



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Fitorremediación en suelos contaminados de plomo y cadmio
utilizando el girasol (*Helianthus annuus*): Revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Alva Vela, Rodrigo Alexander (orcid.org/0000-0002-7729-273X)

Ramirez Buiza, Claudia Sara (orcid.org/0000-0002-1574-7436)

ASESOR:

Dr. Munive Cerron, Ruben Victor (orcid.org/0000-0001-8951-2499)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico esta investigación a mis padres por la educación, el amor, comprensión y apoyo incondicional.

Gracias también a nuestro asesor Rubén Víctor Munive Cerrón quien nos ha apoyado en el desarrollo de esta investigación mediante ejemplificaciones y la paciencia para enseñarnos

Agradecimiento

En primer lugar, agradecemos a Dios brindarnos salud y por permitirnos trazar uno de nuestros objetivos propuestos como grupo, al mismo tiempo agradecer a nuestros padres porque nos inculcan en seguir adelante y ser motivo por cada paso que nos trazamos, por la confianza que nos brindan. A la Universidad César Vallejo por acogernos en sus aulas y los docentes por formarnos para un futuro mejor.

Índice de contenidos

Dedicatoria	II
Agradecimiento.....	III
Índice de tablas.....	V
Índice de figuras	vi
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
I. Introducción	1
II. Marco teórico.....	4
III. Metodología	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	10
3.3. Población, muestra y muestreo.....	10
3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos	11
3.5. Procedimiento.....	11
3.6. Método de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
iv. Resultados.....	15
V. Discusión	57
VI. Conclusiones	61
VII. Recomendaciones.....	62
Referencias	
Anexos	

Índice de tablas

Tabla 1 Criterios de inclusión y selección aplicados en la revisión sistemática.	12
Tabla 2 Calidad metodológica de los estudios incluidos para la fitorremediación de cadmio (Cd).....	17
Tabla 3 Calidad metodológica de los estudios incluidos para la fitorremediación de Plomo (Pb)	20
Tabla 4 Características de los estudios incluidos en la investigación sobre la fitorremediación de plomo y cadmio	24
Tabla 5 Estudios incluidos para la fitorremediación de cadmio en el suelo	38
Tabla 6 Estudios incluidos para la fitorremediación de plomo en el suelo	43
Tabla 7 Estudio de fitorremediación en efectividad de remoción mayor al 50% cadmio	48
Tabla 8 Estudio de fitorremediación en efectividad de remoción mayor al 50% plomo.....	51

Índice de figura

Figura 1 Tipos de fitorremediación	5
Figura 2 Proceso de obtención de las investigaciones usadas en la revisión sistemática	15
Figura 3 Proceso de búsqueda de investigaciones incluidas	16
Figura 4 Análisis estadístico, recopilación de resultados de autores donde se evidencio sus concentraciones iniciales y finales, para hallar el porcentaje de remoción en cadmio.....	50
Figura 5 Se visualiza el grafico de barras pertenecientes a los 17 autores, se realizó el promedio de concentración inicial y final incluyendo la remoción donde se evidencia que la fitorremediación con girasol tiene un promedio de 79.09 en remediar el suelo de contaminantes como el cd.....	51
Figura 6 Análisis estadístico, recopilación de resultados de autores donde se evidencio sus concentraciones iniciales y finales, para hallar el porcentaje de remoción en plomo.....	55
Figura 7 Se visualiza el grafico de barras pertenecientes a los 24 autores, se realizó el promedio de concentración inicial y final incluyendo la remoción donde se evidencia que la fitorremediación con girasol tiene un promedio de 78.2 en remediar el suelo de contaminantes como el cd.....	56

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar mediante revisión sistemática, la eficiencia de fitorremediación con girasol, en suelo contaminado con plomo y cadmio. Estas investigaciones han sido recopiladas de la base de datos Scopus y Web Of Science, incluyéndose un total de 45 investigaciones, siendo estas en idioma inglés, con enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño experimental, así mismo se evaluó desde enero del 2013 a octubre del 2022. Para la muestra y clasificación de datos, en la cual se buscó representatividad, exposición y porcentaje de remoción. En los resultados se evidencio que de los 45 estudios incluidos, la contaminación se debe a la industria minera, la cual impacta a los suelos orgánicos en un 90 % destinados a cultivos y un 10% a suelos urbanos e industriales, la dosificación adecuada para la fitorremediación de plomo y cadmio, es usar el girasol en diferentes etapas de preferencia en etapa adulta con la adición de enmiendas orgánicas, la técnica de fitorremediación, determina que el 57% corresponde a la capacidad fitoextractora del girasol y el 43% al potencial de fitorremediar directamente al suelo.

Palabras clave: Revisión sistemática, plomo, cadmio, suelos contaminados.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate, through a systematic review, the efficiency of phytoremediation with sunflower in soil contaminated with lead and cadmium. These researches have been compiled from the Scopus and Web Of Science databases, including a total of 45 researches, being these in English language, with quantitative approach, applied type, experimental design, likewise it was evaluated from January 2013 to October 2022, for the sample and classification of data, in which representativeness, exposure and percentage of removal were sought. The results showed that of the 45 studies included, the contamination is due to the mining industry, which impacts 90% of organic soils used for crops and 10% for urban and industrial soils, The phytoremediation technique determines that 57% corresponds to the phytoextractive capacity of the sunflower and 43% to the potential of phytoremediation directly to the soil.

Keywords: Lead, cadmium, contaminated soils.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al aumento poblacional y a los impactos antropológicos, el suelo se ha perjudicado, alterando así su propia capacidad de productividad, generando un deterioro, en la superficie productiva, el 97% de estos, provienen de actividades de extracción de minerales, los cuales debido a la mala gestión de disposición de residuos peligrosos, estos quedan expuestos y por la acción eólica, son dispersados, provocando una mayor proliferación de metales pesados, contaminando así más extensiones de terrenos a nivel mundial, este tipo de suelos altera la biodiversidad, disminuyendo la materia orgánica e imposibilitando la capacidad de equilibrio y almacenamiento de nutrientes, impidiendo el crecimiento de especies herbarias (Soraya et al., 2006),FAO, (2022),(Volke,2022).

Estos metales pesados como el plomo y cadmio y otras causas, llegan a los suelos principalmente por las actividades mineras, petroleras, industriales y transporte de sustancias peligrosas, las cuales ocasionan una gran cantidad de impactos ambientales negativos durante los procesos operativos de las diferentes industrias (Jara, 2018). Estos contaminantes quedan retenidos por los suelos y se bioacumulan; pudiendo ocasionar enfermedades a las personas, ya sea por el contacto directo o por el uso de suelo (Hincapié & Puerto, 2019). Además, que ocasionan la pérdida de la calidad del suelo, inhiben el desarrollo normal de los cultivos y en algunos casos la planta llega a absorber al contaminante almacenándolo en sus tejidos.

Entre los metales pesados encontrados con mayor frecuencia y que resultan perjudiciales para el suelo están el cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), níquel (Ni), cromo (Cr) (Arenaza, 2021) y (Aquino & Checcori, 2021). Afortunadamente, la presencia de estos elementos puede ser tratados con distintos métodos; de tal manera que se logra la recuperación parcial o total del suelo.

Para eliminar o reducir los metales pesados se han empleado y mejorado distintos métodos biológicos que han ido adquiriendo una gran relevancia debido a su

alta eficiencia y a los bajos costos de aplicación. Además, debido a la gran variedad de métodos que se vienen empleando para la recuperación de suelos algunas investigaciones han tratado de categorizar las diferentes técnicas utilizadas para la reducción y eliminación de los metales pesados.

Ante lo expuesto, se planteó en la presente investigación de revisión sistemática las siguiente interrogantes : ¿Cuál es la eficacia de la aplicación del girasol (*Helianthus annuus*) para la fitorremediación de los suelos contaminados por plomo y cadmio?;y como interrogantes específica: ¿Cuál es la concentración de plomo y cadmio / dosificación adecuada para lograr la eficacia mediante el uso el girasol (*Helianthus annuus*), para la suelos contaminados con plomo y cadmio?; ¿Cuáles son las causas de la contaminación de los suelos con presencia de plomo y cadmio,?; y, ¿Cuáles son las técnicas de fitorremediación usando el girasol (*Helianthus annuus*), para los suelos contaminados con plomo y cadmio?

La investigación se justifica teóricamente por el aporte de conocimientos que se otorga sobre la variedad de métodos en favor de la recuperación de suelos, como también aporta en la teoría de la factibilidad y viabilidad de los métodos biológicos para tratar suelos con presencia de plomo y cadmio. En este sentido, mediante la justificación teórica se puede plantear que la investigación se centra en aportar los conocimientos científicos necesarios para absolver las carencias de la teoría (Arias, 2021).

Por otro lado, la investigación se justifica metodológicamente ya que al ser una revisión sistemática permite sintetizar una amplia información de métodos biológicos aplicables, con fines de tratamiento; por lo cual, la presente investigación puede servir como fuente de información para futuros proyectos e investigaciones relacionadas con el tema (Arispe et al., 2020). Y, la revisión sistemática, permite seguir un modelo para el correcto análisis y síntesis de distintas fuentes de investigación primaria.

Por lo cual, se planteó como objetivo general: Sistematizar la eficiencia del uso del girasol para la fitorremediación en los suelos contaminados por plomo y cadmio. Como objetivo específico se estableció: Identificar la concentración de plomo y

cadmio en los suelos contaminados para determinar la eficiencia del girasol;
Identificar los tipos de suelos contaminados por plomo y cadmio, mediante la
revisión sistemática y evaluar la técnica de fitorremediación usando el girasol, en
suelos contaminados con plomo y cadmio, mediante la revisión sistemática.

II. MARCO TEÓRICO

Los suelos son de gran importancia para el desarrollo de actividades agrícolas, debido a sus propiedades físicas facilitan la retención del agua y de los nutrientes esenciales (Arroyo & Palacios, 2020).

Los suelos contaminados con metales pesados, son una gran amenaza debido a su persistencia y desintegración, las altas concentraciones alteran la productividad agrícola y la estabilidad de la cadena alimenticia Arroyo & Palacios, (2020). Aun en bajas concentraciones algunos metales pesados resultan ser tóxicos y por lo tanto resultan ser perjudiciales para el desarrollo de los cultivos.

Los metales pesados presentan diferentes propiedades como ductilidad, conductividad, densidad, estabilidad como catión; estos elementos son una gran amenaza debido a sus características recalcitrantes, persistentes y biomagnificables; por otro lado, generan complejos iónicos y participan en reacciones redox perjudicando a los microorganismos del suelo (Vega,2020) .Entre los metales pesados más nocivos y encontrados con mayor frecuencia se encuentran el cromo, níquel, cadmio, plomo y mercurio; la presencia de estos metales compromete el bienestar de la flora, la fauna y la salud humana (Tejada, Villabona & Gacés, 2014).

Todas las técnicas nombradas anteriormente ayudan a la depuración de metales pesados, esta labor es ha tomado mucha relevancia debido a todos los efectos negativos que estos ocasionan; sobre todo, cuando se trata de la presencia de estos contaminantes en tierras fértiles que presentan el potencial agrícola y de conservan una gran biodiversidad.

Algunos investigadores han empleado diversas técnicas biológicas para remediar los suelos contaminados con plomo y cadmio en distintos tipos de suelo. Afsheen et al., (2020) evaluaron el germoplasma de girasol, para realizar la fitorremediación de suelos contaminados con plomo, para ello el germoplasma se mezcló con el suelos antes de aplicar el cultivo del girasol, para ello se determinó que la concentración de plomo inicial fue de 8,5ppm, tras los 3 meses en los que el girasol se desarrolló, se realizó el análisis de la concentración final en el suelo

determinándose que la concentración de plomo fue 1,3 ppm concluyéndose que es recomendable usar intensificadores para la mejora de la absorción de metales pesados.

La remediación se puede describir como el uso intencional de agentes químicos y biológicos para eliminar las sustancias dañinas al ambiente, ya sean expuestas de manera intencional o casual (Vullo,2003). A raíz de la contaminación ocasionada por las industrias, la ciencia y la tecnología han desarrollado distintos métodos para remediar el impacto negativo que se viene generando. Para remedir los suelos contaminados por metales pesados podemos encontrar diversos métodos biológicos.

