

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE *Urtica urens*, *Aloe barbadensis miller* Y *Helianthus annuus* AL FITORREMEDIAN SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS PLOMO Y CADMIO - 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autores:

Jose Manuel Ortiz Alfaro
Martin Andre Rojas Marichi

Asesora:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta
<https://orcid.org/0000-0001-9405-7048>
Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Elvar Renato Miñano Mera	18130961
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Sara Esther García Alva	26615951
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Kelly Milena Polo Herrera	41297911
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Se la dedico a toda mi familia por el apoyo y esfuerzo que me dieron para seguir adelante a cumplir todas mis metas y sueños. Especialmente a mis padres por estar siempre en todo el momento indicado; también, a mis tíos, primos y a mi abuela María, que en paz descansa, que estuvieron apoyándome en todo momento.

JOSE

El presente trabajo se lo dedico a mis padres, que con todo el amor y paciencia que tuvieron me dieron las herramientas necesarias para poder llegar a donde estoy. A mi hermana, que siempre me dio una mano ayuda en los momentos de necesidad. A Blanca, que siempre me acompañó. Y, por último, a mis abuelos; que, aunque algunos ya no se encuentren, siempre velaron por mi bienestar.

MARTIN

AGRADECIMIENTO

Sobre todas las cosas a Dios y a la Virgen de la Puerta; por guiarme en todo este proceso e iluminarme para seguir avanzando a pesar de las adversidades.

Especialmente a mi abuela María, que en paz descansa, a mis padres y demás familiares por apoyarme siempre en todo el momento para culminar la tesis. A todos los profesores que conocí, me guiaron y aconsejaron en el largo de mi carrera.

A nuestra asesora de tesis M.Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta.

JOSE

Agradezco a Dios que me dio todos los retos necesarios para madurar. A mis padres, que me dieron los recursos para poder salir adelante. A mi hermana, por ayudarme a mantener el buen ánimo. Y, a Blanca, que siempre estuvo conmigo en las noches de desvelada. A nuestra asesora de tesis M.Sc Marieta Eliana Cervantes Peralta.

MARTIN

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1 Realidad Problemática:	11
1.2 Antecedentes:.....	16
1.3 Formulación del Problema:	30
1.3.1. Problema General:	30
1.3.2. Objetivo General:	30
1.3.3. Objetivo Específicos:	30
1.3.4. Bases Teóricas:	31
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	38
2.1 Tipo de investigación:	38
2.2 Población:	38
2.3 Muestra:.....	39
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de Información	39
2.4.1 instrumentos:	39
2.4.2 Criterios:	39
2.5 Procedimiento:	40
2.6 Aspectos éticos:.....	48
CAPÍTULO III: RESULTADOS	49
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	89
4.1 Discusión:.....	89
4.2 Conclusiones:	94
REFERENCIAS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Antecedentes Preliminares	43
Tabla 2 Antecedentes Finales.....	49
Tabla 3 Concentración de Plomo Inicial, Final y Porcentaje de Remoción en la Planta <i>Urtica urens</i> después de Fitorremediar los Suelos.	53
Tabla 4 Concentración de Plomo Inicial, Final y Porcentaje de Remoción de Plomo en la Planta <i>Aloe barbadensis miller</i> después de Fitorremediar los Suelos.....	56
Tabla 5 Concentración de Plomo Inicial, Final y Porcentaje de Remoción de Plomo en la Planta <i>Helianthus annuus</i> después de Fitorremediar los Suelos.	58
Tabla 6 Concentración de Cadmio Inicial, Final y Porcentaje de Remoción en la Planta <i>Urtica urens</i> después de Fitorremediar los Suelos.	60
Tabla 7 Concentración de Cadmio Inicial, Final y Porcentaje de Remoción en la Planta <i>Aloe barbadensis miller</i> después de Fitorremediar los Suelos.	62
Tabla 8 Concentración de Cadmio Inicial, Final y Porcentaje de Remoción en la Planta <i>Helianthus annuus</i> después de Fitorremediar los Suelos	64
Tabla 9 Concentraciones de Plomo en Raíces y Hojas de la Planta <i>Urtica urens</i> después de Fitorremediar los Suelos.....	66
Tabla 10 Concentraciones de Plomo en las Raíces y Hojas de la Planta <i>Aloe barbadensis miller</i> después de Fitorremediar los Suelos.	68
Tabla 11 Concentraciones de Plomo en Raíces y Hojas de la Planta <i>Helianthus annuus</i> después de Fitorremediar los Suelos.....	70
Tabla 12 Concentraciones de Cadmio en Raíces y Hojas de la Planta <i>Aloe barbadensis miller</i> después Fitorremediar los Suelos.....	72

Tabla 13 Concentraciones de Cadmio en Raíces y Hojas de la planta <i>Helianthus annuus</i> después de Fitorremediar los Suelos.	74
Tabla 14 Comparación de las Muestras con Concentraciones de Plomo en Suelo Agrícola con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Agrícola).....	76
Tabla 15 Comparación de las Muestras con Concentraciones de Cadmio en Suelo Agrícola con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Agrícola).	78
Tabla 16 Comparación de las Muestras con Concentraciones de Plomo en Suelo Residencial /Parques con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Residencial /Parques).....	80
Tabla 17 Comparación de las Muestras con Concentraciones de Cadmio en Suelo Residencial /Parques con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Residencial /Parques).....	82
Tabla 18 Comparación de las Muestras con Concentración de Plomo en Suelos Comercial/ Industrial/ Extractivo con el ECA con el D.S. N° 011-2017-MINAM (Comercial/ Industrial/ Extractivo).....	84
Tabla 19 Comparación de las Muestras con Concentración de Cadmio en Suelos Comercial/ Industrial/ Extractivo con el ECA con el D.S. N° 011-2017-MINAM (Comercial/ Industrial/ Extractivo).....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comparación de los Porcentajes de Remoción de Plomo en el Suelo Después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta <i>Urtica urens</i>	55
Figura 2 Comparación de los Porcentajes de las Muestras de Remoción de Plomo en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta <i>Aloe barbadensis miller</i>	57
Figura 3 Comparación de los Porcentajes de Remoción de Plomo en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con <i>Helianthus annuus</i>	59
Figura 4 Comparación de los Porcentajes de Remoción de Cadmio en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta <i>Urtica urens</i>	61
Figura 5 Comparación de los porcentajes de Remoción de las Muestras de Cadmio en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta <i>Aloe barbadensis miller</i>	63
Figura 6 Comparación de los Porcentajes de Remoción de las Muestras de Cadmio en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta <i>Helianthus annuus</i>	65
Figura 7 Concentraciones de Plomo en Raíces y Hojas de la Planta <i>Urtica urens</i> después del Tratamiento de Fitorremediación.	67
Figura 8 Concentraciones de Plomo en Raíces y Hojas de la Planta <i>Aloe barbadensis miller</i> después del Tratamiento de Fitorremediación.	69
Figura 9 Concentraciones de Plomo en las Raíces y Hojas de la Planta <i>Helianthus annuus</i> después del Tratamiento de Fitorremediación.	71
Figura 10 Concentraciones de Cadmio en Raíces y Hojas de la Planta <i>Aloe barbadensis miller</i> después del Tratamiento de Fitorremediación.	73
Figura 11 Concentraciones de Cadmio en Raíces y Hojas de la Planta <i>Helianthus annuus</i> después del Tratamiento de Fitorremediación.	75

Figura 12 Comparación de Muestras con Plomo en Suelo Agrícola con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Agrícola).....	77
Figura 13 Comparación de Muestras con Cadmio en Suelo Agrícola con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Agrícola).....	79
Figura 14 Comparación de Muestras con Plomo en Suelo Residencial /Parques con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Residencial /Parques).	81
Figura 15 Comparación de muestras con Cadmio en suelo Residencial /Parques con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Residencial /Parques).	83
Figura 16 Comparación de Muestras con Plomo en Suelos Comercial/ Industrial/ Extractivo con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Comercial/ Industrial/ Extractivo).	86
Figura 17 Comparación de Muestras con Cadmio en Suelos Comercial/ Industrial/ Extractivo con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Comercial/ Industrial/ Extractivo).	88

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar y comparar la eficiencia de la *Urtica urens*, *Aloe barbadensis miller* y *Helianthus annuus*; para ello, se decidió hacer una revisión sistemática, con una técnica de análisis documental en la cual recopilamos diversos trabajos de investigación, utilizando criterios de inclusión y exclusión. Los datos de los trabajos resultantes fueron descritos en tablas de registros, las cuales fueron comparadas entre sí y se obtuvo que las tres especies estudiadas presentaron concentraciones de Plomo y Cadmio; tanto en hojas como en raíces. Dichas concentraciones varían entre los rangos de 0.08 mg/kg hasta 107 mg/kg; por otro lado, se obtuvo que para fitorremediar el Plomo en suelos, la mejor opción era la especie *Helianthus annuus* con un porcentaje de remoción del 70.88%; mientras que, en el caso del Cadmio, la especie que mayor porcentaje de remoción presentó fue la *Urtica urens*, con un 74% de remoción. Además de ello, se encontró que tanto la *Urtica urens* como el *Aloe barbadensis miller* realizan los procesos de Fitoextracción o Fitovolatilización; mientras que, el *Helianthus annuus* utiliza la Fitoestabilización. Por último, los resultados finales de concentración de suelos de los estudios analizados fueron comparados con los ECAs de suelo del Perú, donde se obtuvo que muchos de los tratamientos sobrepasan dichos estándares.

Palabras clave: Fitorremediación, *Urtica urens*, *Helianthus annuus*, *Aloe barbadensis miller*, Suelo.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática:

La minería es una de las actividades económicas que trae un sin fin de beneficios económicos a las zonas en las que se desarrolla; tal es el caso de Perú, en el que según expresa el Instituto Peruano de la Economía: “En los últimos 10 años el ingreso de la minería fue aproximadamente un 16% del total de los impuestos provenientes de las empresas. Además, la participación del sector minero en el PBI es de 8.7%. Es decir, el aporte de la minería en la recaudación es más que proporcional a su producción”(Instituto Peruano de Economía, 2021).

Pero al mismo tiempo genera una gran cantidad de residuos líquidos y sólidos que afectan tanto a cuerpos de aguas cercanos como en el mismo suelo donde se da; por otro lado, tenemos al sector metalúrgico que comprende la fabricación de una amplia gama de productos, que van desde las formas básicas del metal hasta construcciones mucho más complejas (maquinarias pesadas, buques, armas, etc.) (Redacción de Pro Córdoba, 2013), sin las cuales nos sería complicado vivir, pero que genera descargas ácidas, de metales, cianuros de sodio, materiales reactivos, entre otros elementos que van a parar al agua y al suelo debido a las descargas de sus residuos (Bravo, 2018). Y así, sucesivamente se repite el mismo patrón de producción - contaminación para todas las actividades económicas que el hombre realiza, originando una infinidad de contaminantes para el medio ambiente, pero en especial por parte de los metales pesados; debido a que estos son elementos potencialmente tóxicos que en elevadas concentraciones podrían perjudicar en gran medida la salud de los pobladores aledaños e interrumpir el equilibrio de los ecosistemas de la zona, originando grandes pérdidas de bancos de flora y fauna, además de la belleza paisajística autóctona de la zona. En los siguientes

párrafos se describirá la situación en la que se encuentra nuestra realidad frente a la amenaza actual de estos contaminantes.

Tal problemática se ve reflejada en toda la zona europea; ya que según datos obtenidos por los editores del grupo Ecoindustria (2014): “En toda Europa, se espera que haya 2,5 millones de destinos posiblemente adulterados. De ellos, se supone que alrededor del 14% están realmente contaminados”. Pero, hay que resaltar que las actividades económicas que más contribuyen a esta contaminación son las actividades de industrias metálicas, tal como es mencionado dentro de una noticia del grupo Ecoindustria: “En cuanto a las áreas que más contribuyen a la contaminación del suelo y las aguas subterráneas, se considera que la industria es la principal culpable, causante del 60%, siendo encabezada por la industria metalúrgica” (Grupo Ecoindustria, 2014).

España, por su parte, también sufre los estragos de la minería. Erena Calvo, nos expresa en su artículo periodístico: “Según un nuevo informe, 94 jóvenes presentan bioacumulaciones de metales pesados y metaloides (Zinc, Plomo, Cadmio, Bromo...) varias veces superiores a las ordinarias” (Calvo, 2016).

Centrándonos en Latinoamérica, el problema de la contaminación de suelos por metales pesados no es sólo del siglo 21; ya que, en la biblioteca nacional de Chile se tienen registros de 1990, en los que se mencionan diversos casos emblemáticos sobre este problema, como: “la mina El Salvador vertía sus residuos al mar, además realizaba una premeditada destrucción de terrenos y regiones dedicadas a la agricultura, junto con la polución de canales de regadío” (Biblioteca Nacional de Chile, 2021). Un caso más reciente se dio en Bolivia, aquí una noticia subida en la página web “Correo del Sur” nos detalla que: “la contaminación ambiental por los residuos mineros no sólo alcanzó al río Pilcomayo, sino también a los suelos agrícolas de las parcelas que están en las riberas ... Según el estudio que mandó a realizar la Asociación

Sucense de Ecología (ASE) en el año 2012 con el laboratorio Spectrolab, de la Universidad Técnica de Oruro; se constató que de cinco metales pesados (Antimonio, arsénico, Cadmio, mercurio y Plomo) que se analizaron, el mercurio sobrepasaba un 300% los límites establecidos por la norma” (Guevara, 2014). Otro caso es el de la Empresa de Cerámica Blanca “Adalberto Vidal”, ya que en un análisis al suelo de una área de producción aledaña se encontró que las hortalizas producidas en la zona presentaban altas concentraciones de metales pesados, dando como resultado que “En el estudio, el suelo se clasificó como medianamente contaminado en Cr, Co, Zn y Pb y con necesidad de remediación urgente debido a las concentraciones de Ni y Cu, siendo muy superiores a las propuestas como Límites Superiores Admisibles.” (Guzmán, 2019).

En Perú la realidad no es tan diferente a la de los otros países antes mencionados. Ya que, dentro de nuestra historia, también hemos pasado por duros momentos gracias a negligencias dentro de las minas. Tal es el caso de la Oroya que “según el instituto Blacksmith de Estados Unidos, se sitúa como una de las diez zonas urbanas con más polución del mundo...” (López, 2017).

Tal es la magnitud de la problemática que centrándonos en nuestra Región La Libertad, una noticia de la página web de RPP Noticias redactó que “el jefe de la Unidad de Saneamiento de la región La Libertad, Luis Santos Alvarado, expresó preocupación; ya que no le es posible erradicar a los mineros informales que contaminan la cuenca de los principales ríos de la provincia” (Redacción RPP, 2015); reflejando una vez más la deplorable realidad que afronta el Perú en torno a la minería. Además, el mismo funcionario expresó que “esta problemática se viene dando gracias a que en el centro poblado de Samne se realiza minería artesanal de oro con técnicas como la “cianuración de oro” con la que se recupera oro mezclado con distintos materiales de la excavación” (Redacción RPP, 2015).

La presente investigación se justifica en la gran problemática relacionada a la contaminación con metales pesados que estamos teniendo a nivel mundial y a la urgente necesidad de encontrar una solución apropiada para esta. No sólo dejando un sitio remediado, sino que este vuelva a ser repoblado con flora de la zona y que las condiciones de su aplicación no sean complicadas, para que esta pueda ser replicada. En otras palabras: “Es de bajo costo, no requiere personal especializado para su manejo, ni consumo de energía. Es una técnica que actúa en conjunto con la revegetalización y la biodegradación” (Bernal, 2014). Eso sin contar, con la ventaja de que normalmente este proceso se lleva a cabo con especies de plantas autóctonas de la zona, por lo que el costo no es elevado. Además, de poseer una gran versatilidad en lo referido a contaminantes a eliminar y métodos para su eliminación; ya que “Diferentes pruebas científicas, muestran la capacidad de la fitorremediación para eliminar, disminuir, cambiar, mineralizar, corromper, volatilizar o asentar una gran variedad de contaminantes presentes en diversos elementos de la naturaleza; por ejemplo, metales pesados, metales radioactivos, mezclas naturales y productos derivados del petróleo” (Beltrán y Gómez, 2016).

Además, los principales beneficiados de que esta investigación se desarrolle son todos los comuneros, empresarios y ciudadanos que de una u otra manera terminan beneficiándose de los ingresos de actividades mineras. Adicional a esto, cabe recalcar que el ingreso que le genera la minería al Perú es, según el diario El Peruano, un 10% del producto bruto interno (PBI) (Redacción de El Peruano, 2018). Pero, esta actividad también nos ha costado mucho en términos ecológicos; tal como es mencionado por los redactores de El Comercio en una de sus noticias: “El instituto Blacksmith publicó una lista de las ciudades con más polución en el mundo. Siendo La Oroya, la quinta ciudad más contaminada del planeta” (Redacción de El Comercio, 2013). Es por eso que, al desarrollar una tecnología duplicable, que remueva los

metales pesados del suelo y que devuelva en gran medida la flora de la zona, sería de vital importancia; ya que nos traería múltiples beneficios a todos los peruanos.

Por último, cabe resaltar que el presente trabajo es un análisis comparativo que tuvo por origen en la gran cantidad de estudios sobre fitorremediación (cada uno con diversas especies) que se ha encontrado al momento de realizar investigaciones para la selección del tema; originando así, la incertidumbre de saber cuál de todas estas plantas tiene mejor capacidad Fitorremediadora. Por ello, luego de buscar en Google Scholar trabajos científicos relacionados a la fitorremediación, se decidió escoger a las 3 plantas que fueron utilizadas en la mayor cantidad de estos. Obteniendo así, que la especie con la mayor cantidad de artículos científicos fue el *Helianthus annuus* (1539), seguido del *Aloe barbadensis miller* (183 resultados) y la *Urtica urens* (102 resultados).

1.2 Antecedentes:

Se han considerado los siguientes trabajos como antecedentes sobre la acción de la *Urtica urens*, el *Aloe barbadensis miller* y el *Helianthus annuus* sobre el suelo contaminado con metales pesados:

En el ámbito internacional, Correia et al (2013) realizaron un estudio en Portugal en el que evaluaron los efectos de la inoculación de cepas bacterianas resistentes a metales y promotoras del desarrollo vegetal sobre el crecimiento de la especie *Helianthus annuus* cultivadas en suelos enriquecidos con Zn y Cd. Para ello, se realizó un diseño factorial con dos metales (Cd y Zn), cuatro niveles de matriz de Cd (0 – Suelo de control sin enriquecimiento – 10, 20 y 30 mg Cd/Kg), cuatro niveles de matriz de Zn (0 – suelo de control sin enriquecimiento – 100, 500 y 1000 mg Zn/kg) y tres niveles de tratamientos bacterianos (B0 – sin bacterias, B1 y B2). Cada Tratamiento fue replicado cuatro veces; en consecuencia, la diversidad de la comunidad bacteriana disminuyó con el aumento de la contaminación por metales en los suelos. Asimismo, las bacterias disminuyeron hasta un 67% y la acumulación de Zn y Cd en un 64% en los tejidos de girasol. En cambio, las cepas probadas redujeron las pérdidas de biomasa de girasol en suelos contaminados con metales. Las cepas PGPR *Ralstonia eutropha* (B1) y *Chrysiobacterium humi* (B2) redujeron las pérdidas de peso en plantas expuestas a metales e indujeron cambios en la bioacumulación y bio-concentración de metales, con la cepa B2 disminuyendo hasta un 67 % la acumulación de Zn y un 20 % del factor de bio-concentración de Zn (BCF) en los brotes, hasta un 64 % de absorción de Zn y un 38 % de FBC de Zn en las raíces, y hasta un 27 % de absorción de Cd y un 27 % de FBC de Cd en las raíces de las plantas. También se evaluó el impacto de la inoculación sobre las comunidades bacterianas en la rizosfera de la planta. La diversidad de la comunidad bacteriana disminuyó con el aumento de los niveles de contaminación por metales en el suelo; pero en el suelo de la rizosfera de las plantas inoculadas

con las cepas PGPR, se mantuvo una mayor diversidad bacteriana durante todo el período experimental. En conclusión, la inoculación de girasol, en particular con *C. humi* (B2), parece ser una forma eficaz de mejorar el potencial de estabilización a corto plazo de la planta en terrenos contaminados con metales, reduciendo las pérdidas de biomasa vegetal y disminuyendo la contaminación del tejido superficial.

Hamvumba et al (2014) realizaron un estudio en Kabwe, cerca de una mina de Plomo. Tuvo como objetivo el llevar a cabo un estudio para evaluar la eficacia del Girasol (*Helianthus annuus L.*), el Maicillo (*Sorghum bicolor L.*) y el Repollo Chino (*Brassica chinensis*) para eliminar el Plomo en el suelo. Los suelos contaminados con Plomo se recolectaron en Kabwe cerca de la antigua mina de Plomo y se caracterizaron por Plomo total y extraíble, Ph, materia orgánica, textura y capacidad de intercambio catiónico. Las concentraciones promedio de Plomo total y extraíble fueron de 23313 y 5876 mg/kg respectivamente, en suelo contaminado con 57,75 mg/kg y 10,02 mg/kg en suelo no contaminado. Luego, el suelo contaminado se diluyó con suelo no contaminado para lograr cinco niveles de contaminación de 5876, 2500, 1000, 500 y 10,02 mg/kg. Las plantas de prueba se cultivaron durante 10 semanas, después de lo cual se determinaron los rendimientos de biomasa seca por debajo y por encima del suelo; Asimismo se probaron la concentración y la absorción de Plomo. Los resultados de este estudio muestran que una alta concentración de Plomo en el suelo da como resultado un crecimiento deficiente de las plantas, un bajo rendimiento de biomasa y una mayor acumulación de Plomo en los tejidos de las plantas.

