la excavación y translocación del suelo.	No todas las especies de plantas acumulan o toleran los contaminantes
El proceso de descontaminación es más rápido que de manera natural.	Es dependiente de las estaciones.
Es eficiente para tratar diversos tipos de elementos in situ.	El crecimiento de la vegetación puede estar limitado por extremos de la toxicidad ambiental.
Es de bajo costo, no requiere personal especializado para su manejo, ni consumo de energía.	En algunos casos los elementos acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente durante el otoño (especies perennes).
Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por las comunidades en los alrededores de las áreas afectadas, debido a que es estéticamente agradable.	Alcanzan únicamente hasta la profundidad a la cual llegan las raíces.
Tiene la habilidad de resistir más concentraciones de contaminantes orgánicos que la mayoría de microorganismos.	Las raíces de las plantas requieren oxígeno, así que no pueden penetrar donde la textura del suelo, volumen de agua o proporciones de respiración microbiana son altas.
Es un técnica que trabaja en conjunto con la revegetalización y la biodegradación.	El suelo está desnudo y sujeto a erosión durante las fases tempranas de establecimiento de la planta ..

Fuente: (Bernal, 2014)

7. Revisión de estudios realizados por diferentes autores

Se procedió a realizar una revisión de la literatura, el cual contiene información de los diferentes estudios en donde se utilizó el *Helianthus annuus* para la absorción de plomo en suelos contaminados a concentraciones bajas y altas de este metal. Estos trabajos fueron aplicados con concentraciones de plomo artificial.

Tabla 2. Revisión de estudios realizados por diferentes autores

Autores	Títulos	Planta Adsorbente	Metal	Tratamiento			Concentración de las partes de la planta	Absorción total de la planta para cada concentración	promedio de absorción de la planta
				Concent. Pb	Repeticiones de trat. y sustrato utilizado	Tiempo de Contacto (días)			
-Trujillo-Perù (Garcia, 2009)	Capacidad remediadora y bioacumuladora de los órganos de <i>Helianthus Annuus</i> L. "girasol" cuando son sometidas a diferentes concentraciones de plomo		Pb	0ppm 500ppm 1000ppm	-4 repeticiones -El sustrato utilizado es textura arenosa	60días a condiciones de invernadero temp. 25°C	con 0 ppm raiz:0.27 tallo:0.00 hoja:0.63 con500ppm Raiz:3.17 Tallo:0.25 hojas:0.81 1000ppm Raiz:4.26 Tallo:1.03 hojas:0.9	0.90ppm 4.23ppm 6.88ppm	4 ppm
-China (Cui,Liu,Li & Shao,2014)	Aplicación de girasol ornamental en la remediación de suelos contaminados con plomo	<i>Helianthus Annus</i>	Pb	0mg/kg, 1000mg/kg, 3000mg/kg 5000 mg/kg	-3 repeticiones -Suelo Agrícola	120días condiciones de invernadero	no especifica	10.67mg/kg, 235.56 mg/kg, 734.47mg/kg , 1135.88mg/kg	529.1 mg/kg
-Mexico Guitierrez, Alarcon,Padro, et al, L.R. Gutiérrez-Espinoza , 2011)	Germinación del girasol (<i>Helianthus annuus</i>) bajo diferentes concentraciones de metales		Pb	Soluciones acuosas 0 ppm 25 ppm 50 ppm 100ppm 200ppm 400ppm	-4 repeticiones -El sustrato utilizado fue, algodón y papel filtro regado con una solución conteniendo los diferentes tratamientos	60 días en condiciones de invernadero	En general, la germinación fue baja (media ponderada de 19.18%±1.8) incluso para el control, sin embargo, la semilla pudo germinar en todos los niveles de tratamiento utilizados.		

En el trabajo de investigación “Capacidad remediadora y bioacumuladora de los órganos de *Helianthus annuus* L. El autor sometió al girasol a diferentes concentraciones de plomo: 0, 500 y 1000 ppm de Pb, con 3 repeticiones.

Las semillas fueron cultivadas en macetas con suelo de tipo arenosa, donde se aplicó los tratamientos en forma de solución de nitrato de plomo y fertilizantes, bajo condiciones de invernadero. Los resultados muestran que las plantas sometidas a 1000 ppm de Pb acumularon mayor cantidad de plomo, almacenándose la mayor parte en la raíz y en menor cantidad en tallo y hojas(García, 2009) .