La fitorremediación es el uso in situ de plantas para remediar un suelo contaminado, gracias a su gran variedad pueden tratar contaminantes como desechos orgánicos y metales pesados; de hecho, algunas plantas, sobre todo las metalófitas han desarrollado su fisionomía de tal manera que permite absorber a los metales pesados y acumularlos en las hojas (Jara et al., 2014).La fitorremediación es el uso de plantas con el potencial de absorber, acumular, metabolizar, volatizar o estabilizar los contaminantes en los distintos medios (Pérez & Sulca,2021). Además, esta técnica in situ es ampliamente utilizada para la remoción de metales pesados gracias a la rentabilidad eficiencia que estas presentan (Torres et al., 2021)

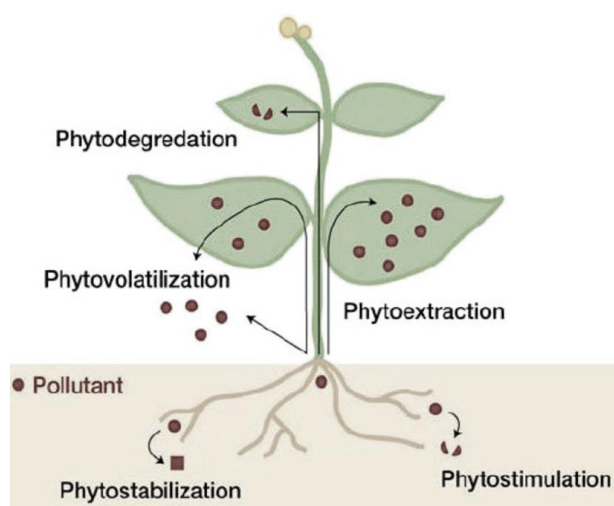


Figura 1. Tipos de fitorremediación

Fuente: (Torres et al., 2021)

Existen distintas formas de actuar en la fitorremediación, para la eliminación de metales pesados. Una de ellas es la fitoextracción, el cual consiste en la absorción de los contaminantes a través de las raíces de la planta acumulándolo en la parte aérea, lo cual lo vuelve altamente eficiente para la remediación de suelos contaminados por metales pesados (Melgarejo, 2021).

También, tenemos la fitoestabilización, que es la inactivación de los contaminantes, ocurriendo la acumulación y absorción radicular de las plantas (Torres et al.,2021), impidiendo de esta manera la migración de los metales pesados.

Además, está la rizodegradación, en el cual la planta proporciona compuestos en su rizosfera de tal manera que permite la estimulación de microorganismos que degradan los contaminantes (Igua, 2020)

Algunos materiales orgánicos pueden ser procesados para adquirir una capacidad remediadora y/o fertilizadora en los suelos, entre ellos el compostaje y el humus son dos biomateriales que consiste en la descomposición de residuos orgánicos bajo condiciones de humedad y temperatura controlados, la principal diferencia entre el compostaje y el humus es que el segundo emplea lombrices para dar un proceso adicional al compostaje, logrando de esa manera un material con propiedades más beneficiosas (Arenaza, 2021).

Priti & lyoti (2020) evaluaron la eficiencia de la *Helianthus Annuus*, para recuperar los suelos industriales con metales pesados, para ello se analizó la concentración de plomo y cadmio determinándose que la concentración de plomo fue 0,62 ppm y el cadmio fue de 158,29 ppm, es por ello que se aplicó plántulas de *Helianthus Annuus*, 1 por maceta usándose un total de 11 siendo una el tratamiento testigo, sometidas por un tiempo de 8 meses en los cuales se determinó que el plomo y cadmio se acumularon en los tallos y hojas del cultivo, con respecto al suelo este disminuyó a 0,11 ppm de plomo y 78,4 ppm de cadmio, evidenciándose que el girasol, es una buena especie bioacumuladora.

Yu et al., (2022), comprobaron la fitoextracción de los metales pesados mediante el uso de 6 especies vegetales, para ello usaron a la (*Solanum nigrum*,*Bidens pilosa*, *Xanthium strumarium*,*Helianthus annuus* ,*Lonicera japonica* y *Pennisetum sinense*.) siendo estas cultivadas in situ durante un periodo de 2 años, antes del cultivo de evidencio que el suelo presentaba altas

concentración es plomo, cadmio y zinc, siendo 10,9 ppm, 125,8 ppm y 25 ppm respectivamente, tras transcurrir los 2 años se analizó el suelo y las especies cultivadas determinándose así que la planta que adsorbió más fue la *Helianthus annuus*, absorbiendo a 2,8 ppm, con respecto al suelo este disminuyó en un 4,7 ppm el plomo y 5,9 ppm de cadmio.

Peña & Beltrán (2018) aplicaron la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados en la estación experimental del Mantaro, utilizando los girasoles, para ello se dividió el suelo en 3 partes (lotes) se aplicó girasoles cada 20 cm de distancia, se diferenció cada tratamiento por la edad del cultivo, la concentración inicial de plomo fue de 178 ppm y 7,09 ppm de cadmio, así mismo se evidenció que el lote 1, presentó 111,5 ppm de plomo y cadmio de 4,28 ppm, el lote 2 presentó 54,5 ppm de plomo y 3,99 ppm de cadmio, el lote 3 presentó 3,03 ppm de cadmio y 44,2 ppm de plomo, se determinó que el girasol absorbió 2,61 ppm, la hoja 1,72 ppm, con respecto al suelo, este disminuyó en un 90%, logrando evidenciar la eficiencia de la fitorremediación.

Para lo cual emplearon un diseño experimental con 27 g de masa microbiana durante 3 horas para cada tratamiento. Obteniendo como resultados que la absorción en un sistema mono componente es del 93.88 ppm para el cobre y 91.21 ppm para el plomo; mientras que la absorción en un sistema multi componente es de 95.73 ppm para el cobre y 92.37 ppm para el plomo. Concluyendo que, el sistema multi componente es más eficiente para la absorción del cobre y plomo

Hormaza (2020) plantearon como objetivo determinar la influencia del compostaje para remediar los suelos contaminados por metales pesados en la Oroya. Para lo cual se empleó un diseño experimental mezclando 20% de estiércol vacuno, 50% ovino y 30% cuy para el primer tratamiento A1; el tratamiento A2 con 50%, 20% y 30% de ovino, vacuno y cuy respectivamente; y, el tercer tratamiento A3 con 30%, 50% y 20% de ovino, vacuno y cuy; en todos los tratamientos se mezcló con el suelo contaminado por metales pesados y las pruebas fueron realizadas luego de 3 meses. Obteniendo como resultado que el tratamiento A3 alcanzó una reducción de plomo de 90.42 ppm; mientras que la reducción del zinc del tratamiento A1 fue de 56.44 ppm; siendo estos los resultados más favorables. Concluyendo que el compost ayuda en el tratamiento de suelos contaminados por

metales pesados; sin embargo, los autores no lograron reducir los parámetros de metales pesados a valores establecidos por los ECA.

Cabrera (2018) determinaron la capacidad de biosorción del plomo (III) mediante la biomasa vegetal inerte tallo de rosas. Para lo cual realizaron su diseño experimental reactivando la biomasa mediante el proceso de hidrólisis ácida y luego hidrólisis alcalina. Obteniendo como resultados que la biosorción máxima se alcanzó con un pH 4 empleando 0.05 g de biomasa durante 60 min; la absorción máxima fue de 344.82 ppm de plomo (III)/g de tallo de rosa; representando la disminución de 98 ppm de plomo. Concluyendo que la biomasa de tallo de rosas activada tiene una alta eficiencia de absorción del plomo (III).

Winska et al., (2015) usaron plántulas de girasol de seis semanas de edad, fueron regadas con una solución de agua más plomo en concentraciones de 0, 15, 45 y 60 mg de plomo por cada 100 gramos de suelo, el tratamiento más alto de 60 mg de plomo, se evidencio que pasado los 30 días la mayor parte del plomo absorbido en estas plantas fue transportado a los tallos y hojas (23,6 ppm del total de plomo absorbido). Se concluye que las dosis de plomo utilizadas en este estudio no afectaron la intensidad de la fotosíntesis, pero se observó una disminución en la transpiración y el contenido relativo de agua.

Apaza & Valderrama (2020) plantearon como objetivo evaluar la eficiencia de la biomasa *Rhizopus* sp. Para remover el cadmio (II). Para lo cual se cultivó en un ambiente controlado con papa dextrosa. Obteniendo como resultados que la mayor eficiencia se alcanzó con un pH de 5 y temperatura a 25°C; logrando remover hasta el 99.97 ppm de 113,5 ppm de cadmio (II). Concluyendo que la biomasa *Rhizopus* sp. Es una propuesta eco amigable con una alta eficiencia para la remoción de cadmio (III).

Chuptaya & Molina (2021) propusieron como objetivo evaluar la capacidad de fitorremediación de *Schinus molle* y *Acacia macracantha* para los suelos contaminados por metales pesados. Para lo cual emplearon su diseño experimental considerando 6 muestras de suelo, se aplicaron *Schinus molle* y *Acacia macracantha*. La concentración inicial fue de 201 ppm y 189 ppm, obteniendo como

resultados que para el plomo la mejor absorción por raíz fue de 109.64 ppm, Para el cadmio la mejor absorción por raíz fue de 143.41ppm concluyendo que ambas plantas *Schinus molle* y *Acacia macracantha* tienen capacidad remediadora pero no lograron reducir la concentración a los niveles establecidos en los ECA.

A1, 332.26 ppm para el área A2, 304.99 ppm y 303.89 ppm para la aplicación con girasol y tabaco respectivamente en el área A3, 203.36 ppm y 218.46 mg/Kg para los puntos para la aplicación con girasol y tabaco respectivamente en el área A4; mientras que para el plomo la concentración inicial fue de 298.10 ppm en el área A1 y 412 ppm para el área A2. Obteniendo como resultados que la concentración final para la bioacumulación con *Trichoderma* sp. Y *Penicillium* sp. Fue de 64.6 ppm de plomo y 103.1 ppm de cobre en los puntos 1 y 2 respectivamente para el área A1, 67.6 ppm de plomo y 119.6 ppm de cobre para el área A2; mientras que la reducción de cobre en el área A3 fue de 117.0 ppm y 86.7 ppm para el girasol y el tabaco respectivamente; y, la concentración final de cobre en el área A4 fue de 47.9 ppm y 53.7 ppm para el girasol y el tabaco respectivamente. Concluyendo que ambas técnicas son eficientes para la reducción de cobre y plomo.

Ka-ot & Joshi (2021) analizaron a las bacterias *Enterobacter huaxiensis* sp con el objetivo de evaluar la capacidad remediadora de las bacterias en una mina de carbón. En su diseño experimental analizaron las concentraciones iniciales de Fe, Cd y Cr presentes en la mina de carbón, Obteniendo como resultados que las bacterias *Enterobacter huaxiensis* sp. Pudieron eliminar el 89 ppm de Fe, 95 ppm de Cd y 85,62 ppm de 127,9 ppm de Cr. Concluyendo que esta especie de bacteria son altamente eficientes en la depuración de metales pesados en la mina de carbón

Bernabé & Medina (2018), realizaron su investigación empleando la biorremediación por *Urtica Urens* con el objetivo remediar el suelo contaminado por metales pesados. Para lo cual se empleó 6 Kg de suelo contaminado con 2.5 Kg de estiércol de cuy, luego se plantó 3 *Urtica Urens* y se dejó crecer por 46 días. Obteniendo como resultados que la eficiencia de remoción de los metales pesados fue de hierro en un 45,06 ppm; zinc 51,43 ppm; plomo 70 ppm Concluyendo que la planta *Urtica Urens* fertilizado con compost de cuy reduce la concentración de los metales pesados.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. Según Esteban, (2018), este enfoque se aplica a la recopilación de datos obtenidos, que se asocian a los experimentos, no permitiendo la manipulación de las variables; además este tipo de investigación busca orientar y perfeccionar los procedimientos tecnológicos de los avances de la ciencia y tecnología. Por otro lado, también podemos indicar que la investigación pretende generar conocimientos que permita la solución de problemas prácticos (Alvares, 2020).