Por otra parte, Forte y Mutiti (2017) realizaron un estudio que tuvo como objetivo evaluar la hiper acumulación y el potencial de fitorremediación del cobre (Cu) y el Plomo (Pb) en la hortensia Hardy 'Limelight' (*Hydrangea paniculata*) y el girasol común (*Helianthus annuus*).

Además, el estudio investigó la capacidad de estas dos plantas para transpirar los metales en un invernadero con temperatura controlada. Para ello, las plantas se cultivaron durante 4 semanas y se regaron periódicamente con concentraciones elementales de nanopartículas de óxido de cobre, sulfato de cobre y nitrato de Plomo. En consecuencia, tanto *Helianthus annuus* como *Hydrangea paniculata* acumularon cantidades significativas de Cu y Pb para ser clasificadas como especies hiperacumuladoras. *Helianthus annuus* absorbió cantidades significativas de Cu en los brotes, específicamente en las hojas (Cu máx. = 1368 ppm), y lo translocó fácilmente del tallo a la hoja (el factor de translocación (TF) osciló entre 2,7 y 81,0). El Pb no fue absorbido y translocado tan fácilmente (TF = 0.6) como lo fue el Cu por esta especie. Por el contrario, *Hydrangea paniculata* absorbió Cu y Pb en altas concentraciones, pero preferentemente almacenó más metales en los tallos (Cu máx. = 1757 ppm; Pb máx. = 780 ppm) que en las hojas (Cu máx. = 126 ppm; Pb máx. = 35ppm). Concluyendo así que la capacidad de translocación de *Hydrangea paniculata* fue mucho menor para ambos metales en comparación con *Helianthus annuus*.

Alaboudi et al (2018) realizaron un estudio en Melbourne – Australia que tuvo por objetivo realizar experimentos para comparar la biomasa de la planta *Helianthus annuus L.* cultivada en suelos contaminados con Pb y Cd. Adicionalmente, se buscó evaluar su eficacia para la eliminación de Pb y Cd. Para ello, se hizo un sustrato de concentración 1:1 entre perlita (para la aireación de las raíces) y 2kg de tierra; también esta mezcla fue contaminada con una solución estándar madre de cada metal (Pb y Cd) a diferentes concentraciones de 0, 10, 20, 40, 80, 100 y 200 mg/kg. En consecuencia, se mostró que a medida que aumentaba la concentración de metales pesados en el suelo los pesos fresco y seco de las plantas en crecimiento disminuían gradualmente. La concentración máxima de Pb y Cd en los brotes (40.1 y 65.7 mg/kg respectivamente) y raíces (107.7 y 71.3 mg/kg respectivamente) fue registrada en el suelo

contaminado con 200 mg/kg de la concentración de los metales. Para finalizar, la mayor bioacumulación se registró para el Cd en la raíz cultivada en suelo (20 mg/kg).

Ziarati et al (2015), realizaron un trabajo en el condado de Teherán, Irán. Que tuvo como objetivo el determinar la capacidad de potencial de *Aloe vera* para limpiar el suelo de los sitios de soldadura contaminados y la capacidad probable de esta planta para Fito extraer diferentes metales (Cromo, Níquel, Cobre, Cobalto, Plomo y Cadmio) y también determinar los factores de transferencia de metales del suelo (TFS) por *Aloe vera* con el fin de determinar su potencial de fitorremediación. Para ello se recogieron muestras de suelo compuestas de la profundidad de 0 - 40 cm de suelo de 5 localidades de 10 sub ciudades de Assaluyeh. Para determinar la cantidad de metales pesados transferidos del suelo a la planta, se determinó el factor de translocación dividiendo la concentración de metal en el brote por su concentración en la raíz. El contenido de los metales se detectó mediante el Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Dando como resultados que los factores de transición de *Aloe vera*, para todos los metales pesados en el suelo tratado, fueron superiores a 1 y que el *Aloe vera* puede absorber Plomo y cobre después de 20 días más que otros metales estudiados.

Otro trabajo fue el de Monroy y Muñoz (2017), que fue llevado a cabo en la facultad de Ciencia y Tecnología, Bogotá. Que tuvo por objetivo aplicar el modelo pedagógico “enseñanza para la comprensión” desde la definición de Martha Stone, planteando como tópico generativo la Fitorremediación. Para ello dividió el trabajo en 2 fases: La primera, que se dividió en 4 sesiones y se enfocó en una comprensión teórica; y la segunda, que se dividió en 5 sesiones y que se enfocó en la aplicación de lo aprendido en la anterior fase. concluyendo que para el *Aloe barbadensis miller* la capacidad máxima de adsorción de Plomo II fue de 0,556 mg de Pb/g de *Aloe barbadensis miller*; a su vez, se observó un porcentaje de remoción del 100% en sólo 5 horas y porcentaje de desorción de 32,3% en EDTA 0,01 M en 48 hrs.

Ayomide (2021) realizó un trabajo que tuvo por objetivo el examinar el potencial de fitorremediación de cuatro plantas ornamentales, entre ellas el *Aloe barvadensis miller*, en suelos contaminados (Ondo y Osún) y suelos enriquecidos con Plomo. Para ello se llevó a cabo un experimento factorial en dos fases con un diseño completamente aleatorio. El primer experimento fue una factorial en diseño de 5 por 4. Los 2 factores eran suelos contaminados y plantas ornamentales. El segundo experimento fue una factorial de 4 por 4. Los dos factores fueron un suelo adicionado con Plomo en diferentes dosis (5, 10, 35 y 50 g/kg) y plantas ornamentales. Dando como resultado que el *Aloe barvadensis miller* tuvo mayor acumulación de Cr en los brotes que otras plantas ornamentales (2,30 mg/kg) y superó el límite permitido por la OMS para el Cr en las plantas (1,30 mg/kg). Asimismo, *Aloe barvadensis miller* tuvo la mayor acumulación de Pb en los brotes (55,4 mg/kg) y superó el límite permitido por la OMS para el Pb en las plantas (2mg/kg).

Azad et al (2014) realizó un estudio sobre el suelo aledaño a la mina de cobre Sarcheshmeh, Irán. El cual tuvo como objetivo establecer una metodología de fitorremediación con fauna autóctona, para la zona en donde está ubicada la mina de cobre. Para ello se realizaron análisis en el suelo; además de en la raíz y en los brotes de *Urtica urens* y *Rumex ribes*. Dando como resultado que la mayor cantidad de estroncio en las muestras de suelo fue de 1140 ppm; por otro lado, las cantidades más altas de estroncio en los brotes fueron de 350 ppm en *Urtica urens*. En contraste con esto, el *Rumex ribes* tuvo las cantidades más altas de estroncio en las raíces que fueron de 383 ppm. Con lo que se demuestra que estas 2 plantas son aptas para la fitorremediación del sitio.

Murtic et al (2019) realizaron una investigación que tuvo por objetivo evaluar el potencial de Fito-extracción de tres especies principales de plantas silvestres: la ortiga (*Urtica urens* L.), la margarita (*Stenactis annua* (L.) Ness.) y milenrama (*Achillea millefolium* L.) que crecen cerca

de la central térmica de Kakanj (Bosnia y Herzegovina). Para esto se recogió todas las partes aéreas de las plantas seleccionadas y sus muestras de suelo asociadas y se analizaron para determinar concentraciones de totales de Ni, Cr, Cd, Pb, Zn y Cu. También se calculó el factor de bioacumulación de cada elemento. Dando como resultado que la *Urtica urens*, tuvo un factor de Bioacumulación de 0.015 para Cr, 0.670 para Zn, 0.754 para Cu y 0.025 para Ni. Concluyendo así, que dicha especie es apta para la fitorremediación.

En el ámbito nacional, Clemente (2021) dirigió un trabajo científico en el patio de pruebas del Laboratorio de Fertilidad del Suelo (LIFS) “Sven Villagarcía Hermoza” de la Universidad Agraria la Molina (UNALM) – Lima, Perú. El objetivo del presente trabajo fue el encontrar la acumulación, distribución y tolerancia de Cadmio (Cd) en *Helianthus annuus* en suelos degradados con el presente metal. Para esto, se realizaron dos ensayos en macetas bajo condiciones de vivero. En el primero se probaron concentraciones de 0, 10, 15, 20 y 25 mg/kg de Cd en raíz, tallo, hoja e inflorescencia a los 84 días. Para el segundo, la concentración fue de 20 mg/kg de Cd y se evaluó a los 35, 49, 63, 75 y 84 días la concentración de Cd en los mismos órganos. Por parte del Cadmio, ninguna de sus dosis tuvo efectos en la altura de la planta ni en la creación de materia seca; por ende, posee índice de tolerancia (IT) equivalente a 1, con lo que se demostró que el *Helianthus annuus* posee un alto aguante en relación al presente metal. A grandes rasgos, se determinó que el incremento de la dosis de Cd en suelos tiene una relación directamente proporcional a la concentración de Cd en planta. Por otro lado, sin importar la época en la que fue examinado, la mayor concentración de Cadmio se encontró en la raíz; todo esto debido, a la escasa traslocación que posee el *Helianthus annuus* hacia sus partes que están en contacto con la atmósfera. Por último, en relación al factor de Bio-concentración (FBC) y al factor de Traslocación (FT), este fue mayor a 1 y menor a 1 respectivamente. Con lo que se

puede concluir que el *Helianthus annuus* presenta una conducta Fito estabilizadora, siempre y cuando la concentración de Cadmio en suelos sea menor a 25 mg Cd kg⁻¹.

Lizarbe y Rivera (2013) realizaron un trabajo en Zarumilla, Patas. Que tuvo por objetivo buscar una mejora en el crecimiento del *Helianthus annuus L.* mediante la adición de distintos elementos orgánicos e inorgánicos, con los que se acondicionó al relave minero artesanal para la Fito extracción de Plomo, Zinc y Cadmio. Por este motivo, se diseñó una metodología en la cual puedan ser aplicadas diferentes proporciones de relaves en diferentes periodos de tiempo. Obteniendo así, 4 tratamientos de diferentes proporciones de relave con 6 repeticiones cada uno con tiempo de 30, 60 y 90 días, todo esto mientras se aplicaba un método de siembra directa y otro de trasplante; en adición a esto se llevaron a cabo diversos análisis fisicoquímicos y se anotaron los diversos parámetros de crecimiento del *Helianthus annuus*. Una vez acabada la adición de los diversos elementos que acondicionarían al relave, estos influyeron de manera significativa en el crecimiento de *Helianthus annuus L.* (girasol). Por último, se encontró que el órgano con la mayor capacidad bioacumuladora del girasol fue la raíz tanto para Pb, Zn y Cd. Además, para que la Fitoextracción pueda obtener un mejor rendimiento, se encontró que el método de siembra directa es el mejor método; ya que, a diferencia del trasplante, la semilla se desarrolla en un medio contaminado.

Grandez (2017) que se realizó una investigación en suelos del departamento de Junín, provincia de Jauja, distrito de Huaripampa, al margen derecho del Valle del Río Mantaro. Que tuvo como objetivo el determinar la cantidad de Cadmio y Plomo removido en suelos contaminados, aplicado de *Zea mays* (Maíz) y *Helianthus annuus* (Girasol) con distintas enmiendas orgánicas, mediante la técnica de fitorremediación. Para eso se tomó 50 kg de muestra que fueron homogenizadas para tener una sola muestra representativa, que permitió obtener los datos iniciales del suelo. Luego, se realizaron 6 tratamientos con enmiendas, más 2 usando testigos

sin enmiendas con 3 repeticiones cada uno, haciendo un total de 24 pruebas. Dando como resultado que el Girasol bioacumuló 14.72 ppm de Plomo y 1.83 ppm de Cadmio en su biomasa radicular.

Suaña (2017) realizó un trabajo en Puno que tuvo como objetivo determinar la capacidad de absorción por el girasol (*Helianthus annuus L.*) de suelos que tiene contenido de Cadmio del centro poblado la Rinconada, región Puno. Para esto se realizaron diversos ensayos en dos ambientes: en un invernadero y a la intemperie, durante 1 año utilizando 10 maceteros en cada lugar con sustrato de suelo con presencia de Cadmio y con 1 a 3 semillas de girasol. Concluyendo que el valor promedio no había ninguna diferencia estadística; Por último, la media de adsorción de Cadmio fue evaluada en planta, tallo y hojas; dando como resultado un 5.716%, 1.217% y 0.529% respectivamente.

Peña (2019) realizó un trabajo en Villa el Salvador – Lima, Perú que tuvo por objetivo analizar la viabilidad del *Helianthus annuus* como agente Fitorremediador, todo esto mediante su capacidad de absorción. Para ello se hicieron germinar plántulas en vasos de Tecnopor, de ellas se trasplantaron 2 plántulas, de similares dimensiones, a 2 recipientes con suelo contaminado con 700 mg/kg y 1200 mg/kg de Plomo respectivamente, se observaron aproximadamente por 6 semanas siendo regadas con una botella con pico aspersor cada 2 días. Luego de este tiempo se separó 300 gr de cada suelo y ambas plantas se llevaron al laboratorio especializado; finalmente, después de 10 días hábiles, se concluyó la presencia de efectos adversos en suelos en el recipiente con 1200 mg/Kg; además de un porcentaje de absorción de *Helianthus annuus* entre 38 y 56%, un porcentaje de reducción de suelo contaminado entre 47 y 62%.

Liñan (2017) realizó un trabajo en la localidad de Ancash – Perú, el cual tuvo como objetivo el determinar la capacidad de la Sábila (*Aloe barvadensis miller*) para fitorremediar suelos contaminados con Plomo por actividad minera. Para ello, se recolectó una muestra de suelo

contaminado por Plomo de la provincia de Sihuas - Ancash; luego se llevó a cabo una investigación ex situ por 3 meses. Dando como resultado que la sábila acumuló 343,44 mg/kg Pb en la raíz y 735,375 mg/kg Pb en las hojas.

Jara et al (2014) realizaron un trabajo en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región de Lima. Que tuvo como objetivo el analizar, en cinco plantas andinas (*Solanum nitidum*, *Brassica rapa*, *Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Lupinus ballianus*) la capacidad de fitorremediación en suelos inficionados con Plomo, Zinc y Cadmio. Por esto, se diseñó un sistema que trabaje con las cinco especies de planta y las esponja a un medio con diferentes concentraciones de Pb, Zn y Cd. Dando como resultado unos veinte tratamientos, los cuales estaban divididos en 4 tratamientos por cada planta; Además, dentro de estos 4 tratamientos, 3 de ellos poseían unas concentraciones del 30%, 60% y 100% de relave de mina (RM) y el cuarto era suelo sin relave. Concluyendo así que, en lo referente a la producción de biomasa, esta disminuyó en gran medida en *Solanum nitidum*, *Brassica rapa*, *Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Lupinus ballianus*, con el tratamiento de 100% de relave de mina. Para finalizar, en términos de Plomo y Zinc, se obtuvo que las mayores acumulaciones fueron 2015.1 mg/Kg y 1024.2 mg/kg respectivamente, siendo las raíces de *Fuertesimalva echinata* en donde se presentó mayor bioacumulación de estos metales con el tratamiento de 100%; por otro lado, por parte del Cadmio la mayor acumulación fue de 287.3 mg/kg y se presentó en las raíces de *L. Ballianus* con el tratamiento de 100%.

Díaz (2017), realizó una investigación en la Oroya, Junín que tuvo por objetivo el investigar la capacidad que posee la Ortiga (*Urtica urens*) para acumular Plomo en sus tejidos. Para ello, fue utilizado suelo contaminado de las zonas residenciales de La Oroya, en el que se realizó una investigación ex situ con un diseño experimental con 5 repeticiones, realizando los análisis (en hojas y raíces de la Ortiga) antes y después del tratamiento. Dando como resultado que las

acumulaciones de la ortiga tanto en sus hojas como en sus raíces fueron de 84,34 mg/kg de Plomo y de 25,06 mg/kg de Plomo respectivamente.

Por otro lado, Yacolca (2017) realizó un estudio en la localidad de San Miguel – Cerro de Pasco; cuyo objetivo fue el de analizar el potencial Fitorremediador de la Ortiga (*Urtica urens*) para suelos de pasivos ambientales que han sido contaminados por Plomo. La metodología utilizada fue experimental ex situ. Se utilizó 4 almácigos de ortiga de 20 días de germinada, los cuales fueron trasplantadas a maceteros de capacidad de 5kg, la composición del sustrato fue 80% de suelos contaminado en la parte inferior y 20% de sustrato orgánico en la parte superior sin mezclar, el tratamiento duró 4 meses. Como resultado, se obtuvo que la concentración inicial de Plomo (424,84 mg/kg) había disminuido (324,55 mg/kg) en un 23.61%; llegando así a la conclusión de que mientras mayor sea la concentración de plomo en el suelo, mayor será la cantidad de plomo presente en la biomasa.

Bernabé y Medina (2018); realizaron un estudio en el caserío de Shiracmaca, distrito de Huamachuco. Este estudio tuvo como objetivo el analizar el potencial Fitorremediador de la *Urtica urens* para suelos contaminados por metales pesados. Para ello, fue utilizada una metodología de diseño experimental en el que, en 4 celdas iguales, se colocaron 6kg de suelo en cada una para después agregar estiércol de cuy en diferentes concentraciones (0kg, 1.5kg, 2kg y 2.5kg), luego de esto en la primera celda se sembró 1 planta, en la segunda celda 2 plantas, en la tercera celda 3 plantas y en la cuarta celda (testigo) 1 planta. Obteniendo así, que en donde se presentó mayor porcentaje de adsorción (Fe 45.055%, Zn 51,429% y Pb 70%) fue en la muestra 3. Demostrando así, que el proceso de fitorremediación con *Urtica urens* con mayor densidad poblacional absorbió más del 40% de los metales pesados del suelo.

Rumaldo (2019) realizó un estudio en la localidad del Callao – Lima. Que tuvo por objetivo el determinar la cantidad de Plomo en suelos que puede descontaminar la *Urtica urens* y

Fuertesimalva echinata apoyadas con gallinaza. Para esto, se recolectó y caracterizó 72 kg de suelo del parque Ramón Castilla – Callao; posteriormente, se realizaron 6 tratamientos con las 2 especies de vegetales y en cada celda de plástico se repartieron 4kg de suelo con 5%, 10% y 20% de dosis de gallinaza; para luego, realizar 3 repeticiones por cada tratamiento, ya que se realizó evaluaciones a los 15, 30 y 45 días. Dando como resultado que el tratamiento con *Fuertesimalva echinata* y gallinaza al 5% redujo el Plomo en un 35.81%, al 10% redujo el Plomo en un 39.45% y al 20% redujo el Plomo en un 61.73%; por otro lado, los tratamientos realizados con *Urtica urens* y gallinaza al 5%, 10% y 20% redujeron el Plomo en un 30.28%, 36.81% y 39.45% respectivamente. concluyendo así, que el tratamiento de *Fuertesimalva echinata* y gallinaza al 20% a los 45 días, fue el tratamiento que presentó la mayor cantidad de concentración de Plomo reducido en suelos.

Sandoval (2019) realizó un estudio en Catác, Ancash que tuvo por objetivo llenar vacíos teóricos en el tema de las capacidades de fitorremediación de la *Urtica urens* L. y *Brassica rapa* L., brindando base teórica para futuras investigaciones. Todo esto mediante una revisión teórica; de la que se concluye que a pesar de las persistentes investigaciones que se realizan en el mundo, en lo que a remediación de suelos se refiere, el Perú se encuentra muy escaso de información sobre especies altoandinas que sean capaces de recuperar suelos contaminados por Plomo y que dichas investigaciones deben de ser impulsadas por el estado peruano mediante el SERNANP, IIAP, IGP, CONCYTEC y otras instituciones.

Paredes (2021), realizó una investigación en Marabamba, provincia y departamento de Huánuco; la cual buscaba demostrar los diversos efectos y capacidades Fitorremedidoras, en suelo usado como botadero a cielo abierto, de dos variedades de ortiga (*Urtica urens* L. y *Urtica dioica* L.). Para lograr todo esto la metodología seleccionada fue experimental, con dos grupos operacionales y cuatro repeticiones. Además de ello, y en busca de unos resultados más exactos,

se llevaron a cabo múltiples análisis, como: de los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo, además de tres metales pesados (Plomo, Cadmio y Zinc) los cuales fueron comparados con los ECAs de suelo. Obteniendo así los siguientes resultados: Primero, para el análisis mecánico el suelo posee una textura franco arenosa; Y segundo, tanto con la *Urtica urens* L, como con la *Urtica dioica* L se produjo un efecto de reducción de 80.5 ppm de Pb y de 1.64 ppm Cd para la primera y 92.5 ppm de Pb y 1.575 ppm de Cd para la segunda.