Y en el segundo trabajo se cometió al girasol a 0,1000,3000 y 5000 mg/kg de plomo, durante 3 meses obteniendo mayor cantidad de absorción con una aplicación de 5000 mg/kg de concentración de plomo. En la aplicación de plomo al sustrato se realizó de manera sólida a diferencia de (García ,2009) que lo realizo en soluciones mediante riego. Y en la tercera investigación, el autor sometió a las semillas a soluciones contaminados por plomo para verificar su tolerancia.

8.Estudios realizados con enmiendas orgánicas

Perú-Lima

(Rodrigo , 2018) evaluó la capacidad fitorremediadora de la Especie *Helianthus annuus* mediante la incorporación de enmienda a suelos de industrias metalmeccánicas contaminados con metales pesados: plomo durante 60 días , con 4 tratamiento y 3 repeticiones .

Tabla 3.

Tipo enmienda incluido en el tratamiento

Especie	Tratamiento	Descripción	Proporción
	T1	Suelo contaminado	100% suelo contaminado
	T2	Suelo contaminado + suelo agrícola + guano de isla	85% suelo contaminado + 10% suelo agrícola + 5% guano de isla
Helianthus annuus	T3	Suelo contaminado + suelo agrícola + guano de isla	70% suelo contaminado + 25% suelo agrícola + 5% guano de isla
	T4	Suelo contaminado + suelo agrícola +guano de isla	55% suelo contaminado + 40% suelo agrícola + 5% guano de isla

Fuente: Adaptado (Callirgos,2014).

En general absorbió mayor cantidad de en los T1 y T2 llegando a la toxicidad y baja supervivencia. Así mismo, en los tratamientos T4 y T3 logró una mejor supervivencia, masa foliar y crecimiento. Por tanto, el autor determinó que la aplicación de enmiendas en el Tratamiento T3 y T4 favorece la bioacumulación de Plomo según muestra la tabla 4.

Tabla 4.

Variación de concentración de plomo en la planta y suelo

Componente	Unidad	Plomo ppm							
		T1		T2		T3		T4	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Planta	ppm	0.00	40.89	0.00	63.36	0.00	50.70	0.00	41.30
Suelo	ppm	305.02	90.07	220.07	137.89	130.63	75.54	94.34	46.09

Fuente:(Rodrigo ,2018)

Peru-Huancayo

(Cerrón, Sánchez, & Yachachi, 2020), realizaron una investigación para determinar la absorción de girasol de un suelo contaminado por plomo y remediado para facilitar la fitoextracción con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. Utilizaron 2 tipos de sustrato: suelos agrícolas del valle Mantaro (textura franco arcillosa) con contenido de Pb promedio de 1174 mg/kg y suelo de Muqui (textura franco arenosa) con contenido de Pb de 208 mg/kg. Duración del tratamiento 90 días.

Obtuvieron como resultado que la planta de girasol absorbe los metales pesados y demuestra que la mayor acumulación de plomo es la raíz, esto especialmente en aquellas correspondientes a los suelos más contaminados de Muqui (T4, T5 y T6) presentando un promedio máximo de 134,75 mg.kg⁻¹.

En el caso de hojas, tallos y flores se observó que las hojas bioconcentran más plomo (prom. max.: 28,38 mg.kg⁻¹) y en menor grado lo hicieron los tallos y flores con valores muy cercanos entre sí (prom. max.: 9,16 mg Pb.kg⁻¹).

9. Discusión

En la mayoría de estudios realizados por los autores, se pudo observar que la planta acumula la mayor cantidad de metal en su raíz seguido de sus hojas y tallos. Una cantidad considerable de metal como para estar en la lista de una de las plantas acumuladoras de contaminantes inorgánicos. Coincidió con (Navarro & Alonso, 2007) esto se debe a que la raíz del girasol *Helianthus annuus*, constituye la entrada principal de los metales por el proceso de flujo masivo, intercambio catiónico. Estas raíces están cargadas por iones negativos que reaccionan con las cargas positivas de los metales pesados creando equilibrio dinámico que facilita la entrada hacia el interior celular de la especie vegetativa. Una vez unidas se transportan por la vía apoplástica y simplástica.