El diseño de investigación fue no experimental transeccional – descriptivo; Azuero (2019) se basó en la recolección de información para describirlas y analizarlas, para ello se categorizo en temas emergentes que pueden provenir de documentos, testimonios, artículos entre otro; mientras que, al ser tópico, está enfocado en un suceso, un fenómeno o una temática, la investigación tuvo un nivel descriptivo, puesto que se evaluó las características de los eventos, así mismo lo sucedido puede ser explicado mediante la recopilación de datos. Azuero (2019)

3.2. Variables y operacionalización

En la presente investigación de revisión sistemática se trabajó con las siguientes variables de operacionalización:

Variable dependiente

- Fitorremediación en suelos contaminados de plomo y cadmio

Variable independiente

- Cultivo de girasol (*Helianthus annuus*)

3.3. Población, muestra y muestreo

La presente investigación corresponde a la recopilación de estudios relacionados al uso del girasol como especie fitorremediadora de los suelos

contaminado con plomo y cadmio, así mismo se define a una población a totalidad de elementos recopilados. Hernández & Sampieri (2014).

La muestra del estudio es presentada por 45 estudios los cuales cumplieron con los criterios de inclusión los objetivos presentados en este estudio, así mismo obedecieron los criterios de inclusión de conforme de la escala Newcastle – Ottawa. Otzen & Manterola (2017).

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, ya que en el estudio se eligieran la información necesaria para la recopilación de datos, así mismo se define como muestreo no probabilístico, a la decisión del investigador sobre qué tipo de investigación se debe colocar en el estudio. Hernández & Carpio (2019).

La unidad de análisis fue cada artículo científico, recolectado, los cuales presentan información sobre la Fitorremediación mediante el uso de girasoles en suelos contaminados con plomo y cadmio.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

La técnica empleada para esta investigación fue el análisis documental. De acuerdo con Bernal (2018) esta técnica permite el estudio profundo de la diversidad de conceptos que permitan el análisis y la identificación de su origen para lo cual la recopilación de los datos se hará mediante el instrumento de la ficha de análisis documental, como se observa:

Ficha 1: Ficha de recolección de datos para la evaluación de los metales pesados (**Anexo 1**)

Ficha 2: Ficha de recolección de datos para los agentes remediadores (**Anexo 2**).

3.5. Procedimiento

Para iniciar con la investigación se siguieron los pasos de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic), el cual facilitó a una mejora en la calidad, la claridad y la transparencia de la publicación de la revista sistemática.

Se utilizó las plataformas virtuales de investigación científica, las cuales son Web Of Science y Scopus Donde se realizó la primera búsqueda considerando las palabras claves y los operadores boléanos: “fitorremediación (en ingles AND metales pesados AND suelos” y “fitorremediación (en inglés) AND heavy metales (plomo y cadmio) AND soils”; luego se realizaron los criterios de exclusión de 5 años de antigüedad máxima, solo artículos científicos, solo artículos experimentales, solo artículos en inglés; se realizó una primera descarga de los documento y durante su primera evaluación se procedió a excluir por artículos repetidos y por aproximación del tema; alcanzando un valor de “n” final.

Luego, se procedió al llenado de las fichas diferenciando las categorías y subcategorías y se recopiló la información solicitada según los 2 criterios de exclusión por cada uno.

Tabla 1. Criterios de inclusión y selección aplicados en la revisión sistemática.

Criterio De Selección	Criterios De Inclusión	Criterios De Exclusión
Tipo De Estudio	Artículos de investigación originales	Artículos de opinión
Año De Publicación	Artículos científicos publicados entre 2013-2022	Artículos científicos antes del 2013
Idioma	Inglés	Idiomas distintos al inglés
Base De Datos	Web Of Science y Scopus	Plataformas que no sean Web Of Science y Scopus

3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis de datos se emplearon las fichas de recolección de datos y posteriormente se realizó una estadística descriptiva para determinar los resultados según las categorías.

Para la categoría de metales pesados se empleó una estadística descriptiva según la cantidad de investigaciones que trataron alguno de los contaminantes, plomo (Pb) y cadmio (Cd); así mismo se evaluó la cantidad según su procedencia o ubicación del contaminante y los valores mínimos y máximos encontrados.

Para la categoría de agente remediador se empleó una estadística descriptiva según la cantidad de investigaciones que emplearon alguno de los tipos de agentes remediadores plantas, Microorganismos y Biomasa.

Para la categoría de método de fitorremediación, se empleó una estadística descriptiva según la cantidad de investigaciones que emplearon alguno de los tipos de métodos de fitorremediación; como también se evaluó la cantidad de artículos que emplearon las formas de remediación, bioacumulación, bioadsorción, biodegradación, fitorremediación, microrremediación y vermirremediación y se procedió a evaluar la eficiencia de cada uno según la especie empleada.

3.7. Aspectos éticos

El trabajo de investigación se elaboró bajo los principios éticos que todo investigador y su estudio requieren para aportar conocimientos sin estar influenciado por intereses externos; esta investigación se elaboró bajo los principios éticos de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. (Hirsh y Navia, 2018) La beneficencia es la contribución que se realiza en bien de la ciencia al aportar conocimientos maximizando los beneficios y reduciendo los riesgos; la no maleficencia se desarrolló al emplear fuentes bibliográficas otorgando el crédito a sus respectivos investigadores mediante su respectiva cita y referencia bibliográfica

bajo el formato ISO 690, es de autonomía por que la totalidad de la investigación recae bajo el autor y asume por lo tanto la responsabilidad voluntaria de la investigación; se aplicó el principio de justifica porque esta investigación fue elaborada bajo los lineamientos estipulados por la institución universitaria y a su vez fue llevado a un proceso de sustentación con la aprobación de los jurados.

IV. RESULTADOS

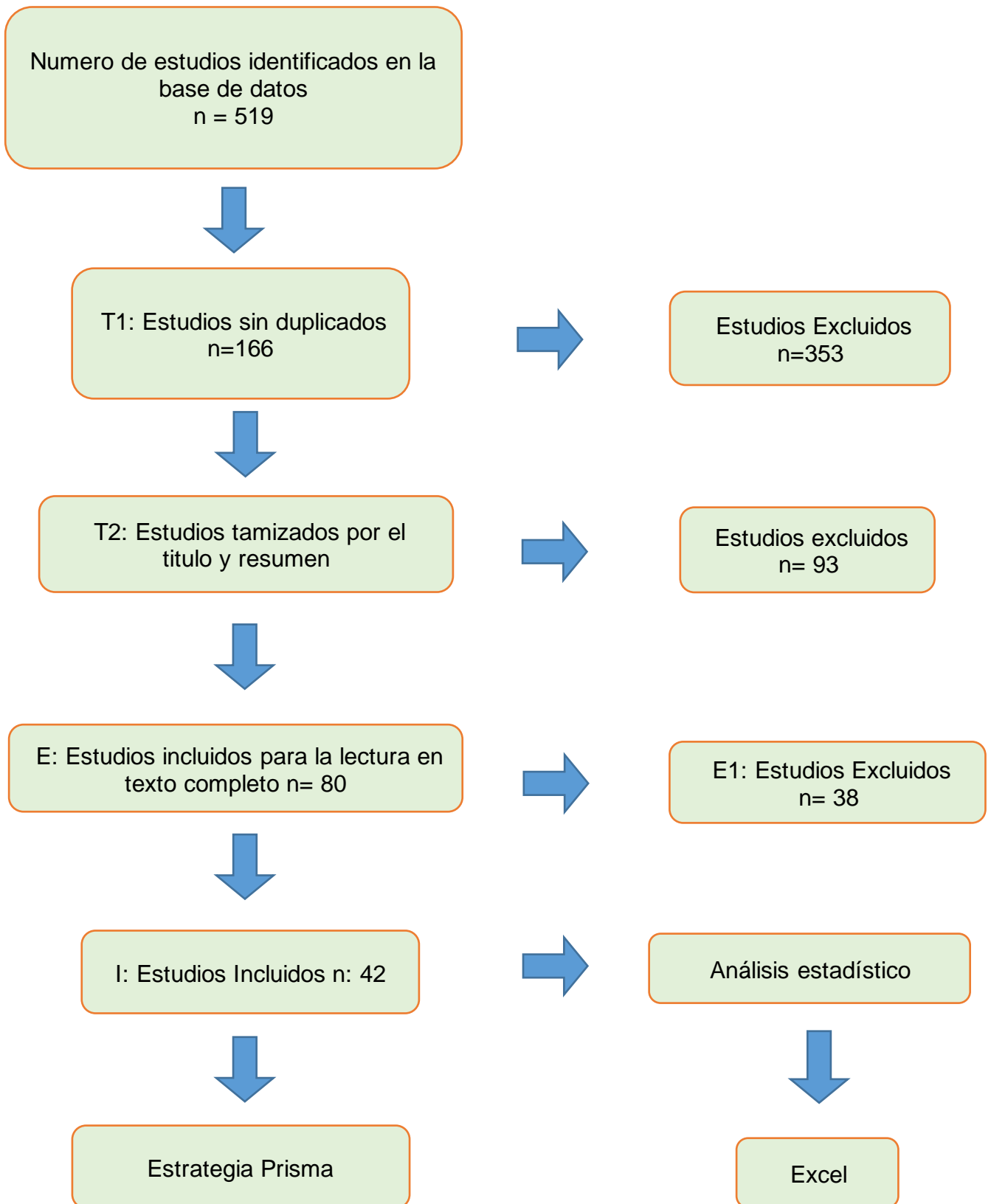


Figura 2. Proceso de obtención de las investigaciones usadas en la revisión sistemática

Fuente: Elaboración propia.

Las investigaciones incluidas en su mayoría evalúan la fitorremediación de plomo y cadmio usando el girasol como planta fitorremediadora.

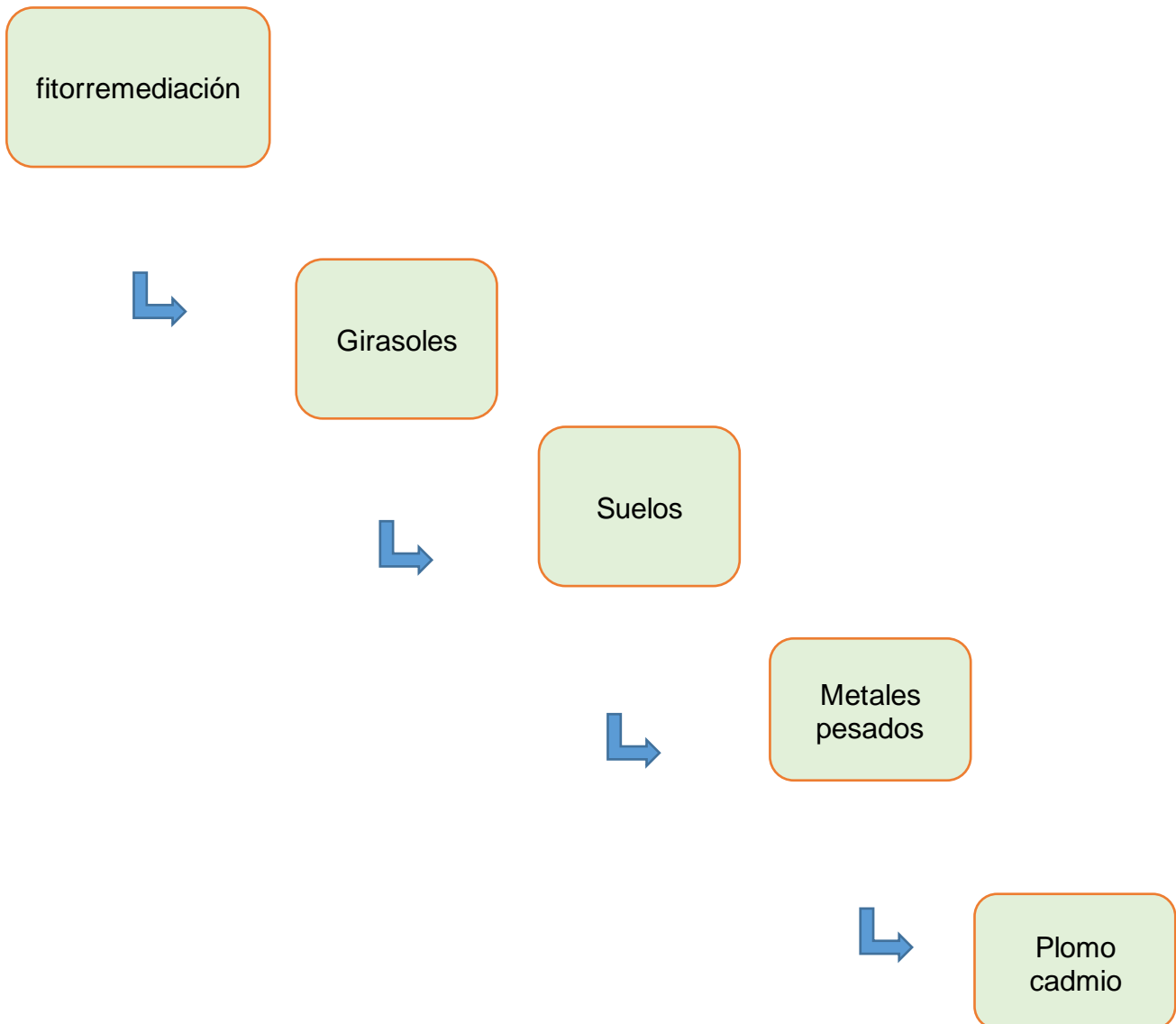


Figura 3. Proceso de búsqueda de investigaciones incluidas

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3, se detallan las 46 investigaciones que han sido incluidas en la investigación, cumpliendo los criterios de fitorremediación de plomo y cadmio mediante el uso del girasol, así mismo se detalla el tipo de suelo en la que se aplicó el tratamiento fitorremediador.