Castro (2018) realizó una investigación en la Oroya que tuvo como objetivo determinar el efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por Plomo (Pb), con *Urtica urens*. Para ello, se aplicaron cinco dosis de EDTA en un suelo contaminado con Pb, los tratamientos consistieron en: T1 (control); T2 (0.05); T3 (0.10); T4 (0.15); T5 (0.20) y T6 (0.25) gr/kg. Estos fueron dispuestos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, las semillas de *Urtica urens* fueron sembradas en 18 macetas, en condiciones controladas por 60 días. Las plantas de *Urtica urens* presentaron mayor concentración de Pb en la parte radicular (259.287 mg Pb.kg⁻¹), en comparación con la parte aérea (151.617 mg Pb.kg⁻¹), evidenciándose el efecto de la aplicación de las diferentes dosis de EDTA, asimismo indicando que esta especie es una planta Fito estabilizadora. El Factor de translocación (FT) tuvo su máximo valor, de 0.81, con la dosis de T5 (0.20 g EDTA.kg⁻¹) e indicando que esta es una planta potencialmente Fito estabilizadora. El factor de Bioacumulación (FB) varió de 0.097 a 0.222; mostrando baja translocación de Pb de la parte radicular a la parte aérea. Se encontró correlación significativa entre las dosis de EDTA y el contenido de Pb en la parte radicular, asimismo se aplicó regresión cuadrática entre las dosis de EDTA y el contenido de Pb en la parte aérea, contenido de Pb en la parte radicular y el FB (Factor de bioacumulación), siendo las dosis de EDTA < 0.15 g.kg⁻¹ las que maximizaron el contenido de Pb para la parte radicular, parte aérea y FB. Los resultados obtenidos posibilitan determinar si la especie acumula el

contaminante en sus diferentes sistemas, para esta investigación *Urtica urens* Fito estabiliza al contaminante en sus raíces (Bioacumula y no la transloca a la parte aérea).

Mogollón et al (2018), realizaron una investigación en el distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad; cuya finalidad fue la de utilizar la *Urtica urens* para aplicar una remoción de metales pesados mediante la fitorremediación. Es por este motivo que se diseñó un sistema de tres tratamientos, que diferían los unos de los otros en las proporciones de abono y suelo contaminado que poseía cada uno: 600 gr de abono y 900 gr de suelo contaminado, para el primer tratamiento; 450 gr de abono y 1050 gr de suelo contaminado para el segundo; y 300 gr de abono y 1200 gr de suelo contaminado para el tercero. Vale la mención que dentro de cada tratamiento se encuentran tres plantas de *Urtica urens*; Después de un tiempo se procedió a realizar un análisis de la remoción que hizo dicha planta, además se estableció una comparativa con la normativa ambiental (ECA). Se obtuvo como resultados que, la remoción más eficaz para Arsénico, Mercurio y Plomo fue la del tratamiento 1 (40% de abono *Cavia percellus* + 60% de suelo contaminado), cuyos valores fueron 65%, 98% y 64% respectivamente; mientras que, para el Bario, Cadmio y Cromo, debido a que el análisis de la varianza dio como valor $p > 0,05$, no se presentó una remoción con diferencia significativa entre un tratamiento y otro.

Por último, en el ámbito local tenemos a Lizarbe et al (2016) que realizaron un trabajo en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo – Trujillo, La Libertad. Cuya finalidad fue la de analizar el desarrollo fisiológico del *Helianthus annuus*, ante la adición de un acondicionador proveniente de un relave minero artesanal; todo esto para la Fitoextracción de Plomo, zinc, y Cadmio. Para ello se utilizó una muestra procedente de la escombrera de un relave minero artesanal, localizado en el caserío de Zarumilla, Pataz. Para la presente investigación el diseño fue el siguiente: Se prepararon cuatro tratamientos diferentes, con

diferentes proporciones relave – acondicionador cada uno (100-0%, 75-25%, 50-50%, 25-75% respectivamente); adicionalmente a esto, cada tratamiento contaba con seis repeticiones en diferentes periodos de tiempo (30, 60 y 90 días) y se implementaron dos métodos de siembra (directa y trasplante). Con los resultados obtenidos se demostró que el *Helianthus annuus* pudo desarrollarse en todos los tratamientos, logrando así, acumular en sus tejidos Pb, Zn y Cd.

Gonzales et al (2018), realizaron un trabajo en la campiña de Moche-Trujillo, tuvo como objetivo evaluar la capacidad de Fitorremediación de las cuatro especies vegetales (Girasol, Alfalfa, Geranio e Higuierilla) que fueron sembradas en un suelo contaminado artificialmente con 278 mg/kg de sulfato de cobre (CuSO₄). 15 días después de la siembra se evaluó el porcentaje de germinación, a los 90 días se midió el desarrollo vegetativo y al final del ensayo el nivel de cobre disponible en el suelo de cada una de las cuatro especies. Dando como resultados finales que las cuatro especies redujeron significativamente el nivel de cobre disponible en el suelo, destacando la alfalfa que logró bajar el nivel de cobre 278 mg/kg a 77 mg/kg, seguido del geranio que redujo el nivel de cobre a 89 mg/kg, la higuierilla a 90 mg/kg y por último el girasol a 119 mg/kg.

Marcelo (2017) realizó una investigación en el sector Campanario, Quiruvilca, Santiago de Chuco, La Libertad. Que tuvo por finalidad la determinación de la capacidad Fitorremediadora de *Urtica urens* L. en suelos con presencia de metales pesados del sector Campanario del distrito de Quiruvilca. Para ello, se realizó un tratamiento ex situ con la especie vegetal; en el que, se compararon dos grupos, uno experimental con tres repeticiones y un grupo control, en un periodo de 14 semanas. Obteniendo, en lo referente a porcentajes de remoción, lo siguiente: Cromo (81.56%), Antimonio (80,83%), Cobre (49,68%), Arsénico (37.58%), Titanio (24.93%) y Estroncio (3.64%).

1.3 Formulación del Problema:

1.3.1. Problema General:

¿Cuál de las 3 especies a analizar (*Urtica urens*, *Aloe barbadensis miller* y *Helianthus annuus*) posee mayor capacidad Fitorremediadora en suelos contaminados con Plomo y Cadmio?

1.3.2. Objetivo General:

Evaluar la eficiencia mediante un análisis comparativo de las especies *Urtica urens*, *Aloe barbadensis miller* y *Helianthus annuus* para la Fitorremediación en suelos contaminados con Plomo y Cadmio

1.3.3. Objetivo Específicos:

Determinar cuál es el tipo de fitorremediación que realiza cada especie, en base a la cantidad de metal acumulado tanto en la raíz, como en las hojas.

Comparar las concentraciones finales de los metales pesados en los suelos, de los tratamientos a revisar, con los ECAs de suelos redactados en el Decreto supremo N° 011-2017-MINAM.

1.3.4. Bases Teóricas:

La presente investigación considera los siguientes conceptos importantes:

FITORREMEDIACIÓN

Es una tecnología alternativa rentable y sostenible; también una de las vertientes de la biorremediación. Se utilizan plantas (herbácea, arbustiva, flora arbórea) y algas para la fitorremediación obteniendo así la capacidad de almacenar y su a vez eliminar contaminantes, principalmente metales pesados mediante procesos metabólicos. (Amores et al, 2012). Además, la fitorremediación es considerada como una técnica de tratamiento biológico, que permite la recuperación de suelos y aguas contaminadas mediante el uso de biomasa vegetal viviente (Serna, 2021).

MÉTODOS DE FITORREMEDIACIÓN

Estos son: Fitodegradación, Rizodegradación, Fitoextracción, Fitoestabilización, Fitovolatilización y Rizofiltración. (Bayón, 2015).

La Fitoextracción, es una tecnología que consiste en la absorción de metales pesados; los cuales son acumulados en las raíces, tallos, hojas, flores, envoltura y semillas (Falcón, 2017).

La Fitoestabilización, es la implantación de especies arbóreas nativas en los depósitos terminados (no activos); para ello se utiliza especies vegetales nativas capaces de resistir y sobrevivir en suelos contaminados con niveles superiores de metales pesados; Así se puede estabilizar física y químicamente sustratos ricos en metales como es el caso de los depósitos de relaves (Tobar y Venegas, 2014).

La Fitodegradación es un proceso por el cual las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos (Carhuaricra, 2019).

La Rizodegradación, también conocida como Fitoestimulación o Biodegradación rizosférica mejorada, consiste en la descomposición de contaminantes en el suelo a través de la actividad microbiana. Los exudados de las raíces estimulan el crecimiento de microorganismos con capacidad para degradar contaminantes de tipo orgánicos. Las plantas a través de sus actividades metabólicas y fisiológicas liberan azúcares simples, aminoácidos, compuestos alifáticos y aromáticos, nutrientes, enzimas y oxígeno; los cuales se transportan desde sus partes superiores hacia la raíz, lo que favorece el incremento de hongos y bacterias; quienes a través de sus actividades metabólicas causan la mineralización de los contaminantes. La rizodegradación es un proceso mucho más lento que la fitodegradación (Bernal, 2014).

La Rizofiltración, es una técnica que emplea raíces de plantas como “bombas extractoras” de metales pesados. Las plantas se cultivan por medios hidropónicos; es decir sus raíces permanecen sumergidas en solución nutritiva, en lugar de tierra. Posteriormente, cuando las plantas tienen un sistema radicular bien desarrollado, se ponen en contacto con el efluente contaminado a tratar y las raíces absorben los metales pesados juntos con el agua (Guevara et al, 2012).

La Fitovolatilización, es un proceso que consiste en la transferencia de los contaminantes previamente acumulados en la planta a causa de la absorción y transformación de los mismos, hacia la atmósfera (Rodríguez, 2015).

Aloe barbadensis miller

La sábila, es una planta con alrededor de 360 especies diferentes, pertenece a la familia de las *Asfodeláceas* o *Liláceas* con hojas perennes en forma de roseta. Su tamaño puede alcanzar desde unos cuantos centímetros hasta los 50 cm. (Domínguez, 2012)

Urtica urens

La ortiga, es una planta que habita y hace su crecimiento en sitios con tipo de suelo arenosos y arcillosos, especialmente lugares donde no le llegue la luz solar, con pH entre 6.3 a 6.9 (Pomboza et al, 2016).

Las especies del género *Urtica* contienen en sus hojas calcio, potasio y nitrógeno lo que presenta un beneficio para el suelo. Así mismo, contiene Molibdeno y Vanadio que ayuda a atraer bacterias fijadoras de nitrógeno que posteriormente beneficiarán al suelo para que tenga este elemento y sea asimilable para cualquier tipo de planta. (Castillo y Rodríguez, 2014)

Estas especies han presentado habilidad de extraer, acumular y tolerar elevados metales pesados; tales como: Zinc, Cobre, Cadmio y Plomo (Vasconcellos, 2012)

Helianthus annuus

El Girasol es una planta anual perteneciente a la familia *Asteraceae* y al género *Helianthus*, el cual abarca alrededor de 68 especies donde *Helianthus annuus L.* es una de las más relevantes.

El Girasol es originario del norte y suroeste de los Estados Unidos, principalmente de la zona de Nuevo México. (Fuentes, 2021)

Algunos de sus procesos fisiológicos y metabólicos son sensibles a la elevada concentración de CO₂; en otras palabras, las plantas cultivadas con elevada concentración de CO₂ atmosférico presentaron un mayor crecimiento. (Mata, 2015).

SUELO

Es un cuerpo natural, tridimensional y dinámico que, a modo de epidermis, cubre la superficie de la Tierra. Se trata de un sistema abierto, bastante complejo, de carácter estructural y sobre todo polifuncional. Constituye uno de los recursos naturales más importantes, dado que realiza multitud de funciones entre las que destaca la producción de alimentos. Además, es la clave como sostén de vida y juega un papel importante dentro del medio ambiente (Jiménez, 2017).

TIPOS DE SUELO

Según el Decreto supremo N° 011-2017-MINAM en el que se aprueban los “Estándares de Calidad Ambiental para suelo”, existen 4 tipos de suelos: Suelo agrícola, Suelos residencial, Suelo comercial y Suelo industrial/ extractivo.

Suelo Agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas

Suelo Residencial/ parques: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

Suelo Comercial: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

Suelo Industrial/ extractivo: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros); además de la elaboración, transformación y/o construcción de bienes.

PASIVOS AMBIENTALES

Son considerados aquellas instalaciones, residuos o emisiones producidas por las actividades, que generan un riesgo a la salud, población o al ambiente. El área o zona necesita ser restaurada o mitigada. (Arango y Olaya, 2012).

METALES PESADOS

En la tabla periódica, los metales pesados son aquellos que están comprendidos entre 63.55(Cu) y 200.59(Hg); además estos poseen densidades bastante altas que van desde los 4 g/cm³ hasta 7 g/cm³ (Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico, S.F.). Por otro lado, en lo referente a su toxicidad son bastante nocivos para los seres humanos, destacando a los que tienen mayor susceptibilidad de presentarse en el agua, como: el Mercurio, el Cobre, el Plomo y el Cromo (FACSA, 2017).

CONTAMINACIÓN DE SUELOS POR METALES PESADOS

El por qué estos elementos químicos son tan nocivos, es debido a la estática que poseen al momento de entrar en contacto con el suelo, lo que conlleva a que tengan una elevada permanencia y que no puedan ser degradados con facilidad. Por otro lado, pueden afectar a los seres vivos; ya que pueden cambiar su estado de oxidación, incluso afectando a la biota del medio en el que se encuentren. Todo esto gracias a la tendencia bioacumuladora que estos poseen y a la magnificación a través de la cadena alimenticia (Argota, 2014). En otras palabras, podemos afirmar que la presencia de estos en cualquier suelo trae consigo diversas consecuencias, entre las que se destaca una pérdida (parcial o total) de la productividad de la vegetación en la zona o la ausencia total de esta, lo cual genera una disminución/desaparición de la biodiversidad e indirectamente la contaminación de zonas aledañas como aire y aguas superficiales/subterráneas (Llori y Tapia, 2017).

PLOMO

El Plomo es definido como un elemento químico del grupo denominado “metales pesados” que posee el símbolo Pb, tiene una densidad de 11.35 g/mL, se presenta en muchas formas como plumbito, plumbato, sales plumbosas o plúmbicas. Este proviene generalmente de actividades como la minería y la industria; en fabricación de batería y otros productos metálicos; y en la quema de combustibles fósiles. Este elemento se encuentra de manera natural en minerales como la galena, la anglosita y la cerusita. El Plomo no se puede degradar debido a que es un elemento químico y sufre variadas transformaciones en presencia de agua, luz solar y otros factores, además el aire puede transportarlo grandes distancias antes de que pueda sedimentar en el suelo. En las zonas urbanas la presencia de Plomo se debe a la actividad del parque industrial y otras actividades, como: el uso de pinturas con Plomo, el parque automotor, entre otras. (Alvarado y Gómez, 2015).

Intoxicación por Plomo

La intoxicación por plomo es una de las enfermedades profesionales identificada más antigua. Sus efectos agudos han sido reconocidos desde la antigüedad, esta condición aflige principalmente a los trabajadores manuales (Acaro et al, 2014). La principal vía por donde ingresa este metal pesado es por vía respiratoria y gastrointestinal. Una vez en el torrente sanguíneo, se acumula dentro de los glóbulos rojos, donde interfiere en la síntesis del grupo hemo, ocasionando anemia. Luego de un mes, se redistribuye a diferentes órganos y tejidos, generando alteraciones en el sistema nervioso, hematopoyético, cardiovascular, reproductivo y renal (Fontana et al, 2013).

CADMIO

El Cadmio (Cd) se encuentra en la corteza terrestre y proviene de la meteorización en la roca madre. Además, tiene la tendencia de ligarse a compuestos como el sulfuro de zinc y mantenerse en los perfiles superiores del suelo. Por esta razón, es común encontrarlo de manera natural en diferentes tipos de suelos, aunque en menor concentración en suelos formados a partir de rocas ígneas (Méndez, 2020).

En la industria, el Cd se utiliza en la elaboración de gran variedad de bienes de consumo y productos. Estos incluyen electrodos de batería de níquel-Cadmio (Ni-Cd), pigmentos utilizados en la producción de plástico, cerámica, vidrios, estabilizadores de cloruro de polivinilo (PVC). Además, en revestimientos de acero y metales no ferrosos, células de energía solar, dispositivos portátiles electrónicos y en componentes de formulaciones de fungicidas y fertilizantes. (Yazdi et al, 2019).

Intoxicación por Cadmio.

La comida y los cigarrillos son las principales fuentes de exposición al cadmio en la población general. Esta exposición también puede darse a través de líquidos, ya sea por las cañerías que contienen cadmio en sus soldaduras o por el agua que ha sido contaminada por las actividades industriales que tiran sus desechos al río (Pérez y Azcona, 2012). Los síntomas de una intoxicación por Cadmio, son equivalentes a los de la gripe, en 24 horas se desarrolla generalmente un edema pulmonar agudo, el que alcanza su máximo en 3 días; si no sobreviene la muerte por asfixia, el problema puede resolverse en una semana (Lozano, 2014).

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación:

La presente investigación es una investigación descriptiva, la cual tienen por objetivo el describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permiten establecer el comportamiento de los fenómenos en estudio. (Guevara et al, 2020).

Pero, por la naturaleza del tema escogido, hemos decidido darle a nuestra investigación descriptiva un enfoque de revisión sistemática, con una técnica de análisis documental, que es una forma de investigación que recopila y proporciona un resumen sobre un tema específico (orientado a responder a una pregunta de investigación); para ello se deben realizar de acuerdo a unos criterios preestablecidos. En la Revisión Sistemática, el centro de estudio no es un experimento como tal, sino, los estudios donde este ya ha sido desarrollado antes (bases de datos - metabuscadores, revistas científicas, etc.) (Aguilera, 2014).

2.2 Población:

Toda la literatura científica encontrada bajo las palabras clave: Fitorremediación, suelos, Plomo, Cadmio, *Urtica urens*, *Helianthus annuus* y *Aloe barvadensis miller* en diversos repositorios como Google Scholar, Scielo, Dialnet, ScienceDirect, etc. La cual, suma un total de 1824 artículos, que están repartidos de la siguiente manera:

Urtica urens (102 resultados), *Helianthus annuus* (1539) y *Aloe barvadensis miller* (183 resultados).

Luego de ello, hicimos una preselección en la que se obtuvieron 27 artículos determinados entre idioma español e inglés.

2.3 Muestra:

Después de la preselección, se retiraron a todos los artículos científicos que habían considerado adicionar elementos químicos o biológicos a sus respectivos experimentos en pos de aumentar la eficacia de la fitorremediación. Quedando así, sólo 14 artículos con un intervalo de 10 años (2012 – 2022). Donde se analizaron los resultados obtenidos por las plantas *Aloe barbadensis miller*, *Helianthus annuus* y *Urtica urens* al remediar suelos con Plomo y Cadmio.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de Información

2.4.1 instrumentos:

- Artículos científicos
- Tesis
- Laptops
- Lapiceros
- Internet
- Excel
- Bases de Datos
- Gestores Bibliográficos

2.4.2 Criterios:

La elección de los trabajos en los que basamos la presente investigación no fue hecha al azar.

La primera selección tomó en cuenta los siguientes puntos:

Primero, se tuvo en cuenta de que el margen del periodo para los documentos elegidos tuviera un tiempo establecido de 10 años; en otras palabras, sólo se tuvo en cuenta a trabajos publicados entre el 2012 y el 2022. Además, por parte del idioma, se tuvo una preferencia hacia los trabajos publicados en español e inglés.

Segundo, sólo se consideraron a los trabajos que tuvieran relación con la fitorremediación en suelos, las tres especies (*Aloe vera*, *Helianthus annuus* y *Urtica urens*) trabajando y alguno de los dos metales pesados (Plomo y Cadmio); además, de poseer un contenido cuantitativo.

Después para una segunda selección se tomó en cuenta:

Que el suelo solo tenga agregados que incentiven el crecimiento de la planta. En cambio, se eliminaron los trabajos que presentaron una adición de elementos químicos o biológicos que influían directamente en el proceso de fitorremediación.

2.5 Procedimiento:

Como un primer criterio de selección, para el presente trabajo de revisión sistemática, se seleccionaron 27 antecedentes; para ello, utilizamos el buscador Google académico y dividimos la búsqueda en 3 partes: La primera enfocada en el *Aloe barvadensis miller*, la segunda en el *Helianthus annuus* y la tercera en la *Urtica urens*.

En nuestra primera búsqueda, se procedió a enfocarse en la *Urtica urens* (Ortiga); se eligió empezar con el buscador Google Académico, en el que se encontró 86 resultados relacionados con el tema, pero de entre todos ellos y después de filtrarlos, sólo 10 cumplían los criterios de selección requeridos para ser considerados partes de este trabajo. Por otro lado, en el buscador académico Alicia concytec se obtuvo como resultado 16 artículos relacionados con la investigación; de los cuales, sólo 1 cumplió con lo requerido. Por último, en el buscador académico Scielo, se obtuvo 1 solo resultado que, convenientemente, pasaba todos los criterios de selección del presente trabajo.

La segunda búsqueda, fue enfocada en el *Aloe barvadensis miller*(sábila). Como en la anterior búsqueda se eligió empezar con el buscador Google Académico, el cual nos dio como resultado 83 artículos relacionados al tema; sin embargo, al aplicar los respectivos criterios de selección, sólo quedaron 3 artículos. Luego de esto, se procedió a ampliar la búsqueda en otros buscadores académicos y repositorios institucionales (Redalyc, Scielo, Dialnet, Alicia concytec, Science Direct), hasta que se llegó a Reseachgate en donde se encontraron 100 resultados relacionados; pero sólo 1 artículo científico cumplía con los criterios de selección.