(Kalandadze, 2003) señala que existe una tendencia definida de los metales pesados a acumularse en las capas superiores del suelo y en este estrato edáfico crecen diferentes tipos de especies vegetativas, estas son consumidas por los animales y algunos por el ser humano, de manera que los metales ingresan a la cadena trófica. Al respecto (Gutiérrez, 2013) añade que las propiedades fundamentales del suelo, son las que determinan la transferencia de los metales pesados a las plantas.

Si bien es cierto los resultados de (Gutiérrez, Alarcon, et al., 2011) no demuestran que la semilla de girasol absorbe los metales, sin embargo, germinó en todos los niveles de tratamiento utilizados. Esto indica que no sólo las plantas germinadas de girasol pueden tolerar la contaminación por metales pesados, sino las semillas también pueden hacerlo. Estos resultados son interesantes ya que comprueba que esta especie silvestre puede ser sembrada directamente en suelos contaminados. Sin embargo, creo que se debería seguir haciendo más pruebas, pero ya no utilizar como sustrato papel y algodón si no germinar las semillas directamente en suelo contaminado para el caso de la germinación de semillas.

Además, se puede observar que las enmiendas tienen efectos positivos en el suelo y como consecuencias dan condiciones adecuadas a la planta. La enmienda mejora las condiciones físicas y biológicas de la estructura del suelo, porosidad y almacenamiento de agua (Árevalo de Gauggel & Castellano, 2009) ayudando a optimizar la absorción del *helianthus annuus* y reducir la presencia de contaminantes en los suelos.

10. Conclusiones

El girasol (*helianthus annuus*) es una alternativa a tener en cuenta en la recuperación de suelos contaminados por plomo ya que hay estudios realizados que demuestran que, sí, tiene la capacidad de absorber el plomo y acumular los metales en sus tallos, raíces, hojas reduciendo la concentración en suelos contaminados. Además, esta técnica que posee importantes ventajas sobre otros métodos convencionales y pueden aplicarse a gran escala ya que es una técnica, ambientalmente amigable que da un valor único a las plantas.

REFERENCIAS

- Bernal, A. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos: una visión general. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, pp. 245–258. <https://doi.org/2145-6097>
- Carnicer, L. R. F. J. L. A., & Tallos, F. R. A. (1997). *Recuperación de mercurio de los suelos por fitorremediación*.
- Cerrón, R. M., Sánchez, G. G., & Yachachi, Y. M. (2020). *Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado y remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost Lead*. 11(2), 177–186. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.04>
- Fernández, R. (2018). Contaminación de Suelos por metales Pesados. Retrieved from InfoAgro website: https://www.infoagro.com/abonos/contaminacion_suelos_metales_pesados.htm
- Garbisu Crespo, C., Olano, J., Hernández, A., García Plazaola, J., Barrutia Sarasua, O., & Becerril Soto, J. (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 16(2), 5.
- García Zare, L. M. (2009). *Capacidad remediadora y bioacumuladora de los órganos de Helianthus annuus L. "girasol" cuando son sometidas a diferentes concentraciones de plomo*.
- Ginneken, L. Van, Meers, E., Guisson, R., Ruttens, A., Elst, K., Tack, F. M. G., ... Elst, K. (2010). *Fitorremediación para suelos contaminados con metales pesados combinados con producción de bioenergía*. 6897.
- Gutierrez Espinoza; Alarcon Herrera; Prado Tarango; Cedillo Acantar; Melgoza Castillo ;Ortega Gutierrez. (2011). *Germinación del girasol (Helianthus annuus L .) bajo diferentes concentraciones de metales*.
- Gutierrez Espinoza; Melgoza Castill ; Alarcon Herrera ; Ortega Gutierrez; Prado Tarango; Cedillo Acantar. (2011). *Germinación del girasol silvestre (Helianthus annuus L .) en presencia de diferentes concentraciones de metales Resumen concentrations of metals*. 2, 49–56. Retrieved from <http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/27>
- Gutiérrez, R. M. (2013). *Selección de Plantas y enmiendas para la recuperación de suelos de mina contaminados con arsénico y metales pesados*.
- Kalandadze, B. (2003). Influence of the Ore Mining and Processing Enterprise on soil types in adjoining areas. *Agronomy Research*, 1(2), 131–137.
- L, E. S., Sally, T., & C, Y. P. (2012). *Hiperacumulación de metales en las plantas: prospección de biodiversidad para la tecnología de intermediación*. 18(3), 461–465.
- Lavado-Meza, C., & Ore, F. (2016). *Study of Lead Divalent Biosorption From Aqueous Solutions Using Corn cob Biomass Modified (Zea Mays)*. 82(4). Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n4/a03v82n4.pdf>
- López-Martínez, S., Gallegos-Martínez, M. E., Pérez Flores, L. J., & Rojas, M. G. (2005, April). Mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, Vol. 21, pp. 91–100.
- Luciana Chavez Rodriguez. (2014). *FITOREMEDIACION CON ESPECIES NATIVAS EN SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO*.
- María Elena Suaña Quispe. (2018). CAPACITY OF SUNFLOWER (*Helianthus annuus L.*) TO