Tabla 2. Calidad metodológica de los estudios incluidos para la fitorremediación de cadmio (Cd).

Newcastle - Ottawa modificada para el Cadmio (Cd)						Referencia
Selección		Resultado		Datos Específicos		
Representatividad	Exposición	Porcentaje de remoción	Tiempo de contacto	Modificación de la fitorremediación	Caracterización de la fitorremediación	
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Kotschau & Buchel (2013)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Priti & Iyoti (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Yu, et al., (2022)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Saadia & Asharaf (2013)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Reddy et.al., (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Khalid et al., (2018)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Eswara et al., (2019)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Chirakkara & Reddy (2014)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Chirakkara & Reddy (2015)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Moslehi et al., (2018)

SI	SI	SI	SI	SI	SI	Xu et al., (2021)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Hongfei et al., (2021)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Bolaños et al., (2021)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Cornu et al., (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Saidi et al., (2021)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Hossein & Aghilizefreei (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Shazia & Shazia (2017)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Motior et al., (2013)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Li et al., (2015)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Azabache et. al, (2021)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Núñez (2022)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Peña & Beltran, (2018)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Chinchay &Chamarro (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Papui (2018)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Guartatanga & Siguencia (2019)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Ka-ot & Joshi (2021)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Ramírez, et al., (2019)

SI	SI	SI	SI	SI	SI	Apaza & Valderrama (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Chuptaya & Molina (2021)

Fuente: Elaboración propia

Representatividad: manifiesta si la muestra esta contaminados con metales pesados como cadmio.

Exposición: determina si se evalúa las características fisicoquímicas del suelo contaminado (Cadmio) y si el método de la fitorremediación es eficiente.

Porcentaje de remoción: Indica si se muestra la concentración inicial y final con respecto al cadmio, después del método de la fitorremediación.

Tiempo de contacto: indica el tiempo en el cual se aplica el experimento.

Modificación de la fitorremediación: uso de la fitorremediación disminuye el cadmio en el suelo.

Caracterización de la fitorremediación: evalúa si se realizó el análisis antes y después de la realización de la fitorremediación.

Tabla 3. Calidad metodológica de los estudios incluidos para la fitorremediación de Plomo (Pb)

Newcastle - Ottawa modificada para el Plomo (Pb)						Referencia
Selección		Resultado		Datos Específicos		
Representatividad	Exposición	Porcentaje de remoción	Tiempo de contacto	Modificación de la de fitorremediación	Caracterización de la fitorremediación	
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Kotschau & Buchel (2013)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Priti & lyoti (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Yu et al., (2022),
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Saadia & Asharaf (2013)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Reddy et.al., (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Khalid et al., (2018)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Eswara et al., (2019)

SI	SI	SI	SI	SI	SI	Chirakkara & Reddy (2014)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Chirakkara & Reddy (2015)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Moslehi et al., (2018)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Georgios et al., (2022)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Hosseini & Aghilizefereh (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Afsheen et al., (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Mojdehi et al., (2021)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Shazia & Shazia (2017)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Winska et al., (2015)

SI	SI	SI	SI	SI	SI	Motior et al., (2013)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Li et al., (2015)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Azabache et al., (2021)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Armas & Ramire (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Febres, (2019)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Nuñez (2022)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Peña & Beltran (2018)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Beltran & Gomez (2016)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Espinoza (2019)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Chinchay &Chamarro (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Papui (2018)

SI	SI	SI	SI	SI	SI	Covarrubias & Peña (2016)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Guartatanga & Siguencia (2019)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Hormaza (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Bernabé & Medina (2018)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Cayllahua & Gonzales (2020)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Cabrera (2018)
SI	SI	SI	SI	SI	SI	Chuptaya & Molina (2021)

Fuente: Elaboración propia

Representatividad: Manifiesta si la muestra esta contaminados con metales pesados como cadmio.

Exposición: Determina si se evalúa las características fisicoquímicas del suelo contaminado (plomo) y si el método de la fitorremediación es eficiente.

Porcentaje de remoción: Indica si se muestra la concentración inicial y final con respecto al plomo, después del método de la fitorremediación.

Tiempo de contacto: Indica el tiempo en el cual se aplica el experimento.

Modificación de las fitorremediaciones: Uso de la fitorremediación disminuye el cadmio en el suelo.

Caracterización de la fitorremediación: Evalúa si se realizó el análisis antes y después de la realización de la fitorremediación.

Tabla 4. Características de los estudios incluidos en la investigación sobre la fitorremediación de plomo y cadmio

Numero	Tipo de suelo	Condiciones Operacionales	Conclusión	Ámbito	Autor
1	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 15, 9 ppm de plomo y 23,8 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 6,39 ppm de plomo y 6, 22 ppm de cadmio.	Industria minera	Kotschau & Buchel (2013)
2	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Tratamiento evaluado en (Tiempo) de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 0,62 ppm de plomo y 158,29 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se	Suelos industriales	Priti & Iyoti (2020)

			evidencio una disminución de 0,11 ppm de plomo y 78,4 ppm de cadmio.		
3	Suelos con metales pesados plomo cadmio y zinc	Tratamiento evaluado en (Tiempo) de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 10, 9 ppm de plomo y 125,8 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 4,7 ppm de plomo y 5,9 ppm de cadmio.	Suelo a escala laboratorio	Yu et al., (2022)
4	Suelos con metales pesados plomo cadmio y cobre	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 447,7 ppm de plomo y 131 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 66,36 ppm de plomo y 44,83 ppm de cadmio.	Suelos industriales	Saadia & Asharaf (2013)

5	Suelos con metales pesados plomo, cadmio y zinc	Tratamiento evaluado en (Tiempo) de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 500 ppm de plomo y 250 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 4,7 ppm de plomo y 198 ppm de cadmio.	Suelo a escala laboratorio	Reddy et al., (2020)
6	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 200 ppm de plomo y 20 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 7,6 ppm de plomo y 9,1ppm de cadmio.	Suelo destinado para cultivos	Khalid et al., (2018)
7	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 37,39 ppm de plomo y 27,81 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 6,2 ppm de plomo y 4,2 ppm de cadmio.	Suelos industriales	Eswara et al., (2019)

8	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 200 ppm de plomo y 25 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 102 ppm de plomo y 14 ppm de cadmio.	Suelos industriales	Chirakkara & Reddy (2014)
9	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 48 ppm de plomo y 53 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 29 ppm de plomo y 47 ppm de cadmio.	Suelo contaminado a escala laboratorio	Chirakkara & Reddy (2015)
10	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 200 ppm de plomo y 50 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 25 ppm de plomo y 26 ppm de cadmio.	Suelo orgánico	Moslehi et al., (2018)

11	Suelos con metales pesados cadmio	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 73 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 21,3 ppm de cadmio.	Suelo orgánico	Xu et al., (2021)
12	Suelos con metales pesados cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 35 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 14,4 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Hongfei et al., (2021)
13	Suelos con metales pesados plomo Arsénico y zinc	Cantidad de girasoles	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 34 ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 12 de plomo	Suelo destinado a la industria minera	Georgios et al., (2022)

14	Suelos con metales pesados cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 15,2 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 2,5 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Bolaños et al., (2021)
15	Suelos con metales pesados cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 100 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 0,5 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Cornu et al., (2020)
16	Suelos con metales pesados cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 100 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 2 ppm de cadmio	Suelo destinado para cultivos	Saidi et al., (2021)

17	Suelos con metales pesados plomo	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 118,8 ppm de plomo y 132,7 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 40,2 ppm de plomo y 48,8 ppm de cadmio.	Suelo orgánico	Hossein & Aghilizfreei (2020)
18	Suelos con metales pesados plomo	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 8,5 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 1,3 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Afsheen et al., (2020)
19	Suelos con metales pesados plomo	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 30 ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 4 ppm de plomo	Suelo orgánico	Mojdehi et al., (2021)
20	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 27 ppm de plomo y 16 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se	Suelo orgánico	Shazia & Shazia (2017)

			evidencio una disminución de 13 ppm de plomo y 9 ppm de cadmio.		
21	Suelos con metales pesados plomo	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 45,7 ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 23,6 ppm de plomo.	Suelo destinado para cultivos	Winska et al., (2015)
22	Suelos con metales pesados plomo y cobre	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 10,1 ppm de plomo y 11,6 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 5,2 ppm de plomo y 8,6 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Motior et al., (2013)
23	Suelos con metales pesados plomo, cadmio y zinc	Cantidad de girasoles	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 45 ppm de plomo y 11 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 21 ppm de plomo y 8,5 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Li et al., (2015)

24	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 239,04 ppm de plomo y 8,75 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 51,75 ppm de plomo y 5,8 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Azabache et al., (2021)
25	Suelos con metales pesados plomo	Tratamiento evaluado en días de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 70 ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 23,75 ppm de plomo.	Suelo destinado para cultivos	Febres (2019)
26	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Tratamiento evaluado en días de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 15,75 ppm de plomo y 26,3 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 0,92 ppm de plomo y 0,53 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Nuñez (2022)
27	Suelos con metales pesados cadmio	Tratamientos en cantidades de hortalizas	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 25,6 ppm de plomo y 14,5 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio	Suelo orgánico	Armas & Ramire (2020)

			una disminución de 0,71 ppm de plomo y 6,99 ppm de cadmio		
28	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 178 ppm de plomo y 7,09 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 54,5 ppm de plomo y 3,99 ppm de cadmio.	Suelo orgánico	Peña & Beltran (2018)
29	Suelos con metales pesados plomo	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 200 ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 60 ppm de plomo. Sé con concluye que hubo una disminución del 60% de plomo.	Suelo destinado para cultivos	Beltran & Gomez (2016)
30	Suelos con metales pesados plomo	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 62,58 ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 54,6 ppm de plomo.	Suelo orgánico	Espinoza (2019)

31	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 208,24 ppm de plomo y 6,76 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 11,33 ppm de plomo y 0,28 ppm de cadmio.	Suelo orgánico	Chinchay &Chamarro (2020)
32	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 746 ppm de plomo y 134 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 436,5 ppm de plomo y 80,47 ppm de cadmio.	Suelo destinado para cultivos	Papui (2018)
33	Suelos con metales pesados cromo, arsénico, mercurio y plomo	Tratamiento tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 400 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 0,01 ppm de cadmio.	Suelo orgánico	Covarrubias & Peña (2016)

34	Suelos con metales pesados plomo y cobre	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 203,36 ppm de plomo y 332,26 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 47,9 ppm de plomo y 53,7 ppm de cadmio.	Suelo orgánico	Guartatanga & Siguencia (2019)
35	Suelos con metales pesados plomo y zinc	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial <u>90,42</u> ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 56,44 ppm de plomo	Suelo orgánico	Hormaza (2020)
36	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Edad del cultivo	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 127,9 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 85,62 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Ka-ot & Joshi (2021)
37	Suelos con metales pesados cadmio	Cantidad de girasoles	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 214,5 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 75 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Ramírez et al., (2019)