La tercera y última búsqueda, estuvo enfocada en el *Helianthus annuus* (Girasol). Como en las 2 anteriores búsquedas, se tuvo como primera opción al buscador Google Académico, el cual dio como resultado 537 artículos relacionados; no obstante, después de aplicar nuestros criterios de selección se determinó que sólo 7 artículos nos eran útiles. A continuación, se procedió a ampliar la búsqueda en otros buscadores académicos y repositorios institucionales. En Science Direct, la búsqueda dio 902 resultados relacionados al tema, de los cuales sólo 2 cumplían con los criterios de selección deseados. Por su parte, el buscador académico ReseachGate dio como resultado 100 artículos relacionados a nuestra búsqueda; aunque, de todos ellos sólo 2 cumplían con lo deseado.

Finalmente, a los 27 artículos encontrados se les aplicó una segunda selección en la cual sólo fueron seleccionados los trabajos científicos que habían utilizado adicionales para el crecimiento y desarrollo de la planta; en otras palabras, los trabajos que adicionaban diversos químicos o agentes biológicos para el mejoramiento de la fitorremediación, fueron eliminados. Quedando sólo 14 artículos con los que se construyó una base de datos con la concentración inicial y final del suelo, tanto para Plomo como para Cadmio; en las plantas de *Urtica urens*, *Aloe barbadensis miller* y *Helianthus annuus*.

Habiendo completado la base de datos se procedió a realizar comparativas entre los distintos trabajos, tanto para *Urtica urens*, *barbadensis miller* y *Helianthus annuus* respectivamente.

Todo esto para así poder dar respuesta a nuestros objetivos.

Primero, se procedió a recopilar de cada artículo científico los resultados de concentración inicial y final de los metales en el suelo. Para poder obtener el porcentaje de remoción de cada trabajo con la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{concentración inicial del metal en suelo} - \text{concentración final del metal en suelo}) * 100}{\text{concentración inicial del metal en suelo}}$$

La cual será aplicada en las 3 especies de plantas, expuestas a los 2 metales (Pb y Cd). Todo ello para poder tener una variable con la cual se pueda comparar y posteriormente hallar la especie que tenga la mayor eficiencia al fitorremediar tanto Plomo, como Cadmio.

Segundo, se estableció una comparación entre la concentración de metales absorbida por las raíces y la concentración de metales absorbida por las hojas. Para, en base a la ubicación donde se encontró mayor cantidad de metales, poder determinar qué tipo de fitorremediación realiza cada especie.

Tercero, se realizó una comparación entre los resultados de concentración de metales en suelo finales, obtenidos en los trabajos de investigación con los ECAs de suelos establecidos en Decreto supremo N° 011-2017-MINAM. Para determinar si estos los exceden.

Tabla 1

Antecedentes Preliminares

Antecedentes Preliminares			
Autores	Títulos	País	Repositorio Virtual
Correia, A.; Moreira, H.; Ribeiro, A.; Silva, A. y Lima, P. (2013).	Inoculating <i>Helianthus annuus</i> (sunflower) grown in zinc and cadmium contaminated soils with plant growth promoting bacteria - Effects on phytoremediation strategies. Chemosphere.	Portugal	Google académico
Hamvumba, R.; Mataa, M. y Mutiti, A. (2014).	Evaluation of sunflower (<i>Helianthus annuus L.</i>), Sorghum (<i>Sorghum bicolor L.</i>) and Chinese Cabbage (<i>Brassica chinensis</i>) for Phytoremediation of Lead Contaminated Soils.	Zambia	Researchgate
Forte, J. y Mutiti, S. (2017).	Phytoremediation Potential of <i>Helianthus annuus</i> and <i>Hydrangea paniculata</i> in Copper and Lead - Contaminated Soil. SpringerLink.	Estados Unidos	Google académico
Khalid, A.; Berhan, A. y Graham, B. (2018).	Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (<i>Helianthus annuus</i>) plant.	Egipto	ScienceDirect
Clemente, J.; Medina, J.; Laura, J.; Pariona, L. y Gutiérrez, P. (2021).	Fitorremediación en suelos contaminados con Cd usando girasol (<i>Helianthus annuus L. var. Sunbright</i>).	Colombia	Google académico
Azad, S.; Ahmadimoghadam, A.; Naseri, F. y	Study the Accumulation of Strontium in Plant Growing around Sarcheshmeh Copper Mine, Iran	Irán	Google académico

Antecedentes Preliminares

Autores	Títulos	País	Repositorio Virtual
Esmailzade, E. (2014).			
Murtic, S.; Jurkovic, J.; Basic, E. y Hekic, E. (2019)	Assessment of wild plants for phytoremediation of heavy metals in soils surrounding the thermal power station.	Bosnia y Herzegovina	Google académico
Ziarati.; Nazif y Khandehrouy (2015)	“Decreasing Bio-toxicity of fume particles produced in welding process by <i>Aloe vera L</i> ”.	Iran	Researchgate
Monroy, M. y Muñoz, Y. (2017).	Aplicación del modelo enseñanza para la comprensión: Fitorremediación para la remoción del Plomo II con <i>Aloe vera (Aloe barbadensis miller)</i> . repositorio institucional de la Universidad Pedagógica Nacional - Colombia.	Bogotá - Colombia	Google académico
Ayomide, O. (2021).	Phytoremediation potential of selected ornamental plants on polluted souls in Ondo and Osun State, Southwestern, Nigeria. The Feredal University of technology Akure Institutional Repository.	Nigeria	Google académico
Lizarbe y Rivera (2013).	“Optimización del crecimiento de <i>Helianthus annuus L.</i> (Girasol) para la Fito extracción de Plomo, zinc y Cadmio de relaves minero artesanal del caserío de Zarumilla, Patáz.”	Perú	Google académico
Grandéz, M. (2017).	Remoción de Cadmio y Plomo en suelos a orilla del rio Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol	Perú	Google académico

Antecedentes Preliminares

Autores	Títulos	País	Repositorio Virtual
<p><i>(Helianthus annuus)</i> y maíz (<i>Zea Mays</i>) usando enmiendas</p>			
Suaña, M. (2017).	Capacidad del girasol (<i>Helianthus annuus L.</i>) para absorber Cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado-Puno.	Perú	Google académico
Peña, I. (2019).	Evaluación de la capacidad de absorción del <i>Helianthus annuus</i> , como agente Fitorremediador de suelos contaminados con Plomo.	Perú	Google académico
Jara, E.; Gómez, J.; Montoya, H.; Chanco, M.; Mariano, M.; Cano, N. (2014)	Capacidad Fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados	Perú	Scielo
Díaz, M. (2017)	Capacidad de acumulación de la ortiga (<i>Urtica urens</i>) para la fitorremediación de suelos contaminados con Plomo en la Oroya, Junín, 2017	Perú	Google académico
Yacolca, M. (2017)	Capacidad Fitorremediadora de la ortiga (<i>Urtica urens</i>) en suelos contaminados con Plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel - Cerro de Pasco 2017	Perú	Google académico
Bernabé, Y.; Medina, H. (2018)	Fitorremediador por densidad poblacional de <i>Urtica urens</i> en suelos contaminados por metales pesados, caserío Shiracmaca, distrito de Huamachuco - 2018	Perú	Google académico

Antecedentes Preliminares

Autores	Títulos	País	Repositorio Virtual
Rumaldo, M. (2019)	Descontaminación de suelos con Plomo usando <i>Urtica urens</i> y <i>Fuertesimalva echinata</i> Fertilizada con gallinaza en el Callao.	Perú	Google académico
Sandoval, J. (2019)	Comparación de dos especies altoandinas <i>Urtica urens L.</i> y <i>Brassica rapa L.</i> en la recuperación de suelos contaminados por Plomo en Cátaç, Ancash	Perú	Google académico
Paredes, E. (2021).	Efecto de la fitorremediación con dos variedades de ortiga (<i>Urtica urens L.</i>) y (<i>Urtica dioica L.</i>) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto, Marabamba, provincia y departamento de Huánuco - 2021.	Perú	Google académico
Liñan, K. (2018).	Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar Sábila (<i>Aloe vera</i>); nivel de laboratorio, Ancash - 2017.	Perú	Google académico
Lizarbe, K.; Rivera, Y.; Mendoza, J.; Vera, M. y Rodríguez, R. (2016).	Fitoextracción de Plomo, Zinc y Cadmio de Relaves mineros utilizando <i>Helianthus annuus L.</i> (girasol).	Perú	Google académico
Gonzales, J.; Acebedo, J.; Armas, C.; Custodio, M.; García, M.;	Fitorremediación de un suelo con exceso de cobre utilizando cuatro especies vegetales; “girasol”, “alfalfa”, “geranio” e “higuerilla”.	Perú	Google académico

Antecedentes Preliminares

Autores	Títulos	País	Repositorio Virtual
Gonzales, A.; León, B.; Méndez, L.; Ortiz, G.; Paredes, E.; Rodríguez, L.; Tuesta, M.; Ulloa, J. y Vásquez, M. (2018).	Capacidad Fitorremediadora de <i>Urtica urens L.</i> en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago de Chuco, La Libertad.	Perú	Google académico
Castro, E. (2018).	Efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por Plomo, con <i>Urtica urens</i> en la Oroya, 2018.	Perú	Google académico
Mogollón, C.; Parrilla, Y.; Sotero, P. y Valderrama, D. (2018).	Remoción de metales pesados con <i>Urtica urens</i> en suelos contaminados del Distrito de Huamachuco, Provincia Sánchez Carrión, La Libertad.	Perú	Google académico

2.6 Aspectos éticos:

Como ha sido mencionado antes, el presente trabajo busca hacer un análisis comparativo entre 3 especies de plantas; pero, para ello, se requiere revisar investigar, analizar y citar una gran cantidad de artículos científicos. Por ello, se ha citado a cada uno de los autores siguiendo lo establecido en el manual de las normal APA; adicional a esto, cada cita ha sido referenciada con el fin de proteger la propiedad intelectual de cada autor con el que hemos trabajado. Por último, cada dato cuantitativo extraído ha sido usado tal cual está, sin alteración alguna.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En primer lugar, se presenta la tabla 2 con los antecedentes finales. Los cuales quedaron después de haber aplicado todos nuestros criterios de selección.

Tabla 2

Antecedentes Finales

Planta	Autores	Muestras	Característica de Tratamientos
		M1	Maceta con 2kg de suelo
		M2	Maceta con 2kg de suelo
	Díaz, M (2017)	M3	Maceta con 2kg de suelo
		M4	Maceta con 2kg de suelo
<i>Urtica urens</i>		M5	Maceta con 2kg de suelo
	Mogollón, C.;	M1	60 % Suelo contaminado (900gr) + 40 % Abono Orgánico (600gr)
	Parrilla, Y.;		
	Sotero, P. y	M2	70% Suelo contaminado (1050gr) + 30% Abono Orgánico (450gr)
	Valderrama, D (2018)		

Planta	Autores	Muestras	Característica de Tratamientos
		M3	80% Suelo contaminado (1200gr) + 20 % Abono Orgánico (300gr)
	Marcelo, J (2017)	M1	1.5 kg muestra de suelo (3 repeticiones)
		M1	6.25 kg de suelo
	Paredes, E (2021)	M2	6.25 kg de suelo
		M3	6.25 kg de suelo
		M4	6.25 kg de suelo
		M1	4kg de suelo contaminado + 5% (200 g) de gallinaza + 1 lt de agua
	Rumaldo, M. (2019)	M2	4kg de suelo contaminado + 10% (400 g) de gallinaza + 1 lt de agua
		M3	4kg de suelo contaminado + 20% (800 g) de gallinaza + 1 lt de agua
		M4	normal es 140mg/Kg - 3 repeticiones
	Bernabé, Y.; Medina, H (2018)	M1	6k de suelo + 1.5kg de Estiercol de Cuy + 1 Planta
		M2	6k de suelo + 2kg de Estiercol de Cuy + 2 Planta
	Bernabé, Y.; Medina, H (2018)	M3	6k de suelo + 2.5kg de Estiercol de Cuy + 3 Planta
		M4	6k de suelo + 1 Planta

Planta	Autores	Muestras	Característica de Tratamientos
<i>Aloe barbadensis miller</i>	Yacolca, M. (2017)	M1	4k de suelo + 1 humus +1 Planta
		M2	4k de suelo + 1 humus +1 Planta
		M3	4k de suelo + 1 humus +1 Planta
		M4	4k de suelo + 1 humus +1 Planta
	Liñan, K. (2018)	M1	Repetición 1: Cajón de madera con 30kg desuelo
		M2	Repetición 2: Cajón de madera con 30kg desuelo (3 meses después de iniciado el tratamiento)
	Ziarati, P.; Nazif, M. y Khandehrouy, M. Alaboudi, K.; Ahmed, B. y Brodie, G. (2018)	M1	No dice nada sobre las cantidades de suelos
		M1	Suelo Control: Perlita (2kg) + Suelo (2kg)
		M2	Suelo contaminado con 200 mg/kg
	Clemente, J. et al (2021)	M1	Suelo (4 kg) + nitrato de Cd pentahidratado (hasta lograr

Planta	Autores	Muestras	Característica de Tratamientos
<i>Helianthus annuus</i>	Grandez, M. (2017)	M1	una concentración del 20 mg/kg Cd TC1= Maceta de 4kg (tierra + compost)
		M2	TC2= Maceta de 4kg (Tierra + Humus)
		M3	TC3= Maceta de 4kg (Tierra)
		M4	TC4= Maceta de 4kg (Tierra + Compost + Humus)
	Mutiti, S. y Forte, J. (2017)	M1	1kg suelo + una mezcla de 10000 mg/kg de Pb Exterior del invernadero -
		M1	10 maceteros (2kg de suelo C/u)
	Suaña, M. (2017)	M1	Interior del invernadero - 10 maceteros (2kg de suelo C/u)
		M2	Interior del invernadero - 10 maceteros (2kg de suelo C/u)

Nota. M = muestra.

En segundo Lugar, se busca responder a nuestro objetivo general. Para ello se presentan las tablas 3,4,5,6,7 y 8 en las que se muestra el porcentaje de remoción de cada una de las tres especies trabajadas en la presente investigación (*Urtica urens*, *Aloe barbadensis miller* y *Helianthus annuus*), frente a metales pesados (Plomo y Cadmio).

Tabla 3

Concentración de Plomo Inicial, Final y Porcentaje de Remoción en la Planta Urtica urens después de Fitorremediar los Suelos.

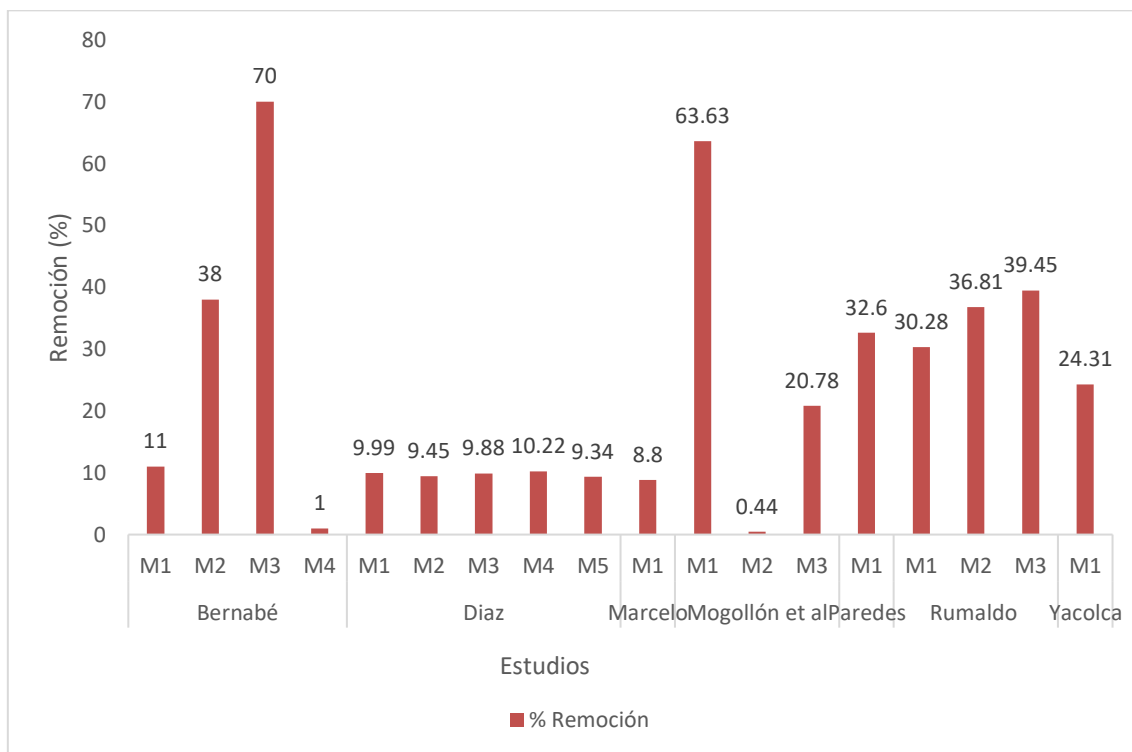
Autores	Muestras	Concentración de Pb	Concentración de Pb	Remoción (%)
		Inicial en suelo (mg/kg)	final en suelo (mg/kg)	
	M1	100	89	11
Bernabé y Medina (2018)	M2	100	62	38
	M3	100	30	70
	M4	100	99	1
Diaz (2017)	M1	1118.93	1007.12	9.99
	M2	1117.91	1012.32	9.45
	M3	1119.93	1009.24	9.88
	M4	1120.87	1006.27	10.22
	M5	1119.91	1015.28	9.34
Marcelo (2017)	M1	9.88	9.01	8.80
	M1	34.12	12.41	63.63
Mogollón, Parrilla, Sotero	M2	34.12	33.97	0.44

Autores	Muestras	Concentración de Pb	Concentración de Pb	Remoción (%)
		Inicial en suelo (mg/kg)	final en suelo (mg/kg)	
y Valderrama (2018)	M3	34.12	27.03	20.78
Paredes (2021)	M1	204	137.50	32.60
	M1	980	683.23	30.28
Rumaldo (2019)	M2	980	619.31	36.81
	M3	980	593.37	39.45
Yacolca (2017)	M1	428.84	324.55	24.31

Nota. M = muestra.

Figura 1

Comparación de los Porcentajes de Remoción de Plomo en el Suelo Después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta *Urtica urens*.



Después del haber realizado el presente estudio se encontró que el mayor porcentaje de remoción del Plomo fue obtenido por el tratamiento M3 de Bernabé y Medina (2018) con un 70%; seguido por el tratamiento M1 de Mogollón, Parrilla, Sotero y Valderrama (2018) con un 63.63% y el tratamiento M3 de Rumaldo (2019) con un 39.45%. En contraposición a esto, el tratamiento que obtuvo el menor porcentaje de remoción fue el tratamiento M2 de Mogollón, Parrilla, Sotero y Valderrama (2018) con un 0.44%.

Tabla 4

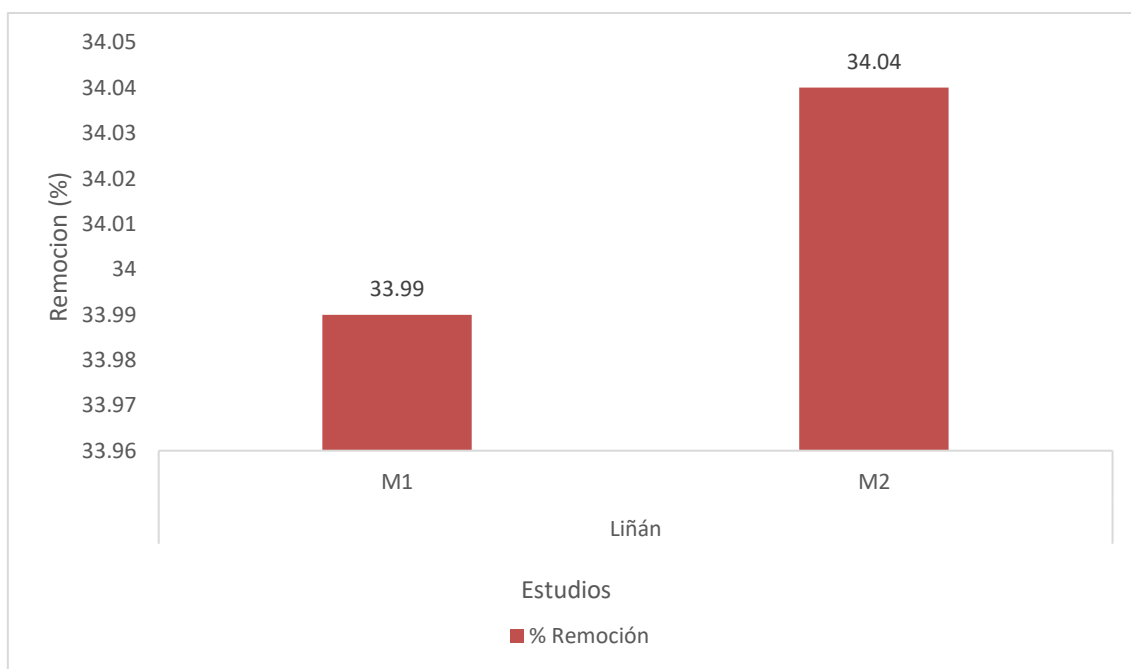
Concentración de Plomo Inicial, Final y Porcentaje de Remoción de Plomo en la Planta Aloe barbadensis miller después de Fitorremediar los Suelos.

