



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

Revisión sistemática: Especies Vegetales en la fitorremediación de
suelos contaminados por metales pesados.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORES:

Paredes Campos, Paola Dolores Sabrina (ORCID: 0000-0002-0729-3673)

Rodríguez Rojas, Joselin Josbel (ORCID: 0000-0003-3752-1945)

ASESOR:

Mg. Garzón Flores, Alcides (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de recursos naturales

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por darme la vida, la sabiduría, el conocimiento y la fuerza, por ser un guía en mi camino.

A mis padres y a mi hijo Thiago David por su apoyo incondicional y su motivación los cuales hicieron posible mi formación académica

Paola Paredes C.

Dedicatoria

En primer lugar a Dios por guiarme en el camino de mi formación académica.

A mi madre y a mi familia por brindarme su apoyo durante estos años para poder culminar mi carrera profesional a pesar de todos los momentos difíciles que pasamos, siempre me motivaron para continuar adelante.

Joselin Rodríguez R.

Agradecimiento

A mis docentes y asesores por su comprensión y aporte de conocimientos y experiencias para la realización de este proyecto.

A nuestra casa de estudios La Universidad Cesar Vallejo por brindarnos el soporte necesario para desarrollarnos intelectual y humanamente para ser buenos ciudadanos.

Paola Paredes C.

Agradecimiento

Agradecer a Dios por iluminar mi camino, a mi mamá y a mi familia por transmitirme el ejemplo de perseverancia y humildad. De igual manera, un agradecimiento a todos mis docentes por sus enseñanzas, consejos y conocimientos brindados durante mi vida universitaria, para poder ser un profesional ético con conciencia ambiental.

Joselin Rodríguez R.

Índice de contenido

Carátula.....	i
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Tabla de contenido.....	v
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Anexosviii
Índice de abreviaturas	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. MÉTODO.....	12
3.1 Tipo y diseño de investigación	13
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	13
3.3 Escenario de estudio.....	14
3.4 Participantes	14
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.6 Procedimientos	15
3.7. Rigor Científico	17
3.8. Métodos de análisis de información	18
3.9. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
V. CONCLUSIONES	45
VI. RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS.....	49
ANEXOS	59

Índice de Tablas

Tabla 1 Matriz de categorización apriorística	13
Tabla 2 Investigaciones realizadas en el mundo durante los últimos 10 años empleando diversas técnicas de fitorremediación	21
Tabla 3 Tipos de especies vegetales empleadas en la fitorremediación de suelos	34

Índice de figuras

Figura 1. Procesos de fitorremediación, Pilon-Smtis, 2005	11
Figura 2. Esquema de procedimiento de la búsqueda de la fitorremediación ..	17
<i>Figura 3.</i> Investigaciones por país que empelo la fitorremediación para tratar suelos contaminados con metales pesados.	32
Figura 1. Técnicas de fitorremediación más empleadas en los estudios consultados.....	33
Figura 2. Numero de investigaciones por tipo de planta empleada en el proceso de fitorremediación.	35

Índice de Anexos

Anexo N° 1 Ficha de análisis de datos	60
Anexo N° 2 Ficha de recolección de datos	62

Índice de abreviaturas

EDTA: Acido etilendiaminotetaacético	46
Fi: Frecuencia Relativa.	45
MO: Materia Orgánica.....	58
Ph: Potencial Hidrogeno	42
Ppm: Partes por millón.....	20

Resumen

En la presente investigación se realizó un trabajo de revisión sistemática con el objetivo de determinar cuáles son las especies vegetales con mayor capacidad de fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados, La metodología usada consiste en la revisión de trabajos de investigación usando palabras clave de búsqueda en las bases de datos en Google Académico, Worldwidescience, ProQuest y ScienceDirect que luego de aplicar criterios de análisis se obtuvieron 40 artículos para el presente estudio. Teniendo como resultados que las especies arbóreas como la *Acacia Saligna*, son favorables para remediar suelos con cromo y las especies arbustivas como *Cistus L.* mostraron tener buenos resultados en la captación de metales como arsénico, zinc y plomo, también se encontró que las hortalizas como el *Allium fistulosum* y *Origanum* acumulaban plomo, siendo favorables para proyectos de fitorremediación de suelos con concentraciones bajas de contaminantes y a corto plazo; debido a su rápido desarrollo vegetativo. Y dentro de las especies herbáceas como *Helianthus annuus*, presentan una mejor alternativa para proyectos de fitorremediación mediante técnicas de fitoextracción por su fácil manejo y versatilidad para remover diversos contaminantes, de bajo requerimiento de nutrientes, sobrevivir a condiciones de sequía y no ser empleadas en alimentación humana. Y que la técnica de fitoextracción es la más empleada para la remoción de metales pesados en suelos contaminados porque permite translocar el contaminante en distintos órganos cosechables de la planta, favoreciendo su extracción y eliminación de la zona afectada. Y las plantas herbáceas como los vegetales que son la mejor alternativa para estos procesos.