38	Suelos con metales pesados plomo y zinc	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 132,2 ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 70 ppm de plomo.	Suelo orgánico	Bernabé & Medina (2018)
39	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 92,37 ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 91,21 ppm de plomo.	Suelo orgánico	Cayllahua & Gonzales (2020)
40	Suelos con metales pesados plomo y cobre	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 344,82 ppm de plomo, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 98 ppm de plomo.	Suelo orgánico	Cabrera (2018)
41	Suelos con metales pesados cadmio	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 113,5 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 99,97 ppm de cadmio	Suelo orgánico	Apaza & Valderrama (2020)

42	Suelos con metales pesados plomo, cadmio	Tratamiento evaluado en (gramos) de abono y tiempo de exposición	Se evidencio que el suelo presento una concentración inicial 201 ppm de plomo y 180 ppm de cadmio, tras aplicar la especie vegetal se evidencio una disminución de 109,64 ppm de plomo y 143,41 ppm de cadmio.	Suelo orgánico	Chuptaya & Molina (2021)
----	--	--	--	----------------	--------------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Estudios incluidos para la fitorremediación de cadmio en el suelo

	Tipo de suelo	Método de Remoción	de Remoción	Tipo de planta	Autor
1	Industria minera	Fitorremediación	73,86%	Girasol	Kotschau & Buchel (2013)
2	Suelos industriales	Fitorremediación	50,47%	Girasol	Priti & lyoti, (2020)
3	Suelo a escala laboratorio	Fitorremediación	95,31%	Girasol	Yu, et al., (2022)
4	Suelos industriales	Fitorremediación	96,63%	Girasol	Saadia & Asharaf (2013)
5	Suelo a escala laboratorio	Fitoextracción	20,8%	Girasol	Reddy et al., (2020)
6	Suelo destinado para cultivos	Fitorremediación	54,5%	Girasol	Khalid et al., (2018)

7	Suelos industriales	Fitorremediación	84,89%	Girasol	Eswara et al., (2019)
8	Suelos industriales	Fitorremediación	44%	Girasol	Chirakkara & Reddy (2014)
9	Suelos industriales	Fitorremediación	11,32%	Girasol	Chirakkara & Reddy (2015)
10	Suelo orgánico	Fitorremediación	48%	Girasol	Moslehi et al., (2018)
11	Suelo orgánico	Fitorremediación	70,82%	Girasol	Xu et al., (2021)
12	Suelo orgánico	Fitoextracción	58,85%	Girasol	Hongfei et al., (2021)
13	Suelo orgánico	Fitorremediación	83,55%	Girasol	Bolaños et al., (2021)
14	Suelo orgánico	Fitorremediación	99,5%	Girasol	Cornu et al., (2020)

15	Suelo destinado para cultivos	Fitorremediación	98%	Girasol	Saidi et al., (2021)
16	Suelo orgánico	Fitoextracción	63,22%	Girasol	Hossein & Aghilizefreei (2020)
17	Suelo orgánico	Fitoextracción	43,75%	Girasol	Shazia & Shazia (2017)
18	Suelo orgánico	Fitoextracción	25,86%	Girasol	Motior et al., (2013)
19	Suelo orgánico	Fitoextracción	29,16%	Girasol	Li et al., (2015)
20	Suelo orgánico	Fitorremediación	33,71%	Girasol	Azabache et al., (2021)
21	Suelo orgánico	Fitoextracción	58,22%	Girasol	Grandez (2017)

22	Suelo orgánico	Fitorremediación	97,98%	Girasol	Nuñez (2022)
23	Suelo orgánico	Fitorremediación	43,72%	Girasol	Peña & Beltran (2018)
24	Suelo orgánico	Fitoextracción	95,85%	Girasol	Chinchay &Chamarro (2020)
25	Suelo destinado para cultivos	Fitorremediación	39,94%	Girasol	Papui (2018)
26	Suelo orgánico	Fitorremediación	83,83%	Girasol	Guartatanga & Siguencia (2019)
27	Suelo orgánico	Fitoextracción	33,05%	Girasol	Ka-ot & Joshi (2021)
28	Suelo orgánico	Fitoextracción	65,03%	Girasol	Ramírez et al., (2019)

29	Suelo orgánico	Fitoextracción	11,92%	Girasol	Apaza & Valderrama (2020)
30	Suelo orgánico	Fitorremediación	20,32%	Girasol	Chuptaya & Molina (2021)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Estudios incluidos para la fitorremediación de plomo en el suelo

	Tipo de suelo	Método de Remoción	Remoción	Tipo de planta	Autor
1	Industria minera	Fitorremediación	59,81%	Girasol	Kotschau & Buchel (2013)
2	Suelos industriales	Fitorremediación	82,25%	Girasol	Priti & Iyoti (2020)
3	Suelo a escala laboratorio	Fitorremediación	56,88%	Girasol	Yu et al., (2022)
4	Suelos industriales	Fitorremediación	85,17%	Girasol	Saadia & Asharaf (2013)
5	Suelo a escala laboratorio	Fitoextracción	99,06%	Girasol	Reddy et al., (2020)
6	Suelo destinado para cultivos	Fitorremediación	96,2%	Girasol	Khalid et al., (2018)

7	Suelos industriales	Fitorremediación	83,41%	Girasol	Eswara et al., (2019)
8	Suelos industriales	Fitorremediación	49%	Girasol	Chirakkara & Reddy (2014)
9	Suelo contaminado a escala laboratorio	Fitorremediación	39,58%	Girasol	Chirakkara & Reddy (2015)
10	Suelo orgánico	Fitorremediación	87,5%	Girasol	Moslehi et al., (2018)
11	Suelo destinado a la industria minera	Fitorremediación	64,70%	Girasol	Georgios et al., (2022)
12	Suelo orgánico	Fitoextracción	66,16%	Girasol	Hossein & Aghilizefreei (2020)
13	Suelo orgánico	Fitorremediación	84,70%	Girasol	Afsheen et al., (2020)
14	Suelo orgánico	Fitorremediación	86,66%	Girasol	Mojdehi et al., (2021)

15	Suelo orgánico	Fitoextracción	51,85%	Girasol	Shazia & Shazia (2017)
16	Suelo destinado para cultivos	Fitorremediación	48,35%	Girasol	Winska et al., (2015)
17	Suelo destinado para cultivos	Fitoextracción	48,51%	Girasol	Motior et al., (2013)
18	Suelo destinado para cultivos	Fitoextracción	53,33%	Girasol	Li et al., (2015)
19	Suelo destinado para cultivos	Fitorremediación	78,35%	Girasol	Azabache et al., (2021)
20	Suelo destinado para cultivos	Fitorremediación	97,22%	Girasol	Armas & Ramírez (2020)
21	Suelo destinado para cultivos	Fitorremediación	67,5%	Girasol	Febres (2019)

22	Suelo orgánico	Fitorremediación	94,15%	Girasol	Nuñez (2022)
23	Suelo orgánico	Fitorremediación	69,38%	Girasol	Peña & Beltran (2018)
24	Suelo destinado para cultivos	Fitoextracción	70%	Girasol	Beltran & Gomez (2016)
25	Suelo orgánico	Fitorremediación	12,89%	Girasol	Espinoza (2019)
26	Suelo orgánico	Fitoextracción	94,55%	Girasol	Chinchay &Chamarro (2020)
27	Suelo destinado para cultivos	Fitorremediación	41,52%	Girasol	Papui (2018)
28	Suelo orgánico	Fitoextracción	99,99%	Girasol	Covarrubias & Peña (2016)

29	Suelo orgánico	Fitorremediación	76,44%	Girasol	Guartatanga & Siguencia (2019)
30	Suelo orgánico	Fitorremediación	37,58%	Girasol	Hormaza (2020)
31	Suelo orgánico	Fitorremediación	48,22%	Girasol	Bernabé & Medina (2018)
32	Suelo orgánico	Fitorremediación	1,25%	Girasol	Cayllahua & Gonzales (2020)
33	Suelo orgánico	Fitoextracción	71,57%	Girasol	Cabrera (2018)
34	Suelo orgánico	Fitorremediación	45,45%	Girasol	Chuptaya & Molina (2021)

Fuente: Elaboración propia

Revisión Sistemática

Las investigaciones fueron trabajadas por separado, para ello se dividió ambos contaminantes, los cuales han sido procesados mediante la tablas de newcastle – ottwa conjuntamente con estadística descriptiva para este análisis se procesó los datos de la concentración inicial y finales de plomo y cadmio los cuales están expresados y han sido procesados en ppm, así mismo se evidencio que las concentraciones finales presentaron un valor menor a comparación de las concentraciones iniciales (sin previo tratamiento), el cual se obtuvo el porcentaje de remoción evidenciando la efectividad mayores al 50% de cada tratamiento.

Tabla 7. Estudio de fitorremediación en efectividad de remoción mayor al 50% cadmio

TIPO DE PLANTA	AUTORES	CONCENTRACIÓN INICIAL / ppm	CONCENTRACIÓN FINAL / ppm	REMOCIÓN %
Girasol	Kotschau & Buchel (2013)	23.8	6.22	73.86
Girasol	Priti & lyoti, (2020)	158.29	78.4	50.47
Girasol	Yu, et al., (2022)	125.8	5.9	95.31
Girasol	Saadia & Asharaf (2013)	131	44.83	96.63
Girasol	Khalid et al., (2018)	20	9.1	54.50
Girasol	Eswara et al., (2019)	27.81	4.2	84.89
Girasol	Xu et al., (2021)	73	21.3	70.82
Girasol	Hongfei et al., (2021)	35	14.4	58.85
Girasol	Bolaños et al., (2021)	15.2	2.5	83.55

Girasol	Cornu et al., (2020)	100	0.5	99.50
Girasol	Saidi et al., (2021)	100	2	98.00
Girasol	Hossein & Aghilizefreei (2020)	132.7	48.8	63.22
Girasol	Grandez (2017)	23.7	9.9	58.22
Cacao	Castablanco (2018)	153.4	75	51.10
Girasol	Nuñez (2022)	26.3	0.53	97.98
Girasol	Chinchay &Chamarro (2020)	6.76	0.28	95.85
Girasol	Guartatanga & Siguencia (2019)	332.26	53.7	83.83
Girasol	Ramírez et al., (2019)	214.5	75	65.03

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, mostro el porcentaje de remoción mayor al 50 % de fitorremediación de girasol en suelos contaminados, para llegar a estos resultados, de los 28 autores se descartaron 11 ya que su porcentaje de remoción eran menores al 50 %.

Por lo tanto, con el análisis estadístico se trabajó con concentraciones iniciales y concentraciones finales en el cual para hallar la remoción se aplicó la siguiente formula, concentración inicial menos concentración final sobre concentración inicial por cien, llegando de esta manera a los resultados obtenidos.