Autores	Muestras	Concentración de Pb Inicial en suelo (mg/kg)	Concentración de Pb final en suelo (mg/kg)	Remoción (%)
Liñán (2018)	M1	1471.09	971.00	33.99
	M2	1469.08	969.00	34.04

Nota. M = muestra.

Figura 2

Comparación de los Porcentajes de las Muestras de Remoción de Plomo en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta Aloe barbadensis miller.



Después de haber realizado la presente investigación, se obtuvo que el tratamiento con mayor porcentaje de remoción fue la del tratamiento M2 de Liñán (2018) con un 34.04%. En contraposición a esto, el tratamiento con el menor porcentaje de remoción fue el tratamiento M1 de Liñán (2018) con un 33.99%.

Tabla 5

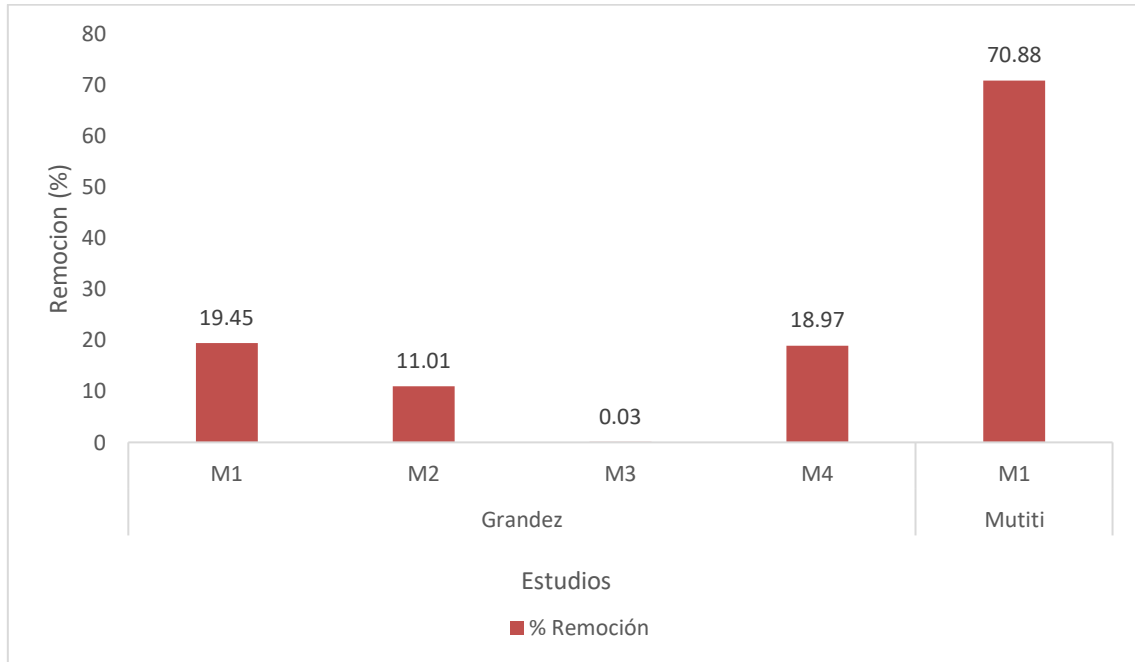
Concentración de Plomo Inicial, Final y Porcentaje de Remoción de Plomo en la Planta Helianthus annuus después de Fitorremediar los Suelos.

Autores	Muestras	Concentración de Pb Inicial en suelo (mg/kg)	Concentración de Pb final en suelo (mg/kg)	Remoción (%)
Grandéz (2017)	M1	518.26	417.447	19.45
	M2		461.187	11.01
	M3		518.080	0.03
	M4		419.967	18.97
Mutiti y Forte (2017)	M1	10000	2912	70.88

Nota. M = muestra.

Figura 3

Comparación de los Porcentajes de Remoción de Plomo en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con Helianthus annuus.



Después de haber realizado el presente estudio se encontró que el mayor porcentaje de remoción, con *Helianthus annuus*, fue el del tratamiento M1 de Mutiti y Forte (2017) con un 70.88%, seguido del tratamiento M1 de Grandéz (2017) con un 19.45%. En contraposición a esto, el tratamiento que obtuvo menor porcentaje de remoción fue el tratamiento M3 de Grandéz (2017) con un 0.03%

Tabla 6

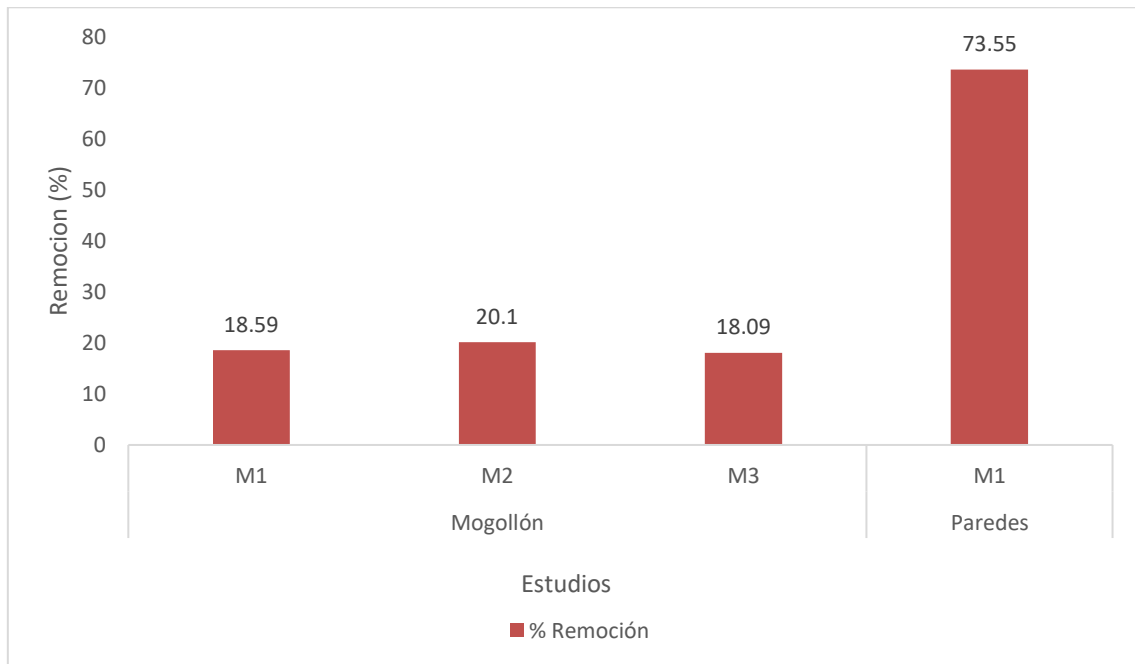
Concentración de Cadmio Inicial, Final y Porcentaje de Remoción en la Planta Urtica urens después de Fitorremediar los Suelos.

Autores	Muestras	Concentración de Cd Inicial en suelo (mg/kg)	Concentración de Cd final en suelo (mg/kg)	Remoción (%)
Mogollón, Parrilla, Sotero y Valderrama (2018)	M1	1.99	1.62	18.59
	M2	1.99	1.59	20.10
	M3	1.99	1.63	18.09
Paredes (2021)	M1	2.42	0.64	73.55

Nota. M = muestra.

Figura 4

Comparación de los Porcentajes de Remoción de Cadmio en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta Urtica urens.



Después de realizar el presente trabajo, se obtuvo que el tratamiento con el mayor porcentaje de remoción fue el tratamiento M1 de Paredes (2021) con un 73.55%, seguido por el tratamiento M2 de Mogollón, Parrilla, Sotero y Valderrama (2018) con un 20.10%. En contraposición a esto, el tratamiento con el menor porcentaje de remoción fue el tratamiento M3 de Mogollón, Parrilla, Sotero y Valderrama (2028) con un 18.09%.

Tabla 7

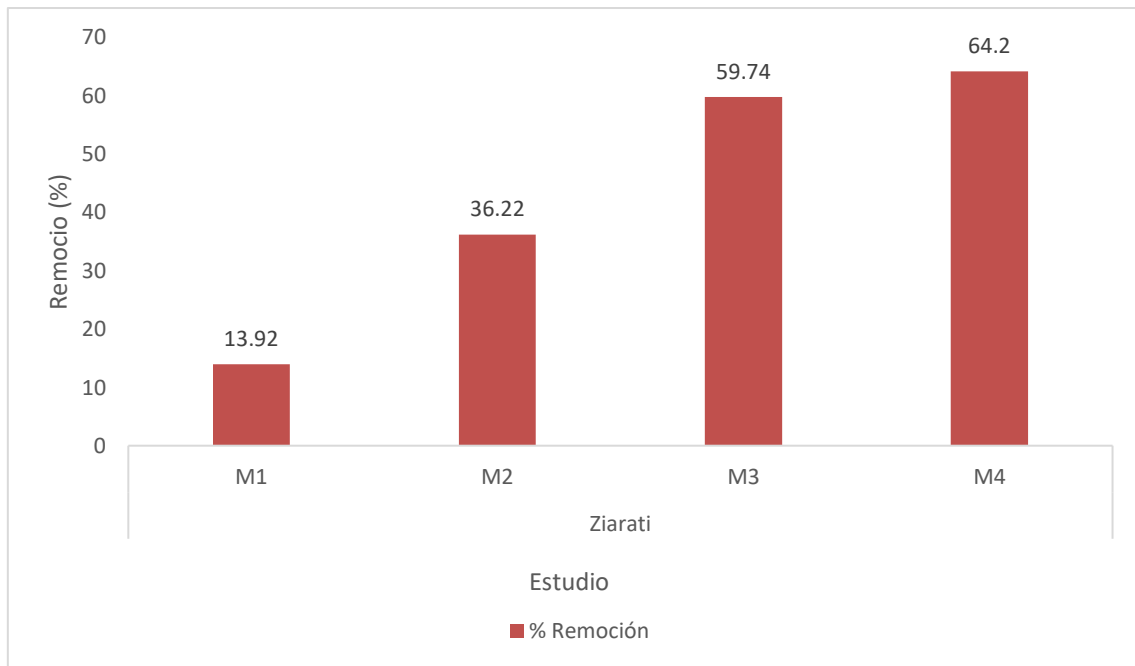
Concentración de Cadmio Inicial, Final y Porcentaje de Remoción en la Planta Aloe barbadensis miller después de Fitorremediar los Suelos.

Autores	Muestras	Concentración de Cd Inicial en suelo (mg/kg)	Concentración de Cd final en suelo (mg/kg)	Remoción (%)
	M1		6.8871	13.92
Ziarati, (2015)	M2	8.001	5.1032	36.22
	M3		3.2211	59.74
	M4		2.8642	64.20

Nota. M = muestra.

Figura 5

*Comparación de los porcentajes de Remoción de las Muestras de Cadmio en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta *Aloe barbadensis miller*.*



Después de haber realizado la presente investigación se obtuvo que el tratamiento de fitorremediación con *Aloe barvadensis miller* que más porcentaje de remoción tiene, fue el tratamiento M4 de Ziarati, Nazif y Khandehro (2015) con un 64.20%. En contraposición a esto, el tratamiento que menor porcentaje de remoción obtuvo fue el tratamiento M1 de Ziarati, Nazif y Khandehro (2015) con un 13.92%.

Tabla 8

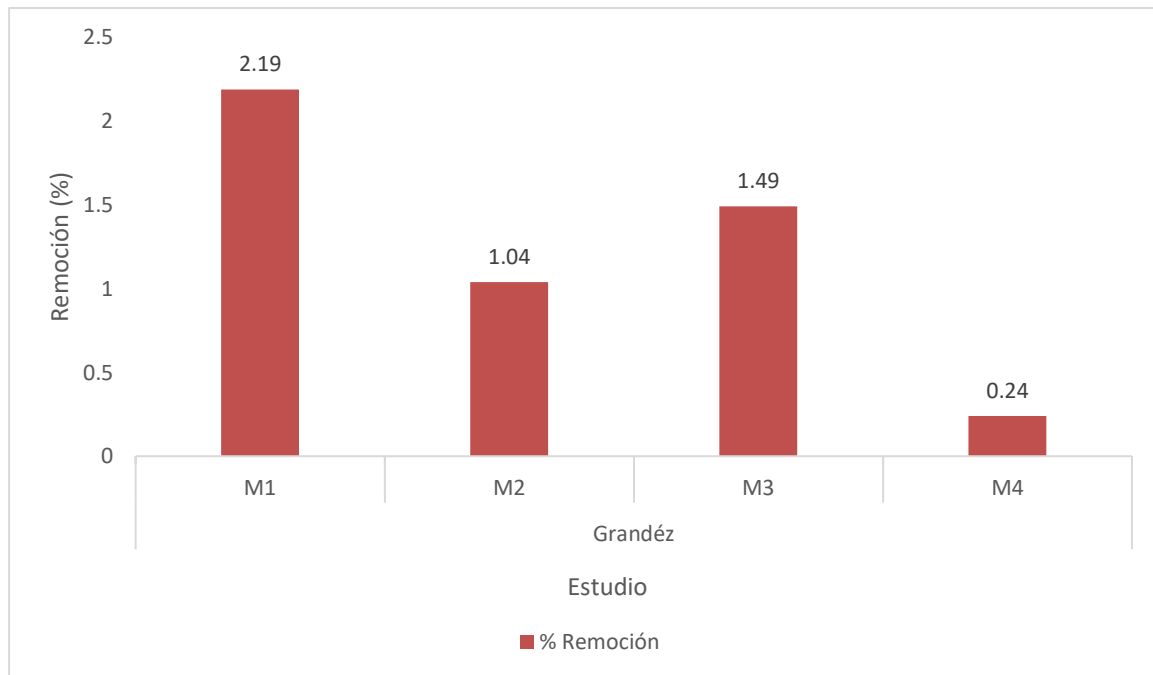
Concentración de Cadmio Inicial, Final y Porcentaje de Remoción en la Planta Helianthus annuus después de Fitorremediar los Suelos

Autores	Muestras	Concentración de Cd Inicial en suelo (mg/kg)	Concentración de Cd final en suelo (mg/kg)	Remoción (%)
Grandéz (2017)	M1	2.88	2.817	2.19
	M2		2.850	1.04
	M3		2.837	1.49
	M4		2.873	0.24

Nota. M = muestra.

Figura 6

Comparación de los Porcentajes de Remoción de las Muestras de Cadmio en el Suelo después del Tratamiento de Fitorremediación con la Planta Helianthus annuus.



Después de realizar la presente investigación se obtuvo que el tratamiento con mayor porcentaje de remoción fue el tratamiento M1 de Grandéz (2017) con un 2.19%. En contraposición a esto, el tratamiento que obtuvo el menor porcentaje de remoción fue el tratamiento M4 de Grandéz con un 0.24%.

En tercer lugar, se busca dar respuesta a nuestro primer objetivo específico. Para ello se presentan las tablas 9, 10, 11, 12 y 13 en las que se muestra la cantidad de bioacumulación tuvo cada una de las 3 especies (*Urtica urens*, *Aloe barbadensis miller* y *Helianthus annuus*) expuestas a Plomo y a Cadmio; con la finalidad de hallar si la mayor bioacumulación se da en las raíces o en las hojas.

Tabla 9

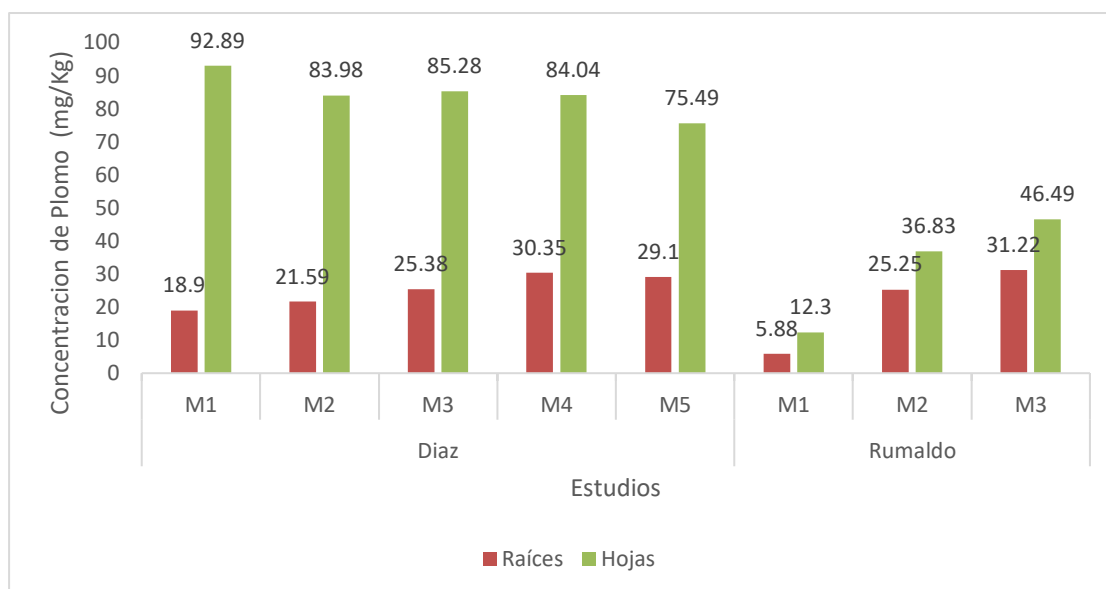
Concentraciones de Plomo en Raíces y Hojas de la Planta Urtica urens después de Fitorremediar los Suelos.

Autores	Muestras	Concentraciones de Plomo (mg/kg)	
		Raíces	Hojas
Diaz (2017)	M1	18.9	92.89
	M2	21.59	83.98
	M3	25.38	85.28
	M4	30.35	84.04
	M5	29.1	75.49
Rumaldo (2019)	M1	5.88 (45)	12.30 (45)
	M2	25.25 (45)	36.83 (45)
	M3	31.22 (45)	46.49 (45)

Nota. M = muestra.

Figura 7

Concentraciones de Plomo en Raíces y Hojas de la Planta Urtica urens después del Tratamiento de Fitorremediación.



Después de haber realizado la investigación se pudo observar una clara tendencia en la que, en la *Urtica urens*, las hojas tenían mayor concentración de Plomo que las raíces. Siendo las mayores concentraciones presentadas por el tratamiento M1 de Díaz, M (2017) con 92.89 mg/kg de Plomo; seguido del tratamiento M3 de Rumaldo (2019) con una concentración de 46.49 mg/kg. En contraposición a esto, las concentraciones de Plomo más altas, en raíces, fueron las del tratamiento M4 de Díaz (2017) con 30.35 mg/kg y el tratamiento M3 de Rumaldo (2019) con 31.22 mg/kg de Plomo.

Tabla 10

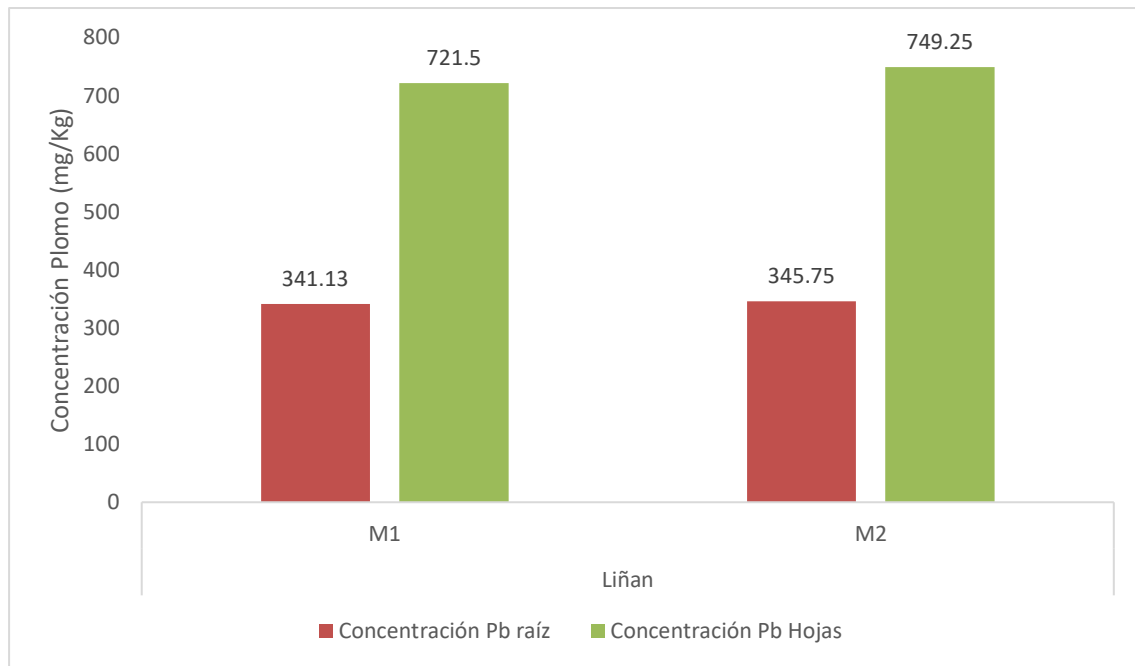
Concentraciones de Plomo en las Raíces y Hojas de la Planta Aloe barbadensis miller después de Fitorremediar los Suelos.