- ABSORB CADMIUM OF CONTAMINATED SOILS IN CONTROLLED ENVIRONMENT, PUNO. *Universidad Nacional Del Altiplano Revista De Investigaciones De La Escuela De Posgrado*, Vol. 7(No.1), 393–401.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26788/riepg.2018.1.64>
- MENACHO, V. A. L. (2017). *CAPACIDAD FITORREMIADORA DE ESPECIES ALTOANDINAS PARA SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS PROCEDENTES DE LA COMPAÑÍA MINERA LINCUNA SAC, EN CONDICIONES DE INVERNADERO, 2015-2016*.
- Merkl, N., Schultze-kraft, R., & Infante, C. (2005). *Fitorremediación en los trópicos: influencia del petróleo crudo pesado en las características morfológicas de las raíces de los graminoides*. 138, 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.02.023>
- Milena, S., Arroyave, S., Javier, F., & Restrepo, C. (2009). Análisis De La Contaminación Del Suelo : Revisión De La Normativa Y Posibilidades De Regulación Económica * Soil Contamination Analysis : a Review of Norms and Economic Regulation Possibilities. *Semestre Económico-Universidad de Medellín*, 12(23), 13–34. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2.pdf>
- Navarro Aviñó, E., & Alonso, A. (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 16(2), 1–17. Retrieved from http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=488&Id_Categoria=1&tipo=portada
- Noguez-Inesta, A., López-Sánchez, A. S., Carrillo-González, R., & González-Chávez, M. C. A. (2017). Uso De Leguminosas (Fabaceae) En Fitorremediación. *Agroproductividad*, 10(4), 57–62. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=123370446&site=ehost-live>
- Poma, P. A. (2008). *Intoxicacion por plomo en Humanos*. 69(2).
- Ponce, B., Hernandez, S. ., & Otazo, E. . (2018). Remoción de cadmio mediante adsorbentes cerámicos empacados en columnas de lecho fijo. *Agroproductividad*, 11(4), 124–128.
- Reategui, L. J., & Reategui, C. P. (2018). “ *CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL Helianthus CONTAMINADOS CON CADMIO .* ” 0(0), 10–156.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., & Diaz, M. (2016). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. *Revista Ingenieria, Investigacion y Desarrollo.*, 16(2), 66–77. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- RODRIGO TINTAYA, D. J. (2018). Estimación de la capacidad fitorremediadora del “girasol” *Helianthus annuus* mediante la incorporación de enmiendas para suelos contaminados por metales pesados (Plomo, Cromo) de industrias metalmeccánicas. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(1). <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i1.1069>
- Seuntjens, P., Nowack, B., & Schulin, R. (2004). *Modelado de la absorción de metales pesados en la zona de la raíz y lixiviación en presencia de ligandos orgánicos*. 61–73.
- Suelos, C. D. E., En, C., Controlado, A., Elena, M., & Quispe, S. (2017). *Universidad nacional del altiplano*.
- Torres, Q. E. N. (2011). *EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS COMO As, Cu, Cd, Hg y Pb EN EL BOTADERO DE CANCHARANI DE LA CIUDAD DE PUNO* (Universidad Nacional del Antiplano). Retrieved from http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9412/Torres_Quispe_Nely_Elma.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Winpenny James, Ingo Heinz, S. K.-Os. (2013). *Reutilización del agua en la agricultura : ¿ Beneficios para todos ?* Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i1629s.pdf>
- Yongpisanphop, J., Babel, S., Kruatrachue, M., & Pokethitiyook, P. (2017). Plants Growing on the Pb-Contaminated Soil at the Song Tho Pb Mine, Thailandhytoremediation Potential of P. *Soil and Sediment Contamination*, 26(4), 426–437. <https://doi.org/10.1080/15320383.2017.1348336>