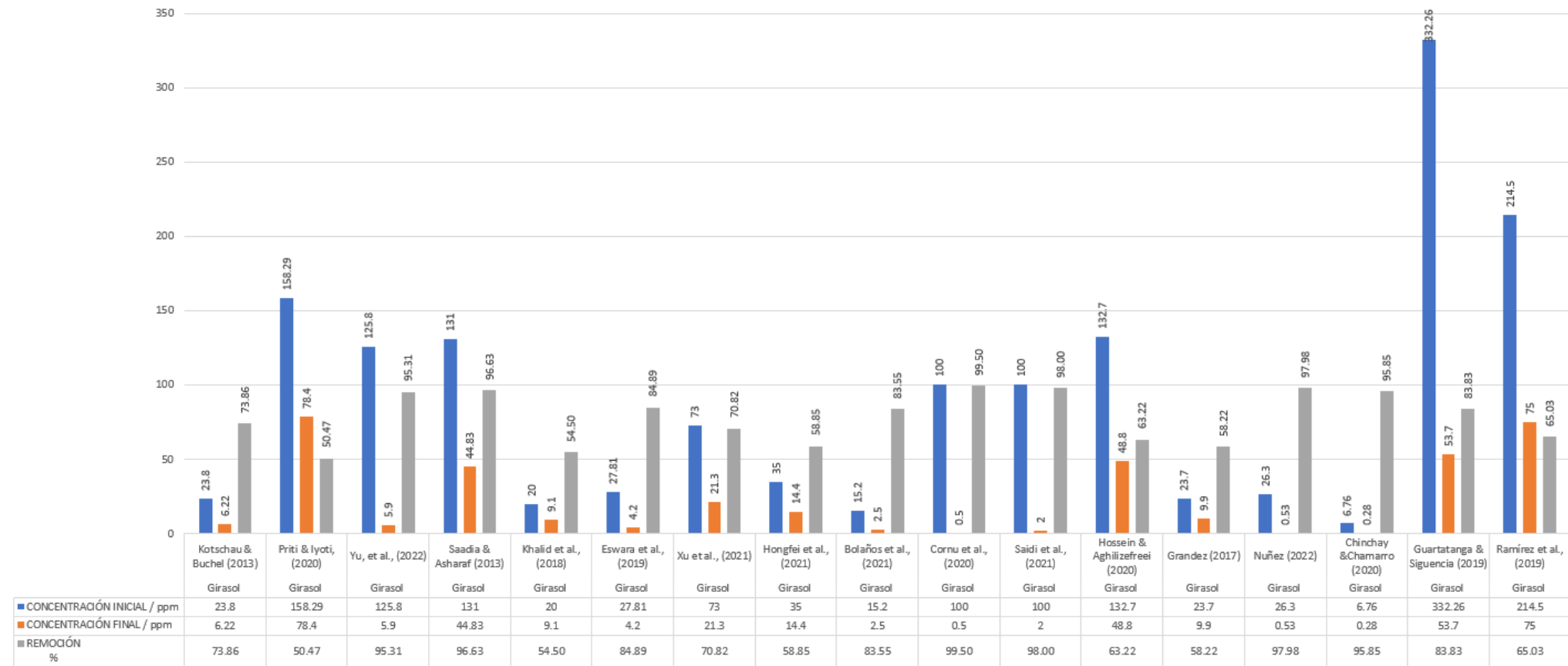


Figura 4. Análisis estadístico, recopilación de resultados de autores donde se evidencio sus concentraciones iniciales y finales, para hallar el porcentaje de remoción en cadmio.

En la figura 4, se mostró altas concentraciones iniciales de cadmio en el suelo, El estudio de Guartatanga & Siguencia (2019) tuvo como inicio una concentración de 332.26 ppm y una final después del proceso de fitorremediación con el *helianthus annuus* de 53.7ppm dando como resultado una remoción de 83.83 % de efectividad.

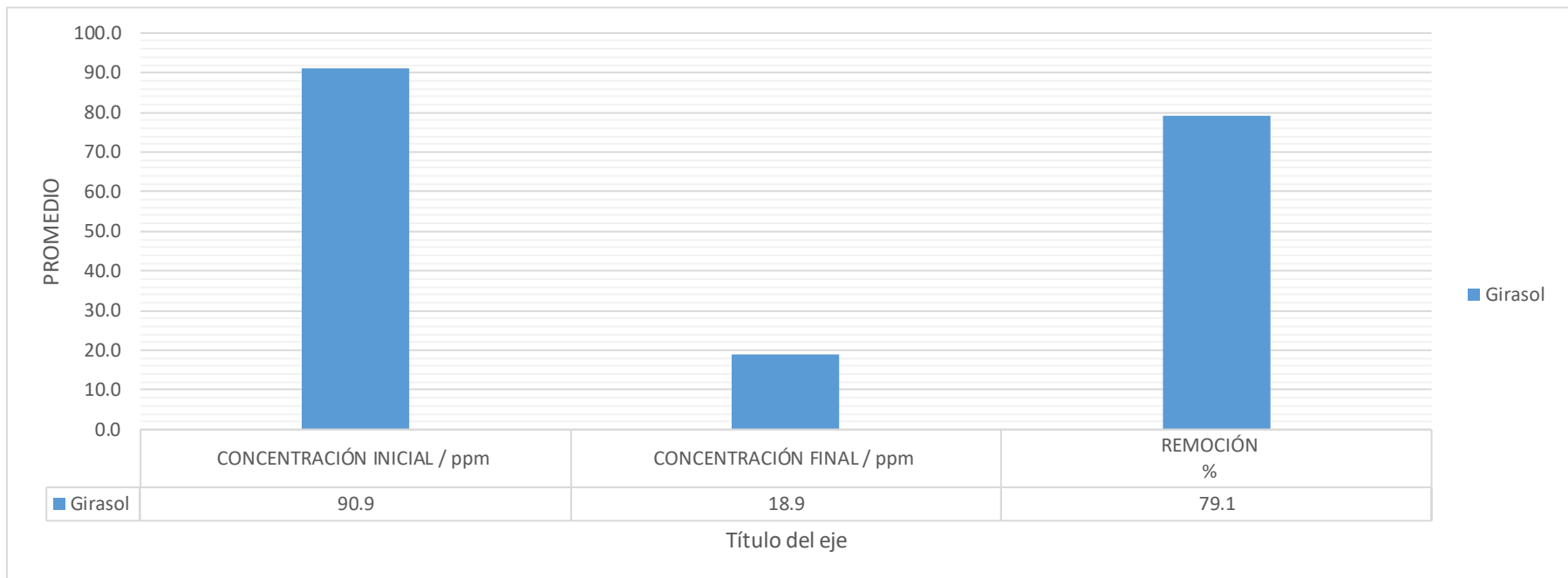


Figura 5. Se visualiza el grafico de barras pertenecientes a los 17 autores, se realizó el promedio de concentración inicial y final incluyendo la remoción donde se evidencia que la fitorremediación con girasol tiene un promedio de 79.09 en remediar el suelo de contaminantes como el cd.

Con respecto a la figura 5, podemos observar que el girasol tiene un promedio de remediación alto el cual su efectividad alcanza un 79.09 de promedio, de esta manera damos por hecho que el girasol es una planta de alta absorción que descontamina el suelo de contaminantes como el cadmio.

Tabla 8. Estudio de fitorremediación en efectividad de remoción mayor al 50% plomo

TIPO DE PLANTA	AUTORES	CONCENTRACIÓN INICIAL / ppm	CONCENTRACIÓN FINAL / ppm	REMOCIÓN %
Girasol	Kotschau & Buchel (2013)	15.9	6.39	59.81
Girasol	Priti & lyoti, (2020)	0.62	0.11	82.25
Girasol	Yu, et al., (2022)	10.9	4.7	56.88
Girasol	Saadia & Asharaf (2013)	447.7	66.36	85.17
Girasol	Reddy et al., (2020)	500	4.7	99.06
Girasol	Khalid et al., (2018)	200	7.6	96.2
Girasol	Eswara et al., (2019)	37.39	6.2	83.41
Girasol	Moslehi et al., (2018)	200	25	87.5
Girasol	Georgios et al., (2022)	34	12	64.7

Girasol	Hussein & Aghilizefreei (2020)	118.8	40.2	66.16
Girasol	Afsheen et al., (2020)	8.5	1.3	84.7
Girasol	Mojdehi et al., (2021)	30	4	86.66
Girasol	Shazia & Shazia (2017)	27	13	51.85
Girasol	Li et al., (2015)	45	21	53.33
Girasol	Azabache et al., (2021)	8.75	51.5	78.35
Girasol	Armas & Ramírez (2020)	25.6	0.71	97.22
Girasol	Febres (2019)	70	23.75	67.5
Girasol	Nuñez (2022)	15.75	0.92	94.15
Girasol	Peña & Beltran (2018)	178	54.5	69.38
Girasol	Beltran & Gomez (2016)	200	60	70
Girasol	Chinchay &Chamarro (2020)	208.24	11.33	94.55

Girasol	Covarrubias & Peña (2016)	400	0.01	99.99
Girasol	Guartatanga & Siguencia (2019)	203.36	47.9	76.44
Girasol	Cabrera (2018)	344.82	98	71.57

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 mostro el porcentaje de remoción mayor al 50 % de fitorremediación del girasol en suelos contaminados, para llegar a estos resultados, de los 34 autores se descartaron 10 ya que su porcentaje de remoción eran menores al 50 %.

Por lo tanto, con el análisis estadístico se trabajó con concentraciones iniciales y concentraciones finales en el cual para hallar la remoción se aplicó la siguiente formula, concentración inicial menos concentración final sobre concentración inicial por cien, llegando de esta manera a los resultados obtenidos.

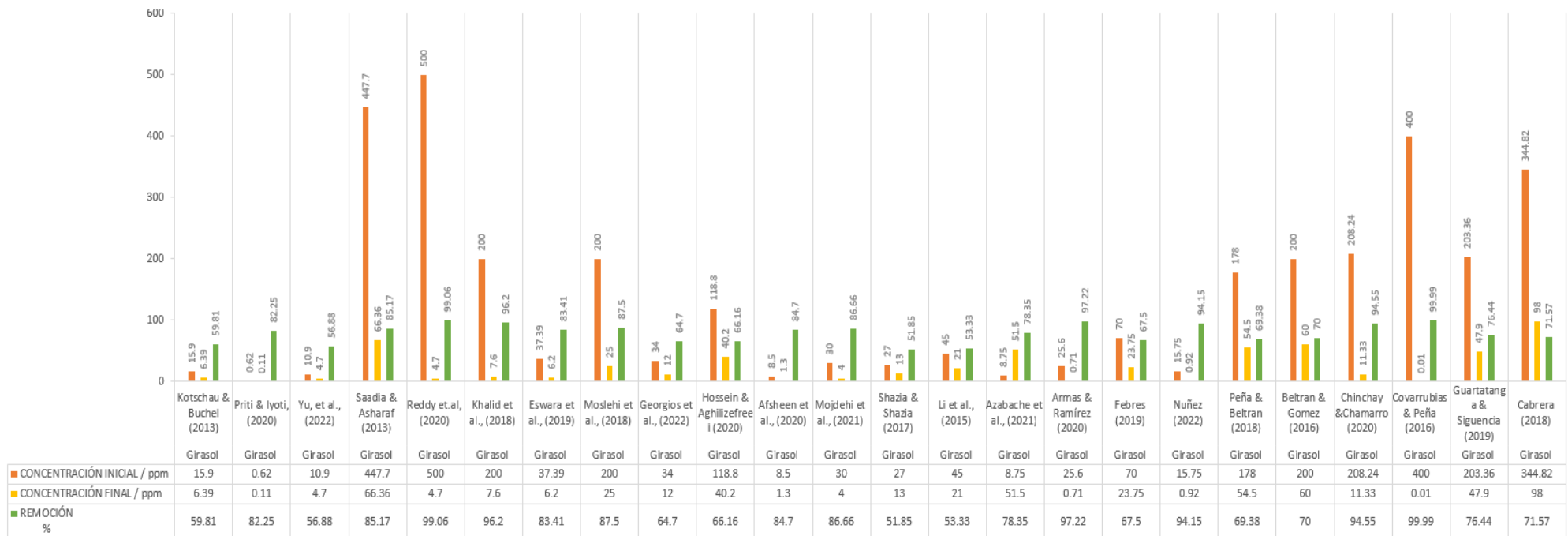


Figura 6. Análisis estadístico, recopilación de resultados de autores donde se evidencio sus concentraciones iniciales y finales, para hallar el porcentaje de remoción en plomo.

Con respecto a la figura 6, se mostró altas concentraciones iniciales de cadmio en el suelo, El estudio de Reddy et al., (2020) tuvo como inicio una concentración de 500 ppm y una final después del proceso de fitorremediación con el *helianthus annuus* de 4.7ppm dando como resultado una remoción de 99.06 % de efectividad.