Autores	Muestras	Concentraciones de Plomo (mg/kg)	
		Raíz	Hojas
Liñán (2018)	M1	341.13	721.5
	M2	345.75	749.25

Nota. M = muestra.

Figura 8

Concentraciones de Plomo en Raíces y Hojas de la Planta Aloe barbadensis miller después del Tratamiento de Fitorremediación.



Después de haber realizado el presente estudio se pudo observar una clara tendencia en la que la mayor concentración de Plomo se dio en las hojas. Siendo la mayor concentración la que se presentó en las hojas del tratamiento M2 de Liñan (2018), la cual fue de 749.25 mg/kg de Plomo; en contraposición a esto, la mayor concentración de Plomo en las raíces fue la del tratamiento M1 de Liñan (2018), que fue de 345.75 mg/kg de Plomo.

Tabla 11

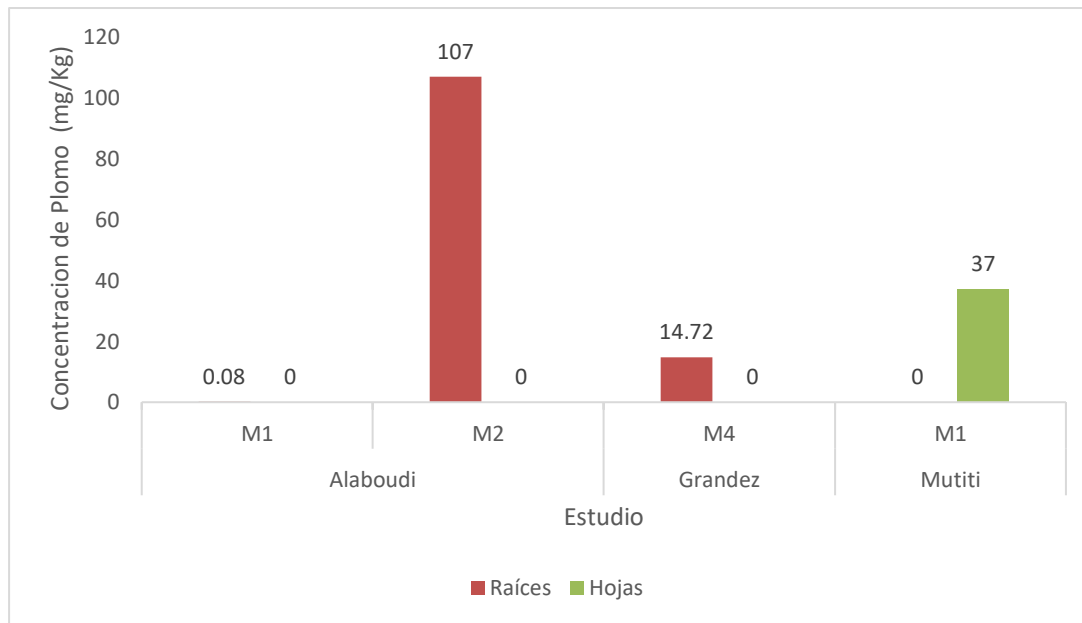
Concentraciones de Plomo en Raíces y Hojas de la Planta Helianthus annuus después de Fitorremediar los Suelos.

Autores	Muestras	Concentraciones de Plomo (mg/kg)	
		Raíces	Hojas
Alaboudi (2018)	M1	0.08	
	M2	107	
Grandéz (2017)	M4	14.72	
Mutiti y Forte (2017)	M1		37

Nota. M = muestra.

Figura 9

Concentraciones de Plomo en las Raíces y Hojas de la Planta Helianthus annuus después del Tratamiento de Fitorremediación.



Después de haber realizado la presente investigación se pudo observar la concentración de Plomo tanto en raíces como en hojas; siendo la mayor la del tratamiento M2 de Alaboudi, Ahmed y Brodie (2018) con 107 mg/kg de Plomo, seguido del tratamiento M4 de Grandéz (2017) con 14.72 mg/kg de Plomo y por último la del tratamiento M1 de Alaboudi con 0.08 mg/kg de Plomo. En contraposición a esto, tenemos que la mayor concentración de Plomo en raíces presentada en el tratamiento M1 de Mutiti y Forte (2017) que fue de 37 mg/kg de Plomo.

Tabla 12

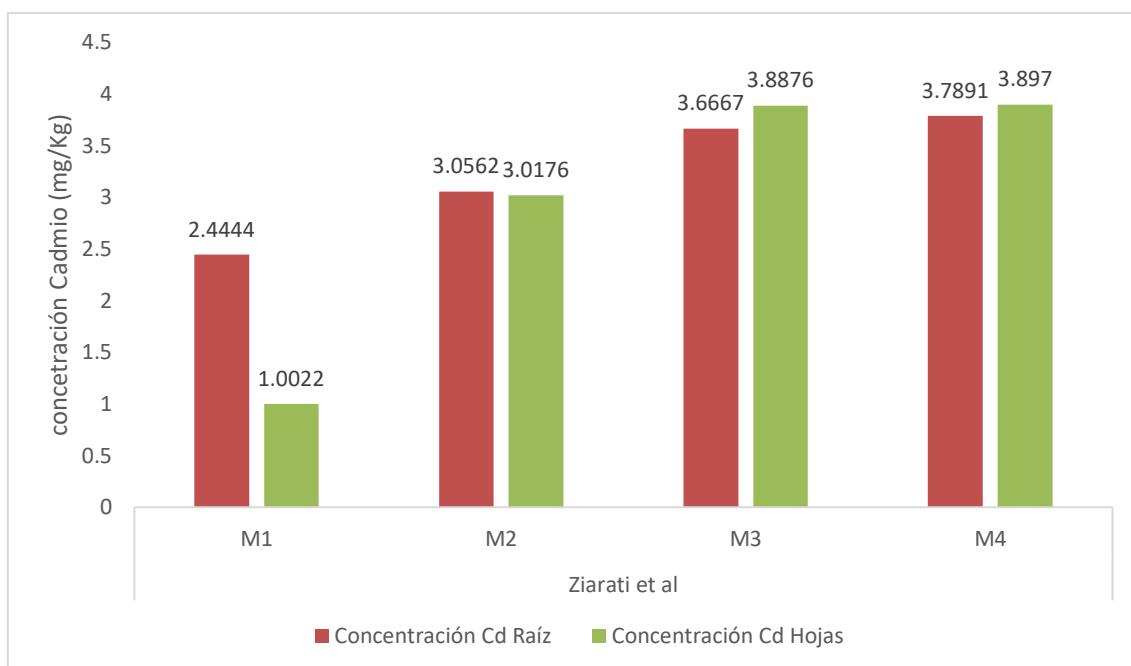
Concentraciones de Cadmio en Raíces y Hojas de la Planta Aloe barbadensis miller después Fitorremediar los Suelos.

Autores	Muestras	Concentraciones de Cadmio (mg/kg)	
		Raíz	Hojas
Ziarati (2015)	M1	2.4444	1.0022
	M2	3.0562	3.0176
	M3	3.6667	3.8876
	M4	3.7891	3.897

Nota. M = muestra.

Figura 10

Concentraciones de Cadmio en Raíces y Hojas de la Planta Aloe barbadensis miller después del Tratamiento de Fitorremediación.



Después de haber realizado la presente investigación se pudo observar la acumulación de Cadmio en raíces y hojas del *Aloe barbadensis miller*. Siendo que la mayor acumulación presentada, en hojas, fue la del tratamiento M4 de Ziarati, Nazif y Khandehro (2015) con unos 3.8876 mg/kg de Cadmio. En contraposición a esto, la mayor concentración de Cadmio presentada, en raíces, fue la del tratamiento M5 de Ziarati, Nazif y Khandehro (2015) con unos 3.7891 mg/kg de Cadmio.

Tabla 13

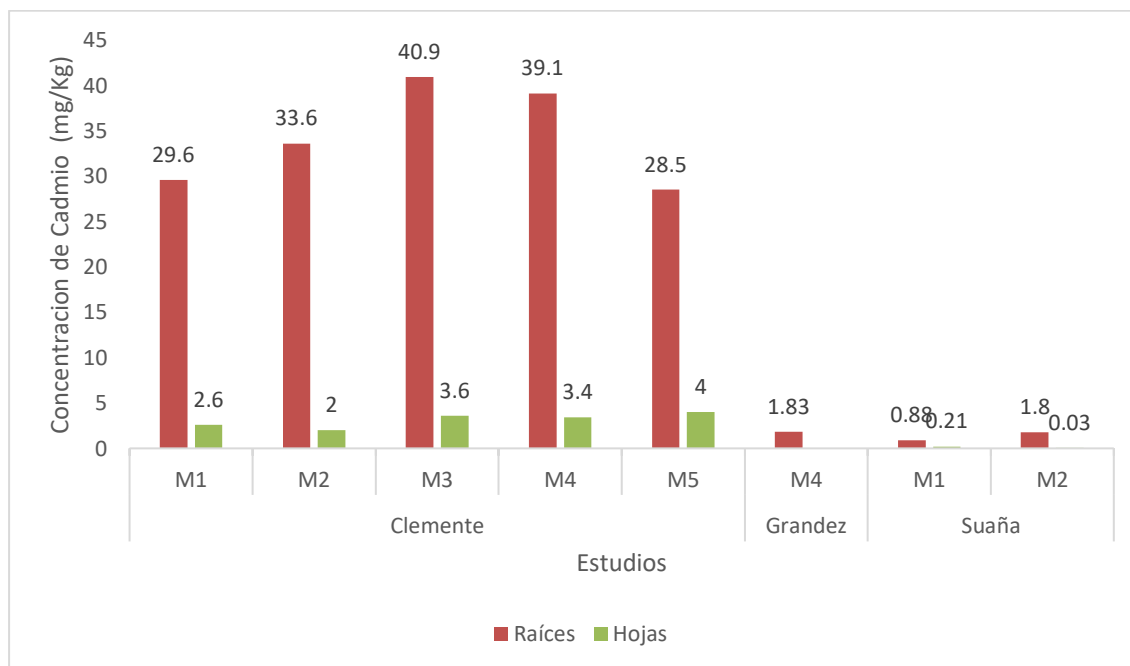
Concentraciones de Cadmio en Raíces y Hojas de la planta Helianthus annuus después de Fitorremediar los Suelos.

Autores	Muestras	Concentraciones de Cadmio (mg/kg)	
		Raíces	Hojas
Clemente (2021)	M1	29.6	2.6
	M2	33.6	2
	M3	40.9	3.6
	M4	39.1	3.4
	M5	28.5	4
Grandéz (2017)	M4	1.83	
Suaña (2017)	M1	0.88	0.21
	M2	1.8	0.03

Nota. M = muestra.

Figura 11

Concentraciones de Cadmio en Raíces y Hojas de la Planta Helianthus annuus después del Tratamiento de Fitorremediación.



Después de haber realizado la investigación se pudo observar una clara tendencia al momento de acumular Cadmio en las raíces y hojas del *Helianthus annuus*; Siendo que, la mayor cantidad de Cadmio concentrado fue encontrado en las raíces. Tenemos de esta manera, que el tratamiento M3 de Clemente et al (2021) fue el que presentó la mayor concentración, de Cadmio en raíces, con 40.9 mg/kg de Cadmio; seguido del tratamiento M4 de Grandéz (2017) con 1.83 mg/kg de Cadmio y, por último, el tratamiento M2 de Suaña (2017) con 1.8 mg/kg de Cadmio. En contraposición a esto tenemos que la concentración de Cadmio, en hojas, más alta fue la del tratamiento M3 de Clemente et al (2021) con 3.6 mg/kg de Cadmio; seguido del tratamiento M1 de Suaña (2017) con 0.21 mg/kg de Cadmio.

En cuarto lugar, se busca responder a nuestro segundo objetivo específico. Para ello se presentan las tablas 9, 10, 11, 12, 13 y 14. En las que se establece una comparación entre las concentraciones finales de metales pesados (Plomo y Cadmio) en suelos, que presentan las investigaciones estudiadas luego de realizar sus respectivos tratamientos; y los ECAs de suelo del Perú.

Tabla 14

Comparación de las Muestras con Concentraciones de Plomo en Suelo Agrícola con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Agrícola).

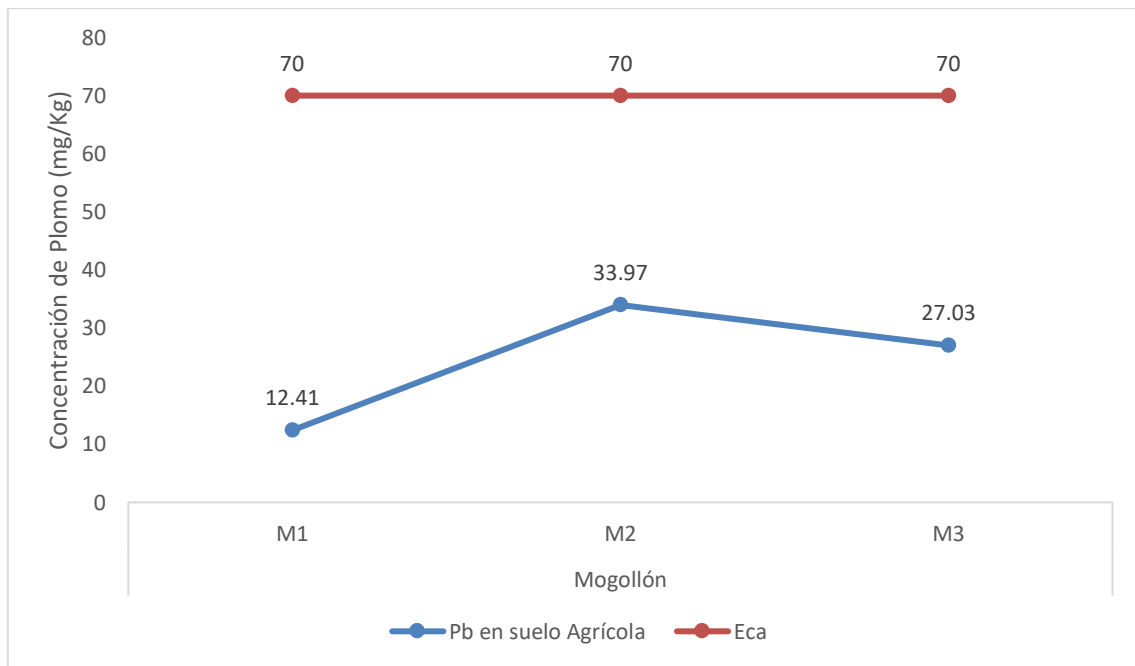
Planta	Autores	Muestras	Concentraciones de Plomo (mg/kg) en suelo Agrícola	ECA (mg/kg) Perú
<i>Urtica urens</i>	Mogollón, Parrilla, Sotero (2018)	M1	12.41	70
		M2	33.97	
		M3	27.03	

Nota. M = muestra.

Figura 12

Comparación de Muestras con Plomo en Suelo Agrícola con el ECA D.S. N° 011-2017-

MINAM (Agrícola)



Ninguno de los 3 tratamientos de Mogollón sobrepasó los 70 mg/kg de Plomo impuestos en el D.S. N° 011-2017-MINAM para suelo agrícola.

Tabla 15

Comparación de las Muestras con Concentraciones de Cadmio en Suelo Agrícola con el ECA

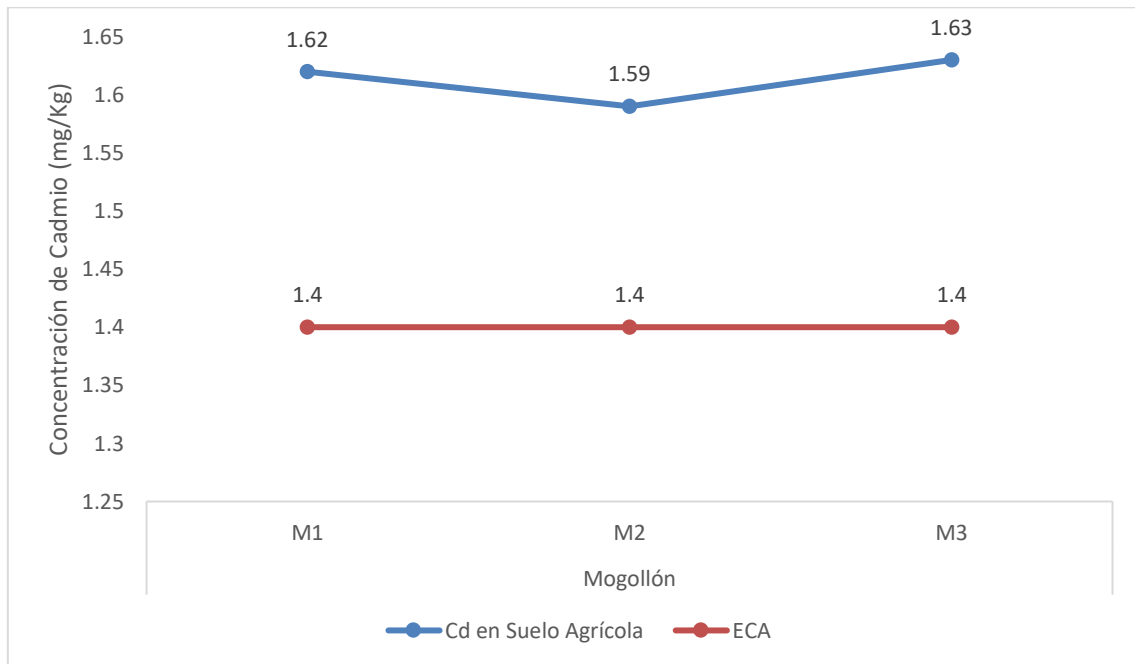
D.S. N° 011-2017-MINAM (Agrícola).

Planta	Autores	Muestras	Concentraciones de Cadmio (mg/kg) en suelo Agrícola	ECA (mg/kg) Perú
<i>Urtica urens</i>	Mogollón, Parrilla, Sotero y Valderrama (2018)	M1	1.62	1.4
		M2	1.59	
		M3	1.63	

Nota. M = muestra.

Figura 13

Comparación de Muestras con Cadmio en Suelo Agrícola con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Agrícola).



Los 3 tratamientos de Mogollón, Parrilla, Sotero y Valderrama (2018) superan los 1.4 mg/kg de Cadmio establecidos en el D.S. N° 011-2017-MINAM para suelo agrícola.

Tabla 16

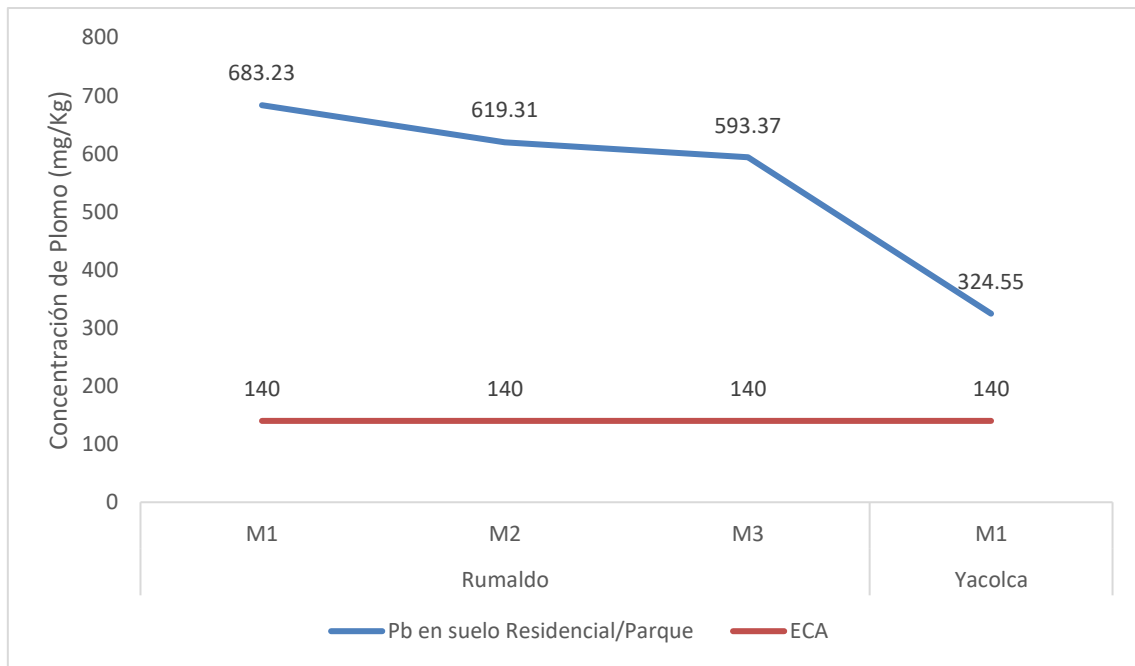
Comparación de las Muestras con Concentraciones de Plomo en Suelo Residencial /Parques con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Residencial /Parques).

Planta	Autores	Muestras	Concentraciones de Plomo	
			(mg/kg) en suelo Residencial / Parques	ECA (mg/kg) Perú
		M1	683.23	
<i>Urtica urens</i>	Rumaldo (2019)	M2	619.31	140
		M3	593.37	
	Yacolca (2017)	M1	324.55	

Nota. M = muestra.

Figura 14

Comparación de Muestras con Plomo en Suelo Residencial /Parques con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Residencial /Parques).



Tanto los 3 tratamientos establecidos por Rumaldo (2019) y el tratamiento de Yacolca (2017) superan los 140 mg/kg de Plomo establecidos en el D.S. N° 011-2017-MINAM para suelo Residencial/ Parques.

Tabla 17

Comparación de las Muestras con Concentraciones de Cadmio en Suelo Residencial

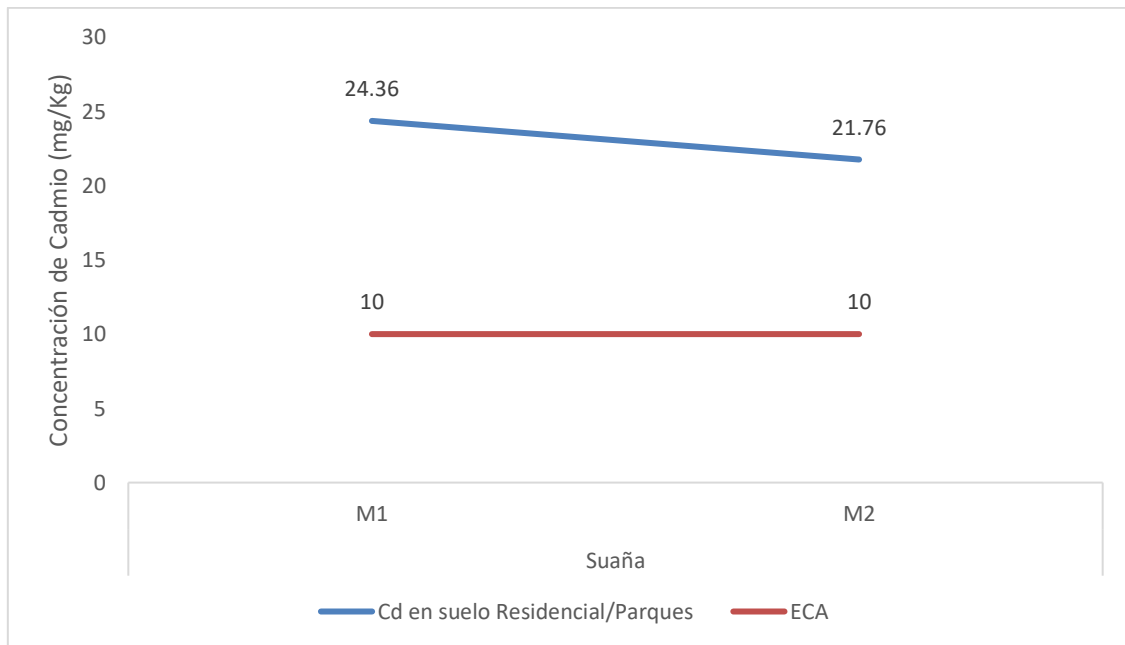
/Parques con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Residencial /Parques).

Planta	Autores	Muestras	Concentraciones de Cadmio (mg/kg) en suelo Residencial / Parques	ECA Perú	(mg/kg)
<i>Helianthus annuus</i>	Suaña (2017)	M1	24.36	10	
		M2	21.76		

Nota. M = muestra.

Figura 15

Comparación de muestras con Cadmio en suelo Residencial /Parques con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Residencial /Parques).



Los 2 tratamientos realizados por Suaña (2017) superaron los 10 mg/kg de Cadmio establecidos en el D.S. N° 011-2017-MINAM para suelo Residencial/ Parques.

Tabla 18

Comparación de las Muestras con Concentración de Plomo en Suelos Comercial/ Industrial/ Extractivo con el ECA con el D.S. N° 011-2017-MINAM (Comercial/ Industrial/ Extractivo).

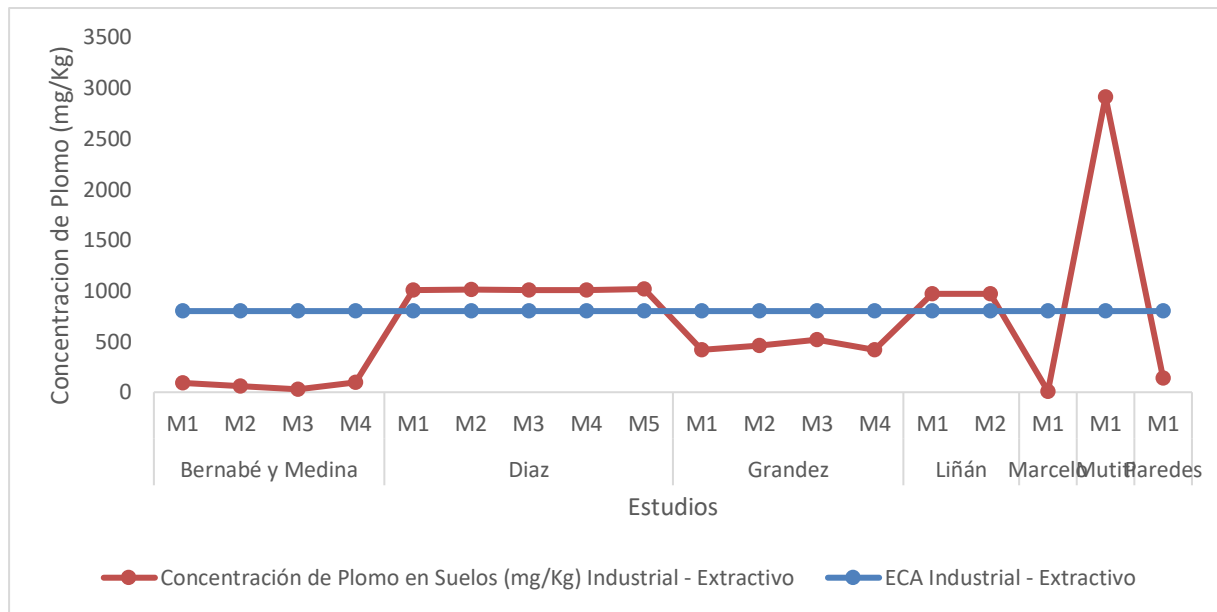
Planta	Autores	Muestras	Concentración de Plomo (mg/kg) en Suelo Industrial – Extractivo - Comercial	ECA PERÚ (mg/Kg)
		M1	89	
		M2	62	
	Bernabé y Medina (2018)	M3	30	
		M4	99	
<i>Urtica urens</i>		M1	1007.12	800
		M2	1012.32	
	Diaz (2017)	M3	1009.24	
		M4	1006.27	

Planta	Autores	Muestras	Concentración de Plomo (mg/kg) en Suelo Industrial – Extractivo - Comercial	ECA PERÚ (mg/Kg)
		M5	1015.28	
	Marcelo (2017)	M1	9.01	
	Paredes, E (2021)	M1	137.50	
		M1	417.447	
<i>Helianthus annuus</i>	Grandéz (2017)	M2	461.187	
		M3	518.080	
		M4	419.967	
	Mutiti (2017)	M1	2912	
<i>Aloe barbadensis miller</i>	Liñán (2018)	M1	971.00	
		M2	969.00	

Nota. M = muestra.

Figura 16

Comparación de Muestras con Plomo en Suelos Comercial/ Industrial/ Extractivo con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Comercial/ Industrial/ Extractivo).



Tanto los 5 tratamientos de Díaz (2017), los 2 tratamientos de Liñán (2018) y el tratamiento de Mutiti y Forte (2017) superaron los 800 mg/kg de Plomo establecidos en el D.S. N° 011-2017-MINAM para suelos comerciales, industriales y extractivos.

Tabla 19

Comparación de las Muestras con Concentración de Cadmio en Suelos Comercial/

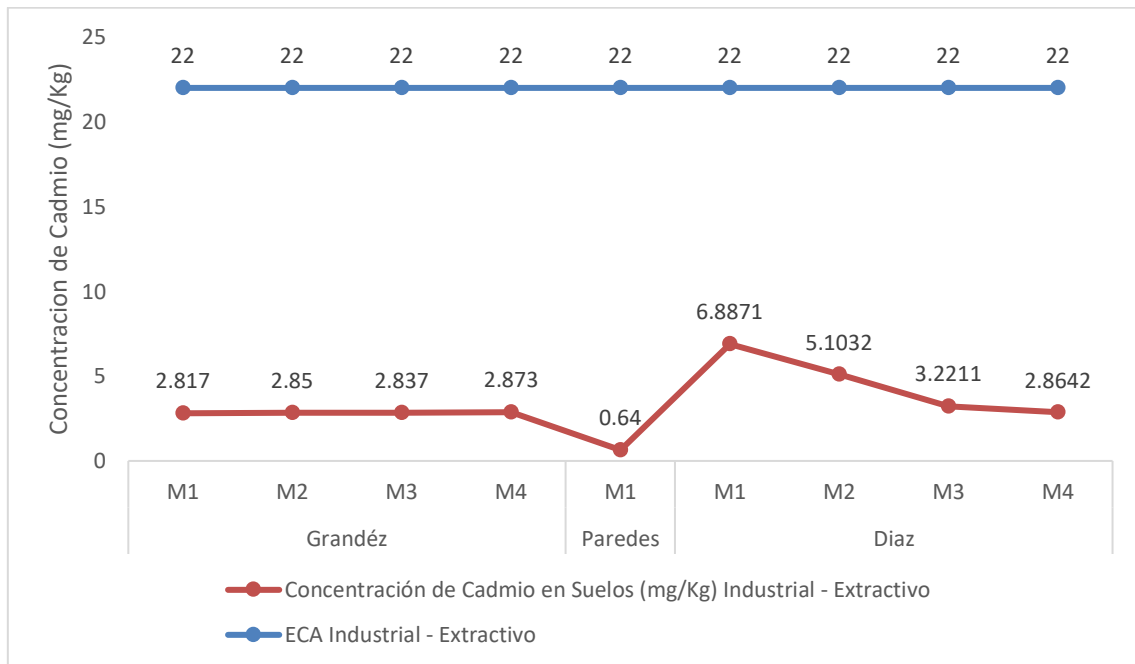
Industrial/ Extractivo con el ECA con el D.S. N° 011-2017-MINAM (Comercial/ Industrial/ Extractivo).

Plantas	Autores	Muestras	Concentración de Cadmio (mg/kg) en	
			Suelo Industrial – Extractivo - Comercial	ECA PERÚ (mg/Kg)
<i>Helianthus annuus</i>	Grandéz (2017)	M1	2.817	
		M2	2.850	
		M3	2.837	
		M4	2.873	
<i>Urtica urens</i>	Paredes, E (2021)	M1	0.64	22
		M1	6.8871	
<i>Aloe barbadensis miller</i>	Ziarati (2015)	M2	5.1032	
		M3	3.2211	
		M4	2.8642	

Nota. M = muestra.

Figura 17

Comparación de Muestras con Cadmio en Suelos Comercial/ Industrial/ Extractivo con el ECA D.S. N° 011-2017-MINAM (Comercial/ Industrial/ Extractivo).



Ninguno de los tratamientos evaluados excedió los 22 mg/kg de Cadmio establecidos en el D.S. N° 011-2017-MINAM para suelos comerciales, industriales y extractivos.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión:

Después de haber realizado toda la presente investigación, se decidió ver cuál de las tres especies de plantas con las que trabajamos tenía el mayor porcentaje de remoción de metales pesados (Plomo y Cadmio) sobre el suelo trabajado. Por parte del Plomo las muestras que presentaron más porcentaje de remoción sobre el suelo fueron: para la *Urtica urens*, la muestra M3 de Bernabé y Medina (2018) con un 70% de remoción; Por parte del *Aloe barbadensis miller* el tratamiento M2 de Liñán (2018) con un 34.04% de remoción; y, por último, en el *Helianthus annuus*, la muestra M1 de Mutiti y Forte (2017) con un 70.88% de remoción.

Por parte del Cadmio; las muestras que presentaron mayor porcentaje de remoción de Cadmio en suelos fueron: para la *Urtica urens*, la muestra M1 de Paredes (2021) con un 73.55% de remoción; por el lado del *Aloe barbadensis miller* la muestra M4 de Ziarati et al (2015) con un 64.2% de remoción; y, por último, para *Helianthus annuus*, M1 de Grandez (2017) con un 2.19% de remoción.

Viendo los presentes resultados, se puede inferir que la mejor especie para poder tratar suelo contaminado por Plomo, vendría a ser el *Helianthus annuus* con un 70.88% y, por ende, la mayoría de tratamientos de suelos contaminados por Plomo debería ser basados en esta planta. Cuestión que hemos visto reflejada en la cantidad de artículos científicos, tesis y otros documentos que hemos encontrado. Siendo que por parte del *Aloe barbadensis miller* y la *Urtica urens* encontramos 183 y 102 resultados respectivamente; mientras que por parte del *Helianthus annuus*, encontramos 1539 resultados, más de 5 veces la cantidad de resultados encontrados en *Aloe barbadensis miller* y *Urtica urens* juntos. Quedando demostrado que la mejor planta para tratar Plomo es el Girasol.

Por parte del Cadmio, según los resultados obtenidos, la cosa es completamente distinta; ya que los resultados nos dicen que la planta con mayor porcentaje de remoción es la *Urtica urens* con un 73.55% de remoción de Cd; mientras que la planta con menor índice de remoción es la *Helianthus annuus* con un 2.19%. Aquí podemos observar una clara diferencia entre el porcentaje de remoción de Cadmio de ambas plantas, siendo el de *Urtica urens* 35 veces mayor. Aunque este resultado se pudo haber originado debido a los muy pocos trabajos científicos que utilizaron al *Helianthus annuus* como agente Fitorremediador; lo que, a su vez podría ser el indicador de que si bien el Girasol es una planta a tener en cuenta al momento de fitorremediar Plomo, su utilidad disminuye drásticamente cuando se trata de Cadmio. Pero debido a los pocos trabajos encontrados de *Helianthus annuus* tratando Cadmio, hemos decidido dejarlo como una hipótesis y no dar ninguna afirmación.

Como segundo punto a tratar, los estudios determinaron que, para el Plomo, en la *Urtica urens* la muestra M1 de Díaz, M (2017) con 92.89 mg/kg fue la que mayor concentración de Plomo obtuvo en sus hojas. En contraposición a esto, la muestra M4 de Díaz, M. (2017) con 30.35 mg/kg fue la que concentró la mayor cantidad de Plomo en las raíces. Adicionalmente se puede observar que, en las 5 muestras realizadas por Díaz, M (2017) la concentración de Plomo en las hojas fue de hasta el doble de la concentración presentada en las raíces. Por otro lado, en el trabajo de Rumaldo (2019), a diferencia del realizado por Díaz, M (2017), en las 3 muestras la concentración de plomo en las hojas no duplica a la concentración de plomo en la raíz; Pero, se puede observar una clara superioridad por parte de la concentración en las hojas. Pudiendo concluir que para la *Urtica urens*, la parte en donde se concentra la mayor cantidad de Plomo es en las hojas.

Por el lado del *Aloe barvadensis miller* la muestra M2 de Liñán (2018), con 749.25 mg/kg, fue el que presentó mayor concentración de Plomo en las hojas. A diferencia de este, la muestra

M1 de Liñán (2018), con 345.75 mg/kg, fue la que mayor concentración de Plomo presentó en las raíces. Concluyendo así que para el *Aloe barbadensis miller*, el Plomo tiene mayor acumulación en sus hojas.

Por último, en el *Helianthus annuus* la muestra M2 de Alaboudi et al (2018) con 107 mg/kg, fue la que mayor concentración de Plomo tuvo en las raíces; por el contrario, la muestra M1 de Mutiti y Forte (2017) con 37 mg/kg fue la que mayor cantidad de Plomo concentró en las hojas. Pero haciendo un hincapié, se tiene que mencionar que no se encontraron trabajos de *Helianthus annuus* que presenten resultados de concentración de plomo tanto en hojas como en raíces; así que, lo que se hizo fue analizar las concentraciones de plomo con las que se contaminó el suelo tanto en el trabajo de Mutiti y Forte (2017) como el de Alaboudi et al (2018). Hallando, que en el primer trabajo el suelo fue contaminado por una mezcla con una concentración de 1000 mg/kg de Pb, mientras que en el segundo el suelo fue contaminado con una mezcla con concentración de 200 mg/kg de Pb; Creando así, la hipótesis de que los resultados obtenidos en la investigación de Mutiti y Forte (2017), deberían ser mayores que los obtenidos por Alaboudi et al (2018). Pero, al comparar las concentraciones de plomo en hojas obtenidas por Mutiti y Forte (2017) con las concentraciones de plomo en raíces obtenidas por Alaboudi et al (2018), se obtiene que los 107 mg/kg de plomo en raíz obtenidos por Alaboudi et al (2018) son muy superiores a los 37 mg/kg de plomo en hojas obtenidos por Mutiti y Forte (2017) incluso teniendo el segundo trabajo, como contaminante, una mezcla con una concentración 50 veces mayor a la del contaminante del primero trabajo. Dando a pensar que la diferencia entre los resultados de concentración de plomo en hojas y raíces, tiene escasa relación con la concentración de plomo que tenían las mezclas iniciales; en cambio tiene que ver con otro factor como el de “donde se realiza la bioacumulación”. Concluyendo así, que en el girasol el Plomo tiende acumularse más en la raíz, que en las hojas.

De lo anteriormente escrito podemos deducir que, debido a que la mayor concentración de Plomo fue encontrada en las hojas, tanto en el *Aloe barvadensis miller* a como en la *Urtica urens* se realizó o bien el proceso de Fitoextracción o bien el proceso de Fito volatilización; pero, para poder identificar cuál de estos 2 procesos se han realizado, se necesitaría un estudio en el cual se determine la concentración de Plomo en la transpiración de las plantas. En contraposición a esto, en el *Helianthus annuus* La mayor concentración de Plomo fue encontrada en las raíces; pero, al no tener la suficiente cantidad de datos como para establecer una comparativa entre concentración de hojas y concentración de raíces, consideramos que no es prudente emitir una opinión al respecto.

Por el lado del Cadmio, en la *Helianthus annuus*, el tratamiento M3 de Clemente et al (2021) fue el que presentó la mayor concentración de Cd en raíces, con 40.9 mg/kg. En contraposición a esto, el tratamiento M3 de Clemente et al (2021) con 3.6 mg/kg fue el que concentró la mayor cantidad de Cadmio en las hojas. Concluyendo así, que, en el caso del girasol, la parte que más acumula Cadmio es la raíz.

Por el lado del *Aloe barvadensis miller*, el tratamiento M4 de Ziarati, Nazif y Khandehro (2015) con unos 3.8876 mg/kg fue el que presentó la mayor concentración de Cd en hojas. Por el contrario, el tratamiento M5 de Ziarati, Nazif y Khandehro (2015) con unos 3.7891 mg/kg fue el que presentó mayor concentración de Cadmio en la raíz. Dando como conclusión, que el *Aloe barvadensis miller* concentra mayor cantidad de Cadmio en las hojas

En el Cadmio, por parte del *Helianthus annuus*, se encontró que la mayor concentración de dicho metal pesado en la raíz, con lo cual puede inferirse que esta planta utiliza la fitoestabilización para poder tratar el Cadmio en el suelo. Por otro lado, el *Aloe barvadensis miller* obtuvo la mayor concentración de metales pesados en las hojas, con lo que, se puede afirmar que realizó o bien el proceso de Fitoextracción o bien el proceso de Fito volatilización;

Pero, como en el caso del Plomo, se deberían hacer muchos más estudios para poder determinar cuál fitorremediación es la que utiliza.

Como tercer punto, decidimos comparar los trabajos analizados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del Perú (Decreto Supremo N° 011–2017–MINAM) de Plomo y Cadmio. En base a ello, obtuvimos los siguientes resultados.

Para el ECA de agrícola los resultados fueron los siguientes: En Plomo se pudo observar que todas las muestras correspondientes a esta categoría no sobrepasaron los límites. Por su parte, en Cadmio, los resultados finales de las 3 muestras de *Urtica urens* realizadas por Mogollón et al (2018) superaron los 1.4 mg/kg de Cadmio establecidos en los ECA.

Para el ECA de suelos Residenciales/ Parques los resultados fueron los siguientes: En Plomo los resultados finales de las 3 muestras de *Urtica urens* realizados por Rumaldo (2019) y muestra de *Urtica urens* de Yacolca (2017) superaron el límite de 140 mg/kg de Plomo establecido en los ECA. Por otro lado, en Cadmio, las 2 muestras de *Helianthus annuus* realizados por Suaña (2017) superaron el límite de 10 mg/kg establecidos en el ECA.

Para el ECA de suelos Comercial/ Industrial/ Extractivo, los resultados fueron los siguientes: En Plomo, tanto las 5 muestras con *Urtica urens* de Díaz (2017), las 2 muestras con *Aloe barbadensis miller* de Liñán (2018) y la muestra de *Helianthus annuus* de Mutiti y Forte (2017) superaron el límite de 800 mg/kg de concentración de Plomo establecidos en los ECAs. Por su parte, en Cadmio ninguno de las muestras evaluadas sobrepasó el límite de 22mg/kg de Cadmio establecido en los ECA.