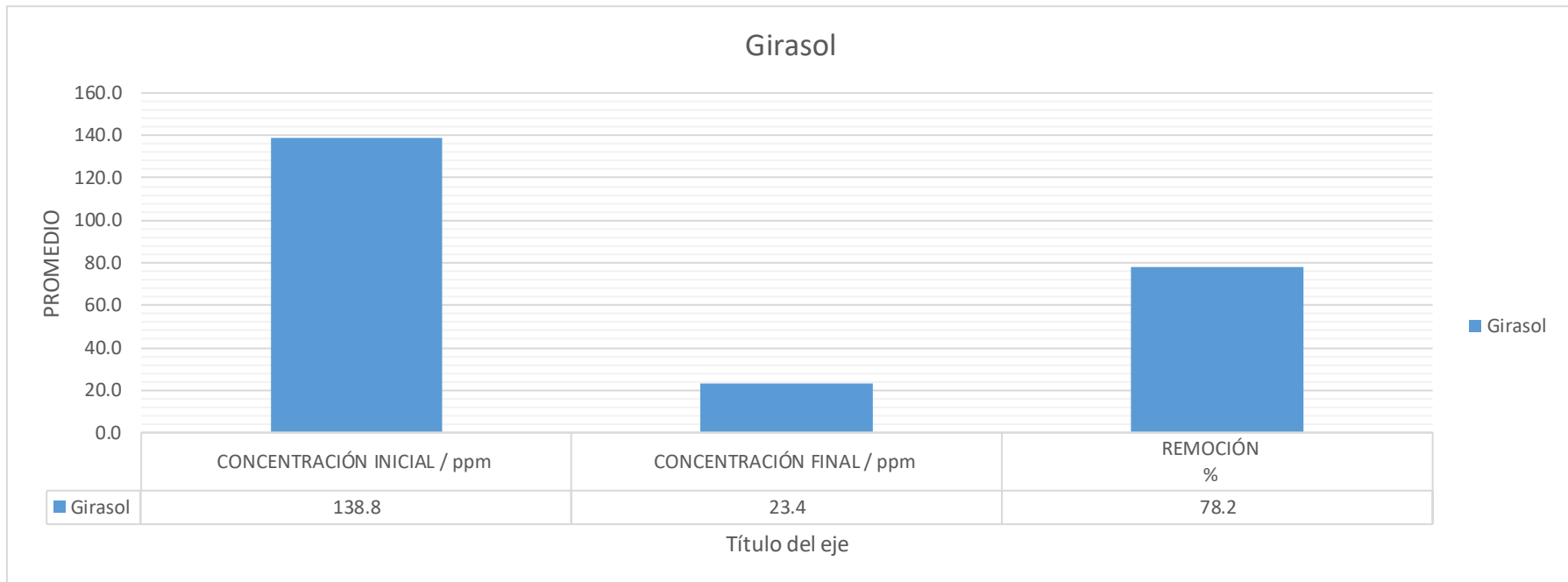


Figura 7. Se visualiza el grafico de barras pertenecientes a los 24 autores, se realizó el promedio de concentración inicial y final incluyendo la remoción donde se evidencia que la fitorremediación con girasol tiene un promedio de 78.2 en remediar el suelo de contaminantes como el cd.

Con respecto a la figura 7, podemos observar que el girasol tiene un promedio de remediación alto el cual su efectividad alcanza un 78.2 de promedio, de esta manera damos por hecho que el girasol es una planta de alta absorción que descontamina el suelo de contaminantes como el plomo.

V. DISCUSIÓN

En todas las investigaciones incluidas, se sistematizó la eficiencia del uso del girasol para la fitorremediación en los suelos contaminados por plomo y cadmio dando como resultado que en cadmio la eficiencia es de un 83.83 % y la del plomo fue de un 99.06%.

De esta manera en referencia al plomo, la fitorremediación se evidenció en la investigación de Kotschau & Buchel (2013), Priti & Iyoti (2020), Yu et al., (2022), Saadia & Asharaf (2013), Gaggero et al., (2020), Reddy et al., (2020), Eswara et al., (2019), cuyas concentraciones iniciales sobrepasan los límites máximos permisibles, siendo estos 10 ppm, 25 ppm llegando así hasta los 100 ppm por metro de suelo, logrando obtener mediante un proceso de fitorremediación de plomo en un 89%. A diferencia de los resultados obtenidos por Chirakkara & Reddy (2015), Moslehi et al., (2018), Xu et al., (2021), Hongfei et al., (2021). Con respecto al cadmio, la mayor fitorremediación se evidenció en la investigación de Chirakkara & Reddy (2014), Gaggero et al., (2020), Xu et al., (2021), Moslehi et al., (2018), Bolaños et al., (2021), Cornu et al., (2020), Shazia & Shazia (2017), presentando una presencia de cadmio inicial de 20 ppm a 50 ppm por metro de suelo, así mismo los autores mencionan que tras la fitorremediación con el girasol este redujo la cantidad de cadmio disponible en el suelo en un 97%.

En los estudios mencionados anteriormente se logró evidenciar la eficiencia de fitorremediación del plomo y el cadmio con diferentes autores recopilados, en caso del plomo fue de 89% y del cadmio un 97%, indicando que el girasol tiene mayor eficiencia de fitorremediar contaminantes como el cadmio. Con respecto a la dosificación y/o concentración se evidenció que el girasol en etapa adulta es más resistente y es capaz de fitorremediar el plomo y cadmio en el tallo, debido a que acumula estos metales pesados en sus tejidos internos.

Así mismo lo mencionado se evidenció en las investigaciones realizadas por diversos autores recopilados en la presente investigación tales como: Kotschau & Buchel (2013), el cual logró una disminución de 6,39 ppm de cadmio y 6,22 ppm de

plomo, así mismo se determinó el girasol en etapa adulta, acumulo los metales pesados en el tallo. Saadia & Asharaf (2013), los cuales evaluaron a la *Helianthus annuus*, en etapa adulta, bioacumulo un 47% de metales pesados en su tallo con respecto al suelo, Eswara et al., (2019) hubo una disminución de 27,81ppm de cadmio y 37,39 ppm de plomo en el suelo y una absorción por parte del girasol en etapa adulta de un 4,2 ppm para el cadmio y un 6,2ppm de plomo. Chirakkara & Reddy (2014) el girasol, absorbió un 66% de plomo extraído del tallo del girasol en etapa adulta, con respecto al suelo este disminuyo de 200 mg/kg a 102 mg/kg, Gaggero et al., (2020), se usó el maíz, la lechuga y el girasol fueron los tratamientos que presentaron una mayor absorción de estos metales disminuyendo en 0,21 ppm para el cadmio y 34,4 ppm para el plomo. Moslehi et al (2018), una disminución de plomo en 1 ppm y el cadmio en un 26 ppm. Hongfei et al., (2021) la adición de los ácidos disminuye la movilización del cadmio, permitiendo la adsorción y acumulación en el tallo del girasol. Bolaños et al (2021) el girasol, fue la especie que adsorbió más, siendo esta 2,5 ppm, a diferencia de los otros tratamientos.

A partir la dosificación y/o concentración se evidencio que el uso de enmiendas orgánicas como abono y fertilizantes aplicados en la pre aplicación del cultivo del girasol en etapa adulta, permitió fortalecer al cultivo, logrando así que el girasol sea más resistente y es capaz de fitorremediar el plomo y cadmio en el tallo acumulándolo en sus tejidos internos, lo mencionado se evidencio en las investigaciones realizadas por diversos autores recopilados en la presente investigación.

Asimismo, Cornu et al., (2020) el uso del cultivo es muy eficiente para la Fito extracción de cadmio, disminuyendo de 100 ppm a 0,5 ppm en 18 días. Saidi et al., (2021) evidencio un cambio en el comportamiento de crecimiento del girasol, pero así mismo se determinó disminuyo más cadmio, Afsheen et al., (2020) en su investigación recomienda usar intensificadores para la mejora de la absorción de metales pesados. Motior et al., (2013) se determinó que la enmienda orgánica más el uso del girasol es la mejor especie para Fitoextracción de estos metales pesados. Grandez (2017) hace mención que el uso del tratamiento de maíz y girasol más abono en el suelo, son los más eficientes, para la fitoextracción de plomo y cadmio.

A diferencia que Winska et al., (2015) determinó que el uso de las enmiendas orgánicas utilizadas en este estudio no afectó la intensidad de la fotosíntesis, pero se observó una disminución en la transpiración y el contenido relativo de agua y por ende reduce la fitoextracción de los metales pesados. De igual manera lo evidencia Peña & Beltran (2018) y Beltran & Gomez (2016) en su investigación, en la cual menciona que el uso de girasol por su cuenta extrae mayor cantidad de plomo y cadmio. Papui (2018) hace mención que el cultivo de girasol, tiene que actuar solo. Ka-ot & Joshi (2021) hace mención que, en vez de usar abonos para fortificar el suelo, se debe agregar sustancias bacterianas más el cultivo, para así inmovilizar a los metales pesados presente en el suelo.

Indicándonos que las causas de contaminación, se evidencio que de los 45 estudios incluidos 32 de ellos son producidos a la industria minera, la cual impacta a los suelos orgánicos en un 90 % destinados para el uso de cultivos y un 10% a suelos urbanos e industriales, lo mencionado se logra evidenciar en las investigaciones de Moslehi et al., (2018), el cual hace mención que suelo presentaba 30 ppm de plomo y 4 ppm de cadmio. Saidi et al., (2021) aplico el tratamiento de fitorremediación mediante el uso de girasoles, para ello evaluó la concentración inicial de plomo y cadmio, siendo esta 453 ppm y 12 ppm respectivamente, pero debido a la alta concentración, se dificultaba la siembra de cualquier cultivo. Hossein & Aghilizefreei (2020), el suelo orgánico era destinado para cultivos, pero debido a la contaminación generada por las industrias mineras, presentado 132,7 ppm de cadmio y 118,8 ppm de plomo. Afsheen et al., (2020), la concentración de plomo inicial fue de 8,5ppm, tras los 3 meses en los que el girasol se desarrolló, se realizó el análisis de la concentración final en el suelo determinándose que la concentración de plomo fue 1,3 ppm.

Con respecto a las técnicas y métodos de fitorremediación, el 57% corresponde a la capacidad fitoextractora del girasol y el 43% al potencial de fitorremediar directamente al suelo, disminuyendo la presencia de plomo y cadmio, lo mencionado anteriormente se investiga en los estudios realizados por Reddy et al., (2020), el cual estudio la fitoextracción de metales pesados como plomo y cadmio en el suelo destinado para cultivo, mediante el uso del girasol, el cual extrajo los metales pesados en el tallo.

Así mismo Gaggero et al., (2020), determino que mediante la fitoextracción de la concentración disminuyó de 312 ppm a 34,4 ppm de plomo. Hossein & Aghilizefreei (2020), en su investigación evaluó la eficiencia de fitoextracción por parte de los girasoles disminuyendo de 118,8 ppm a 40,2 ppm. Así mismo Shazia & Shazia (2017), el cual menciona que el uso de girasol para extraer plomo y cadmio del suelo, es un método eficiente, ecoamigable y de fácil acceso. A diferencia de Papui (2018) y Chuptaya & Molina (2021), los cuales indican que el girasol no fitoextrae, sino fitorremedia los suelos. Khalid et al., (2018), Eswara et al., (2019) y Chirakkara & Reddy (2015), reportan que la fitorremediación es capaz de realizarse por cualquier especie, no solo por el girasol.

Finalmente, la utilización del *helianthus annuus* como método de fitorremediador en suelos contaminado de cadmio y plomo la efectividad depende de la etapa en la cual se encuentre el girasol ya que al estar en la etapa adulta tiene una mayor probabilidad de adsorción y eficiencia ante un suelo contaminado.

VI. CONCLUSIONES

En los estudios se mostraron que la capacidad de fitorremediadora del girasol oscila entre un 83% a 97% con respecto al plomo y cadmio presente en los suelos contaminados respectivamente.

Los análisis de las investigaciones incluidas en la revisión sistemática, evidenciaron que la dosificación adecuada para la fitorremediación de plomo y cadmio en los suelos, es usar el girasol en diferentes etapas de preferencia en etapa adulta y la adición de enmiendas orgánicas.

Se determinó que las causas de contaminación de suelos por plomo y cadmio, de los 42 estudios incluidos se debe a la industria minera, la cual impacta a los suelos orgánicos en un 90 % destinados para el uso de cultivos y un 10% a suelos urbanos e industriales.

Con respecto a las técnicas de fitorremediación, se determina que el 57% corresponde a la capacidad fitoextractora del girasol y el 43% al potencial de fitorremediar directamente al suelo, disminuyendo la presencia de plomo y cadmio.