Para finalizar, cabe mencionar que la principal limitante que tuvimos al momento de desarrollar la presente investigación, fue la de la falta de trabajos relacionados con el tema. Además de ello, estos debían de cumplir con todos los criterios que fueron establecidos en la parte 2.4 de

Metodología. Por lo cual, tuvimos que evitar emitir ciertas conclusiones y dejarlas como hipótesis.

4.2 Conclusiones:

Siendo nuestro principal objetivo el de evaluar la eficiencia de las 3 plantas al momento de fitorremediar Plomo y Cadmio en suelo contaminado; se encontró que: para Plomo la muestra que mayor porcentaje de remoción obtuvo con *Urtica urens* fue la M3 de Bernabé y Medina (2018) con un 70%; con *Aloe barbadensis miller* fue la M2 de Liñán (2018) con un 34.04% y con *Helianthus annuus* fue la M1 de Mutiti y Forte (2017) con un 70.88%. Concluyendo así, que la mejor especie para fitorremediar Plomo en suelos es la *Helianthus annuus*. Por el lado del Cadmio, la muestra que mayor porcentaje de remoción obtuvo con *Urtica urens*, fue el M1 de Paredes (2021) con un 73.55%; para *Aloe barbadensis miller* fue el M4 de Ziarati, Nazif y Khandehro (2015) con un 64.2%. y para *Helianthus annuus* fue el M1 de Grandez (2017) con un 2.19%. Concluyendo que la mejor especie para fitorremediar Cadmio en suelos es la *Urtica urens*.

Para el primero de nuestros objetivos específicos se concluyó (después de comparar las distintas concentraciones tanto de Plomo, como de Cadmio tanto en hojas como en raíces) que tanto la *Urtica urens* como el *Aloe barbadensis miller*, al momento de realizar la fitorremediación de Plomo y Cadmio, realizan el proceso o bien de Fitoextracción o bien de Fitovolatilización; ya que la mayor cantidad de concentración de metales pesados fue encontrada en las hojas. Por el otro lado, el *Helianthus annuus* es una planta que tuvo la mayor cantidad de concentración de metales en la raíz, con lo cual se puede afirmar que realiza el proceso de Fitoestabilización.

Por último, se realizó una comparativa entre las concentraciones finales de los suelos de todos los trabajos de investigación y los Estándares de Calidad Ambiental encontrado en el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. En donde pudimos encontrar que había muestra que

sobrepasaban con creces los ECAs y muestras que no. Entre las muestras que sobrepasan los ECAs de suelo tenemos: El de Mogollón et al (2018) que sobrepasa el ECA de Cadmio en suelos agrícolas; El de Rumaldo (2019), Yacolca (2017) y Suaña (2017) que sobrepasan el ECA de Plomo/ Cadmio en suelos urbanos; Y, los de Díaz (2017), Liñán (2018) y Mutiti (2017) que sobrepasan el ECA de Plomo para suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo.

REFERENCIAS

Acaro, F.; Cahuana, M. y Cahuana, T. (2014). Intoxicación ocupacional por plomo en diversos grupos de trabajadores del cercado de Ica. *Ágora*. Recuperado de: <https://62.171.141.246/index.php/cieUMA/article/view/4>

Aguilera, R. (2014). ¿Revisión sistemática, revisión narrativa o metaanálisis? *Scielo*. Recuperado de: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1134-80462014000600010yscript=sci_arttext&lng=pt

Alvarado, A y Gómez, D. (2013). Estudio preliminar de la retención de Plomo en agua a partir de cascaras de *Musa sapientum* (banano) utilizadas como filtro. Repositorio institucional de la Universidad de El Salvador. Recuperado de: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5104/1/TESIS%20COMPLETA.pdf>

Amores, I; Marrero, J y Coto, O. (2012). Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. *Redalyc*. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223124988007>

Arango, M y Olaya, Y. (2012). Problemática de los pasivos ambientales mineros en Colombia. Repositorio de la Universidad de Colombia. Recuperado: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36286>

Argota, G.; Encias, M.; Argota, H. y Lannacone, J. (2014). Coeficientes biológicos de fitorremediación de suelos expuestos a Plomo y Cadmio utilizando *Alopecurus magellanicus bracteatus* y *Muhlenbergia angustata* (poaceae), Puno, Perú. *The Biologist*. Recuperado de: <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/390>

Ayomide, O. (2021). Phytoremediation potential of selected ornamental plants on polluted souls in Ondo and Osun State, Southwestern, Nigeria. *The Feredal University of*

technology Akure Institutional Repository. Recuperado de:

<http://196.220.128.81:8080/xmlui/handle/123456789/4826>

Azad, S.; Ahmadimoghadam, A.; Naseri, F. y Esmailzade, E. (2014). Study the Accumulation of Strontium in Plant Growing around Sarcheshmeh Copper Mine, Iran. Recuperado de: http://www.mwen.info/docs/imwa_2008/IMWA2008_108_Shahraki.pdf

Bayón, S. (2015). Aplicación de la fitorremediación a suelos contaminados por metales pesados. Repositorio de la Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/47872/1/BAY%C3%93N%20SANZ,%20SARA.pdf>

Beltrán, M. y Gómez, A. (2016). Biorremediación de metales pesados Cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg), mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión. Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2027>

Bernabé, Y.; Medina, H. (2018). Fitorremediador por densidad poblacional de *Urtica urens* en suelos contaminados por metales pesados, caserío Shiracmaca, distrito de Huamachuco - 2018. Repositorio digital Institucional de la Universidad César Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36186>

Bernal, A. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos. Dialnet. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5590911>

Bernal, A. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos. Dialnet. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5590911>

Biblioteca Nacional de Chile. (s.f.). El impacto ambiental de la minería en Chile. Memoria de Chile (Biblioteca Nacional de Chile). Recuperado de: <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-3388.html#presentacion>

Bravo, D. (2018). Innovación Sustentable: Un camino para el desarrollo productivo del

Ecuador. Dialnet. Recuperado de:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiky72ztIT6AhW6STABHXmWC6UQFnoECB4QAAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F6778643.pdf&usg=AOvVaw1fEf6MimQIcXLrZM50Bhev>

Calvo, E. (2017). La toxicidad de la Sierra Minera de Cartagena, en la agenda Política regional. ElDiario.es. Recuperado de: https://www.eldiario.es/murcia/toxicidad-sierra-minera-cartagena-region_1_3190109.html

Carhuaricra, P. (2019). Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, *Limnium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle (Huánuco), Agosto – Setiembre. ALICIA. Recuperado de:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UDHR_ebbcb8e7ada2b6f111d757670a2764bd/Details

Castillo, L. y Rodríguez, M. (2014). Efecto del purín de hojas de ortiga, *Urtica dioica*, sobre el crecimiento del rabanito, *Raphanus sativus*, en condiciones de laboratorio. Rebiolest 2014 – Revista científica de estudiantes. Recuperado de: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/download/751/675#:~:text=Se%20observ%C3%B3%20que%20el%20pur%C3%ADn,en%20el%20tratamiento%20del%2050%25>.

Castro, E. (2018). Efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por Plomo, con *Urtica urens* en la Oroya, 2018. Repositorio institucional de la Universidad Continental. Recuperado de:

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8167/3/IV_FIN_107_TE_Castro_Garc%c3%ada_2020.pdf

Clemente, J.; Medina, J.; Laura, J.; Pariona, L. y Gutierrez, P. (2021). Fitorremediación en suelos contaminados con Cd usando girasol (*Helianthus annuus* L. var. Sunbright). Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/94208?fbclid=IwAR33pMcg0TBg0PYBsrUjNUQkF7mVhoCbxd_PMqXRpwaLhazu27suTNx_MIQ

Correia, A.; Moreira, H.; Ribeiro, A.; Silva, A. y Lima, P. (2013). Inoculating *Helianthus annuus* (sunflower) grown in zinc and cadmium contaminated soils with plant growth promoting bacteria - Effects on phytoremediation strategies. Chemosphere. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653513003639?via%3Dihub>

Decreto Supremo N° 011-2017.MINAM. (2 de diciembre 2017). Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>

Díaz, M. (2017). Capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con Plomo en la Oroya, Junín, 2017. Repositorio virtual de la Universidad César Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/6866?fbclid=IwAR3gjPYvHOVpK7txlf6kViQOA9UL51GV8O0m8wup-5giSSnxa2r5IJCZxXU>

Domínguez, R. (2012). El gel *Aloe vera*: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. Scielo. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstractypid=S1665-27382012000100003ylng=esynrm=isoytng=es

FACSA. (2017). Metales Pesados. Pagina web de FACSA. Recuperado de:
<https://www.facsa.com/metales-pesados/>

Falcón, E. (2017). Fitoextracción de metales pesados en suelo contaminado con *Zea Mays* L. en la Estación Experimental El Mantaro – Junín en el año 2016. Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4611>

Fontana, D.; Lascano, V; Solá, N.; Martínez, S; Virgolini, M. y Mazzieri, M. (2013). Intoxicación por plomo y su tratamiento farmacológico. Repositorio institucional de CONICET. Recuperado de: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/25502>

Forte, J. y Mutiti, S. (2017). Phytoremediation Potential of *Helianthus annuus* and *Hydrangea paniculata* in Copper and Lead - Contaminated Soil. Springerlink. Recuperado de:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-017-3249-0#citeas>

Fuentes, F. (2021). Extracción de moléculas bioactivas de las hojas de girasol (*Helianthus annuus*) utilizando disolventes a alta presión. Dialnet. Recuperado de:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=294115>

Gonzales, J.; Acebedo, J.; Armas, C.; Custodio, M.; García, M.; Gonzales, A.; León, B.; Méndez, L.; Ortiz, G.; Paredes, E.; Rodríguez, L.; Tuesta, M.; Ulloa, J. y Vásquez, M. (2018). Fitorremediación de un suelo con exceso de cobre utilizando cuatro especies vegetales; “girasol”, “alfalfa”, “geranio” e “higuerilla”. Portal de revistas científicas de la universidad católica de Trujillo Benedicto XVI. Recuperado de:
<https://revista.uct.edu.pe/index.php/science/article/view/28/15?fbclid=IwAR0TrDeHgb9b86-jse4cs1032oDHoAaq8y7ynoiTdlhEQfpQziiC7EPMNjQ>

Grandez, M. (2017). Remoción de Cadmio y Plomo en suelos a orilla del río Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol (*Helianthus annuus*) y maíz (*Zea Mays*) usando

enmiendas. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo. Recuperado de:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3537>

Grupo Ecoindustria. (2014). Contaminación de suelos en Europa. Página web del Grupo Ecoindustria: Servicios Medioambientales. Recuperado de:

<https://www.grupoecoindustria.com/contaminacion-de-suelos-en-europa/>

Guevara, A.; Quishpe, Á. y Torre, E. (2012). Tratamiento de efluentes líquidos de la industria de curtido mediante precipitación química, adsorción con carbón activado y rizofiltración. Revista Politécnica. Recuperado de:

https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/200

Guevara, A.; Quishpe, Á. y Torre, E. (2012). Tratamiento de efluentes líquidos de la industria de curtido mediante precipitación química, adsorción con carbón activado y rizofiltración. Pagina web de la Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de:

https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/200

Guevara, G.; Verdesoto, A. y Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas y de investigación - acción). ReciMundo. Recuperado de: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/860>

Guzmán, A.; Cruz, O. y Valdés, R. (2019). Efecto de la contaminación por metales pesados en un suelo con uso agrícola. Reseachgate. Recuperado de: [researchgate.net/profile/Ramiro-](https://www.researchgate.net/profile/Ramiro-Carmenate/publication/333016256_Effects_of_the_Pollution_by_Heavy_Metals_in_a_Soil_with_Agricultural_Use/links/5e8f8328299bf130798d9bc3/Effects-of-the-Pollution-by-Heavy-Metals-in-a-Soil-with-Agricultural-Use.pdf)

[Carmenate/publication/333016256_Effects_of_the_Pollution_by_Heavy_Metals_in_a_Soil_with_Agricultural_Use/links/5e8f8328299bf130798d9bc3/Effects-of-the-Pollution-by-Heavy-Metals-in-a-Soil-with-Agricultural-Use.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ramiro-Carmenate/publication/333016256_Effects_of_the_Pollution_by_Heavy_Metals_in_a_Soil_with_Agricultural_Use/links/5e8f8328299bf130798d9bc3/Effects-of-the-Pollution-by-Heavy-Metals-in-a-Soil-with-Agricultural-Use.pdf)

Hamvumba, R.; Mataa, M. y Mutiti, A. (2014). Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus L.*), Sorghum (*Sorghum bicolor L.*) and Chinese Cabbage (*Brassica chinensis*) for

Phytoremediation of Lead Contaminated Soils. Buscador de literatura científica “Semantic Scholar”. Recuperado de:

<https://pdfs.semanticscholar.org/ec55/587aa16f4c09eCdf39cb0a918e5fe7c8361d.pdf?fbclid=IwAR3IBDaSwgHwwTAI88TJyNjBpUfu59WyxYDIQzo8I6iA5LHKRgWYama2skU>

Instituto Peruano de Economía. (2021). IPE: Cómo impacta la minería en la productividad del Perú. Página web del Instituto Peruano de Economía. Recuperado de: <https://www.ipe.org.pe/portal/ipe-como-impacta-la-mineria-en-la-productividad-de-peru/#:~:text=%E2%80%9CEstimamos%20que%20por%20cada%20empleo,de%20la%20actividad%20productiva%20regional.>

Jara, E.; Gómez, J.; Montoya, H.; Chanco, M.; Mariano, M.; Cano, N. (2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. Scielo. recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v21n2/a04v21n2.pdf>

Jiménez, R. (2017). Introducción a la contaminación de suelos. Google Books. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=iZg6DwAAQBAJ>

Khalid, A.; Berhan, A. y Graham, B. (2018). Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. Annals of Agricultural Sciences. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178318300174>

Liñan, K. (2017). Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar Sábila (*Aloe vera*); nivel de laboratorio, Ancash - 2017. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31979>

Lizarbe, A. y Rivera, Y. (2013). Optimización del crecimiento de *Helianthus annuus* L. (Girasol) para la Fito extracción de Plomo, Zinc y Cadmio de relaves minero artesanal del

caserío de Zarumilla, pataz. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Trujillo.

Recuperado de: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3201>

Lizarbe, K.; Rivera, Y.; Mendoza, J.; Vera, M. y Rodriguez, R. (2016). Fitoextracción de Plomo, Zinc y Cadmio de Relaves mineros utilizando *Helianthus annuus* L. (girasol). Portal web de las revistas de investigación Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Recuperado de: <https://revistas.unjpsc.edu.pe/index.php/INFINITUM/article/view/38/37>

Llori, J. y Tapia, E. (2017). Evaluación de la bioacumulación de trazas de metales pesados en la especie Manihot esculenta; Crantz cultivada en suelo remediado de la parroquia

Taracoa. DSpace. Recuperado de:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7878/1/236T0303.pdf>

López, M. (2107). Contaminación minera en Perú: informe médico reveló presencia de metales pesados en menores. Wayka.pe. Recuperado de: <https://wayka.pe/presencia-metales-pesados-en-ninos-de-los-andes/>

Lozano, C. (2014). Estudios toxicológicos de la contaminación por Cadmio y Arsénico en las fuentes de abastecimiento de agua expuestas a la ceniza del Volcán Tungurahua en las parroquias Guanando y la Providencia del Cantón Guano provincia de Chimborazo.

Universidad de Cuenca. Recuperado de:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/19960/1/tesis.pdf>

Marcelo, J. (2017) Capacidad fitorremediadora de *Urtica urens* L. en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago de Chuco, La Libertad. Repositorio digital

Institucional de la Universidad César Vallejo. Recuperado de:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22493>

Mata, L. (2016). Efectos de factores sobre la regulación del desarrollo de la hoja primaria de plantas de girasol. Universidad de Córdoba. Recuperado de: <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/13392>

Méndez, N. (2020). Procesos de fitorremediación en suelos contaminados con Cadmio: Revisión de Literatura. Página web de la biblioteca Wilson Popenoe. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/home>

Mogollón, C.; Parrilla, Y.; Sotero, P. y Valderrama, D. (2018). Remoción de metales pesados con *Urtica urens* en suelos contaminados del Distrito de Huamachuco, Provincia Sánchez Carrión, La Libertad. Repositorio virtual de la Universidad César Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32883>

Monroy, M. y Muñoz, Y. (2017). Aplicación del modelo enseñanza para la comprensión: Fitorremediación para la remoción del Plomo II con *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*). repositorio institucional de la Universidad Pedagógica Nacional - Colombia. Recuperado de: <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/9774?show=full>

Murtic, S.; Jurkovic, J.; Basic, E. y Hekic, E. (2019). Assessment of wild plants for phytoremediation of heavy metals in soils surrounding the thermal power station. Biblioteca de la “Estonian University of life Sciences”. Recuperado de: https://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/4593?fbclid=IwAR2oI9tQoHaJcQ7be3A6ST93wN_WELCVzTVyiVEYEGlmtZMlaClrDmV5Y8

Paredes, E. (2021). Efecto de la fitorremediación con dos variedades de Ortiga (*Urtica urens* L. y *Urtica dioica* L.) en la calidad del suelo usado como botadero a cielo abierto, Marabamba, provincia y departamento de Huánuco - 2021. Repositorio de la Universidad de Huánuco. recuperado de: <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3187>

Peña, I. (2019). Evaluación de la capacidad de absorción del *Helianthus annuus*, como agente Fitorremediador de suelos contaminados con Plomo. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Recuperado de: <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/167>

Pérez, P. y Azcona, M. (2012). Efectos del cadmio en la salud. Redalyc. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>

Pomboza, P.; Quisintuña, L.; Dávila, M. y Vásquez, C. (2016). Hábitats y usos tradicionales de especies de *Urtica* I. en la cuenca alta del Río Ambato, Tungurahua – Ecuador. Scielo. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200002

Redacción El Comercio. (2013). La Oroya es la quinta ciudad más contaminada del planeta. El Comercio. Recuperado de: <https://archivo.elcomercio.pe/sociedad/lima/oroya-quinta-ciudad-mas-contaminada-planeta-noticia-1624283>

Redacción MITECO. (s.f.). Metales pesados. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Recuperado de: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.aspx#:~:text=Existen%20varias%20maneras%20de%20definir,hay%20otra%20clasificaci%C3%B3n%20referida%20al

Redacción Pro Córdoba. (2013). Sector Metalúrgico. Pro Córdoba: Agencia para la promoción de las exportaciones. Recuperado de: <https://www.procordoba.org/sector-metalurgico-5291.html>

Redacción RPP. (2015). El Niño: Relaves mineros preocupan a autoridades de Otuzco. RPP Noticias. Recuperado de: <https://rpp.pe/peru/actualidad/el-nino-relaves-mineros-preocupan-a-autoridades-de-otuzco-noticia-840011>

Rodriguez, J. (2015). Estudio del proceso de fitovolatilización en la remoción de componentes BTEX mediante el uso de humedales construidos. Universidad de los Andes.

Recuperado de:

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17637/u713964.pdf?sequence=1>

Rumaldo, M. (2019). Descontaminación de suelos con Plomo usando *Urtica urens* y *Fuertesimalva echinata* Fertilizada con gallinaza en el Callao. Repositorio digital Institucional de la Universidad César Vallejo. Recuperado de:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38373>

Sandoval, J. (2019). Comparación de dos especies altoandinas *Urtica urens* L. y *Brassica rapa* L. en la recuperación de suelos contaminados por Plomo en Cátac, Ancash. Repositorio de la Universidad Científica del Sur. Recuperado de:

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1090>

Serna, C. (2021). Visiones del desarrollo sostenible. Google Books. Recuperado de:

<https://books.google.com.pe/books?id=3E4bEAAAQBAJ>

Suaña, M. (2017). Capacidad del girasol (*Helianthus annuus* L.) para absorber Cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado-Puno. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de:

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6779>

Tobar, P. y Venegas, T. (2014). Fitoestabilización de depósitos de relaves. Repositorio académico de la Universidad de Chile. Recuperado de:

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/117542>

Vasconcellos, M.; Pagliuso, D y Santos, V. (2012). Fitorremediación: Una propuesta para descontaminación de suelos. Estudios de BIOLOGIA Ambiente e Diversidade. Recuperado de: <https://periodicos.pucpr.br/estudosdebiologia/article/view/22927>

Yacolca, M. (2017). Capacidad fitorremediadora de la ortiga (*Urtica urens*) en suelos contaminados con Plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel - Cerro de Pasco 2017. Repositorio Digital Institucional de la Universidad César Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/29038>

Yazdi, M.; Kolahi, M.; Mohajel, E. y Goldson, A. (2019). Study if the contamination rate and change in growth features of lettuce (*Lactuca sativa* Linn.) in response to cadmium and a survey of its phytochelatin synthase gene. ScienDirect. Recuperado de: <https://sci-hub.se/10.1016/j.ecoenv.2019.04.071>

Ziarati, P.; Nazif, M. y Khanderouy, M. (2015). Decreasing Bio-toxicity of fume particles produced in welding process by *Aloe vera* L. Oriental Journal of Chemistry. Recuperado de: <http://www.orientjchem.org/vol31nospl-issue-oct-2015/decreasing-bio-toxicity-of-fume-particles-produced-in-welding-process-by-aloe-vera-l/>