VII. RECOMENDACIONES

- Recopilar investigaciones en medios acuáticos, para determinar la eficiencia de fitorremediación mediante el uso de los girasoles.
- Realizar investigaciones enfocadas en otros suelos contaminados con metales pesados.
- Recopilar más investigaciones en bases de datos como SCOPUS o WEB SCIENCE, con la finalidad de ampliar las investigaciones de revisión sistemática.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ-RISCO, Aldo. Clasificación de las Investigaciones. 2020.
- AQUINO MALLMA, Karen Karol; CHECCORI VARGAS, Carla Milagros. Revisión sistemática técnicas de remediación para suelos contaminados por metales pesados. 2021.
- ARÁOZ, Raúl; PINTO, Bismarck. Criterios de validez de una investigación cualitativa: tres vertientes epistemológicas para un mismo propósito. Summa Psicológica UST, 2021, vol. 18, no 1, p. 7.
- ARENAZA FABABA, Sergio. Aplicación de Vermicompost para la remediación de suelos contaminados por metales pesados: Revisión Sistemática. 2021.
- ARIAS GONZÁLES, José Luis; COVINOS GALLARDO, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación. 2021.
- ARISPE, C., et al. La investigación científica una aproximación para los estudios de posgrado (Vol. 148). Universidad Internacional del Ecuador. 2020.
- ARMAS, Sony; Ramirez, Diana; Aplicación de compost, para la absorción de metales pesados usando girasol (*Helianthus annuus L.*) en suelos procedentes del distrito de Irazola, Perú.
- ARROYO MARAVI, Alessandra Kelly; PALACIOS GUTIERREZ, Patricia Rosa. Revisión Sistemática: Métodos de remediación biológica de metales pesados para la remediación de suelos contaminados. 2020.
- AZABACHE, A., et al. Enmiendas orgánicas y fitorremediación de cadmio y plomo por lechuga (*lactuca sativa L.*) en un suelo agrícola contaminado. 2021.
- AZUERO, Ángel Enrique Azuero. Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 2019, vol. 4, no 8, p. 110-127.
- CASASEMPERE-SATORRES, Antoni; VERCHER-FERRÁNDIZ, María Luisa. Análisis documental bibliográfico. Obteniendo el máximo rendimiento a la revisión de la literatura en investigaciones cualitativas. New Trends in Qualitative Research, 2020, vol. 4, p. 247-257.
- CHIVIRÍ, Juan; DELGADO, Santiago. 1. Introducción a la biorremediación microbiana en Colombia. Libros Universidad Nacional Abierta ya Distancia, 2020, p. 10-30.

- COTA-RUIZ, Keni, et al. Biorremediación: Actualidad de conceptos y aplicaciones. Biotecnia, 2019, vol. 21, no 1, p. 37-44.
- DE LUCIO-FLORES, Sharon Alethia, et al. Hongos macroscópicos como bioacumuladores de metales pesados. Páidi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 2021, vol. 8, no 16, p. 60-65.
- ESTEBAN NIETO, Nicomedes. Tipos de investigación. 2018.
- HINCAPIÉ GUERRA, Alexandra, et al. Evaluación de la reducción del cromo total en muestras de suelos aledaños al Río Cauca por medio de un proceso químico y biológico. 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad El Bosque.
- HIRSCH ADLER, Ana; NAVIA ANTEZANA, Cecilia. Ética de la investigación y formadores de docentes. Revista electrónica de investigación educativa, 2018, vol. 20, no 3, p. 1-10.
- IGUA CORTÉS, Sandra Catalina, et al. Propuesta para el mejoramiento del recurso hídrico en el sector1 del Parque Ecológico Distrital de Humedal El Burro, Bogota DC.
- JARA MEDINA, Julio Enrique, et al. Desarrollo de una metodología de recuperación de suelos altamente contaminados con metales pesados utilizando remediación fisicoquímica y fitorremediación. 2018. Tesis Doctoral. Universidad Andrés Bello.
- MELGAREJO ESTACIO, Jessica Milagros. Fitoextracción en suelos contaminados con níquel por la especie Raphanus sativus L. 2021.
- PABÓN, S. E., et al. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. Entre Ciencia e Ingeniería, 2020, vol. 14, no 27, p. 9-18.
- PÉREZ, R. M., Sulca Quispe, I. J. (2021). Revisión Sistemática de la Identificación de Especies Vegetales con Potencial de Remediación (Fitorremediación) de Suelos Contaminados por Metales Pesados, 2021.
- PONCE CAJAVILCA, Karinna Milagros; ARENAS HERRERA, Gabriela Estela. Análisis de los métodos de tratamientos biológicos en procesos mineros para la gestión de aguas residuales y relaves. 2021.
- RENTERÍA, Isaías Balderas; SOLIS, Ángel Gabriel Alpuche. Sistemas biológicos para la remediación de ambientes contaminados con metales pesados. Sustentabilidad ambiental, p. 113.

RIOPEDRE-GALÁN, Thaylin, et al. Relación entre los metales pesados y los hongos formadores de micorrizas arbusculares. *Cultivos Tropicales*, 2021, vol. 42, no 4.

SANTANA-FLORES, Amairani, et al. Aislamiento e identificación de bacterias tolerantes y bioacumuladoras de metales pesados, obtenidas de los jales mineros El Fraile, México. *Terra Latinoamericana*, 2020, vol. 38, no 1, p. 67-75.

TEJADA-TOVAR, Candelaria; VILLABONA-ORTIZ, Ángel; GARCÉS-JARABA, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnológicas*, 2015, vol. 18, no 34, p. 109-123.

TORRES, Y., Rojas- A. G., Salas-Contreras, W. H., & Hinojosa-Benavides, R. A. (2021). Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados. *Scientific Research Journal CIDI*, 1(1), 25-36.

VEGA JARA, Liliana. Efecto de métodos físico-químicos y biológicos en el contenido de cadmio en plantas de pimiento (*Capsicum Annuum*) y cacao orgánico (*Theobroma Cacao L.*) en suelos contaminados con metales pesados. 2020.

VULLO, Diana L. Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. *Química Viva*, 2003, vol. 2, no 3, p. 93-104.

ANEXOS



SOLICITUD: Validación de
instrumento de recojo de información.

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Dr. Cecilia Libia Cermeño Castromonte

Nosotros, Rodrigo Alexander Alva Vela, DNI N°: 72937821 y Claudia Sara Ramírez Buiza con DNI N°: 75450305 alumnos(as) de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y ponemos de manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: “Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos”, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumentos
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de

variables, Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 7 de junio de 2022

Rodrigo Alexander Alva Vela

NOMBRES Y APELLIDOS
FIRMA

Claudia Sara Ramírez Buiza

NOMBRES Y APELLIDOS
FIRMA

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 1: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LA EVALUACION DE METALES PESADOS			
Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos		Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara	Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Metales pesados	Origen o ubicación	Concentración en suelo	Referencia bibliográfica
<i>cobre (Cu)</i>			
<i>zinc (Zn)</i>			
<i>plomo (Pb)</i>			
<i>arsénico (As)</i>			
<i>cadmio (Cd)</i>			
<i>mercurio (Hg)</i>			
<i>níquel (Ni)</i>			
<i>cromo (Cr)</i>			

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cecilia Libia Cermeño Castromonte.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus Lima Este.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tipos de Pseudomona para la remoción de hidrocarburos.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino, Erik Jesús.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

88.75



Nombre y Apellido Julio Richard Diaz Zegarra
 DNI: 29592696
 Lima, 2 de julio del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 2: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LOS AGENTES REMEDIADORES

Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos		Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara		Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Método de biorremediación	Forma de remediación	Especie empleada	Eficiencia	Referencia bibliográfica
<i>Fitorremediación</i>				
<i>Microrremediación</i>				
<i>Enzimática</i>				

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cecilia Lúbia Cermeño Castromonte.
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
 1.6. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones operacionales de crecimiento.
 1.4. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.														
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.														
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

73



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 2: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LOS AGENTES REMEDIADORES

Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos		Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara		Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Método de biorremediación	Forma de remediación	Especie empleada	Eficiencia	Referencia bibliográfica
<i>Fitorremediación</i>				
<i>Microrremediación</i>				
<i>Enzimática</i>				

i. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cecilia Libia Cermeño Castromonte.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90



Nombre y Apellido: Julio Richard Diaz Zegarra
 DNI: 29592696
 Lima, 2 de julio del 202

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 2: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LOS AGENTES REMEDIADORES

Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos		Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara		Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Método de biorremediación	Forma de remediación	Especie empleada	Eficiencia	Referencia bibliográfica
<i>Fitorremediación</i>				
<i>Microrremediación</i>				
<i>Enzimática</i>				

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cecilia Libia Cermeño Castromonte.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus Lima Este.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tipos de Pseudomona para la remoción de hidrocarburos.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino, Erik Jesús.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización logica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

88.00

Nombre y Apellido: Osler Panduro Flores
 DNI: 09915172
 Lima, 8 de julio del 2022



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 2: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LOS AGENTES REMEDIADORES				
Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos			Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara	Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Método de biorremediación	Forma de remediación	Especie empleada	Eficiencia	Referencia bibliográfica
<i>Fitorremediación</i>				
<i>Microrremediación</i>				
<i>Enzimática</i>				

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cecilia Libia Cermeño Castromonte.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
- 1.6. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones operacionales de crecimiento.
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APPLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

87.3



Nombre y Apellido: Osler Panduro Flores
 DNI: 09915172
 Lima, 8 de julio del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 2: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LOS AGENTES REMEDIADORES				
Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos			Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara	Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Método de biorremediación	Forma de remediación	Especie empleada	Eficiencia	Referencia bibliográfica
<i>Fitorremediación</i>				
<i>Microrremediación</i>				
<i>Enzimática</i>				

i. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cecilia Libia Cermeño Castromonte.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quipe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

88.00



Nombre y Apellido: Osler Panduro Flores
 DNI: 09915172
 Lima, 8 de julio del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 2: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LOS AGENTES REMEDIADORES

Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos		Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara		Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Método de biorremediación	Forma de remediación	Especie empleada	Eficiencia	Referencia bibliográfica
<i>Fitorremediación</i>				
<i>Microrremediación</i>				
<i>Enzimática</i>				

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cecilia Libia Cermeño Castromonte.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus Lima Este.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tipos de Pseudomona para la remoción de hidrocarburos.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino, Erik Jesús.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

88.75



Nombre y Apellido: Katya Alexandra Ríos Pashanaste
 DNI: 72717517
 Lima, 2 de julio del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 2: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LOS AGENTES REMEDIADORES

Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos		Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara		Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Método de biorremediación	Forma de remediación	Especie empleada	Eficiencia	Referencia bibliográfica
<i>Fitorremediación</i>				
<i>Microremediación</i>				
<i>Enzimática</i>				

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cecilia Libia Cermeño Castromonte.
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
 1.6. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones operacionales de crecimiento.
 1.4. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 2: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LOS AGENTES REMEDIADORES

Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos		Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara		Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Método de biorremediación	Forma de remediación	Especie empleada	Eficiencia	Referencia bibliográfica
<i>Fitorremediación</i>				
<i>Microrremediación</i>				
<i>Enzimática</i>				

i. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Cecilia Libia Cermeño Castromonte.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90



Nombre y Apellido: Katya Alexandra Ríos Pashanaste
 DNI: 72717517
 Lima, 2 de julio del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

INSTRUMENTO N° 2: RECOLECIÓN DE DATOS PARA LOS AGENTES REMEDIADORES				
Título: Revisión sistemática de métodos biológicos para la remoción de metales pesados en suelos limosos		Autores: Alva Vela Rodrigo Alexander Ramírez Buiza Claudia Sara		Asesora: Dr. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia
Método de biorremediación	Forma de remediación	Especie empleada	Eficiencia	Referencia bibliográfica
<i>Fitorremediación</i>				
<i>Microrremediación</i>				
<i>Enzimática</i>				



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MUNIVE CERRON RUBEN VICTOR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Fitorremediación en suelos contaminados de plomo y cadmio utilizando el girasol (*Helianthus annuus*): Revisión sistemática.", cuyos autores son ALVA VELA RODRIGO ALEXANDER, RAMIREZ BUIZA CLAUDIA SARA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 6%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

Hemos revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

SAN JUAN DE LURIGANCHO, 19 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MUNIVE CERRON RUBEN VICTOR : 19889810 ORCID: 0000-0001-8951-2499	Firmado electrónicamente por: RMUNIVEC el 19-12- 2022 14:53:10

Código documento Trilce: INV - 1150333