Palabras clave: Especies Vegetales, Fitorremediación, Suelos Contaminados, Metales Pesados.

Abstract

In this research, a systematic review work was carried out in order to determine which are the plant species with the greatest capacity for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. The methodology used consists of the review of research works using search keywords in the databases in Google Scholar, Worldwidescience, ProQuest and ScienceDirect that after applying analysis criteria, 40 articles were obtained for the present study. Having as results that tree species such as *Acacia Saligna* are favorable to remedy soils with chromium and shrub species such as *Cistus L.* showed good results in the uptake of metals such as arsenic, zinc and lead, it was also found that vegetables such as *Allium fistulosum* and *Origanum* accumulated lead, being favorable for projects of phytoremediation of soils with low concentrations of pollutants and in the short term; due to its rapid vegetative development. And within the herbaceous species such as *Helianthus annuus*, they present a better alternative for phytoremediation projects using phytoextraction techniques due to their easy handling and versatility to remove various contaminants, with low nutrient requirements, survive drought conditions and not be used in food. human. And that the phytoextraction technique is the most used for the removal of heavy metals in contaminated soils because it allows the pollutant to be translocated in different harvestable organs of the plant, favoring its extraction and elimination from the affected area. And herbaceous plants like vegetables that are the best alternative for these processes.

Keywords: Plant Species, Phytoremediation, Contaminated Soils, Heavy Metals.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se desarrollan diversas actividades económicas para provecho de la humanidad generado beneficio para el crecimiento de diferentes países, sin embargo, estas traen consigo impactos negativos que vienen deteriorando el medio ambiente.

Un impacto negativo en el recurso suelo es la contaminación por metales pesados ya que se da principalmente por la actividad minera donde los metales ni químicamente ni biológicamente son degradables y este tipo de contaminación es generada por causas antropogénicas y naturales donde estos se encuentran no solo en cuerpos receptores (agua, suelo y aire) sino también en el organismo del ser humano provocando distintas enfermedades. (Londoño y Muñoz, 2016, p.47).

En Estados Unidos La Agencia de Protección Ambiental (US EPA) ha identificado como posibles elementos peligrosos a metales como el Ba, Cd, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, Vn, Sn, por considerarse de potencial peligrosidad debe de mantenerse un control de estos. A su vez, cuando estos metales exceden los límites máximos permitidos provocan efectos negativos en las propiedades del suelo (Prieto et al., 2009; citado por Gottfried, 2019, p.2). En tanto, con frecuencia se informa de metales como el cadmio (Cd), el plomo (Pb), el mercurio (Hg) y el arsénico (As), involucrados en casos de contaminación de suelos, estas sustancias tienen la particularidad de no ser degradables, a diferencia de lo que ocurre con los compuestos orgánicos. Además, la capacidad del suelo para retenerlos agrava la situación, provocando que, incluso años después el contaminante persista en el suelo. (Villen, 2020, p. 32).

Por lo tanto, resulta necesario tomar medidas para evitar que los metales pesados ingresen a ambientes terrestres, atmosféricos y acuáticos, y emplear tecnologías que mitiguen la contaminación de los suelos ya afectados. Existe una variedad de enfoques de remediación convencionales que se vienen desarrollando para recuperar suelos contaminados con metales pesados. Las cuales se basan principalmente en técnicas mecánicas o fisicoquímicas, como la incineración de suelos, excavación y vertedero, lavado de suelos, solidificación y aplicación de campos eléctricos. Sin embargo, estos enfoques fisicoquímicos presentan desventajas como el alto costo, ineficiencia cuando los contaminantes

están presentes en concentraciones bajas, y traen cambios irreversibles en las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los suelos, que conducen al deterioro del ecosistema del suelo, con la consecuente introducción de contaminaciones secundarias (Ali et al, 2013, p. 131 ; Dalcorso et al, 2019, p. 14; citado por Yan, 2020, p.3).

Es así, que los niveles de contaminación de los metales pesados y su impacto requieren la ayuda de alternativas amigables con el medio ambiente que reduzcan y mitiguen estos niveles de concentración por metales pesados y otros contaminantes presentes en el suelo. Siendo la fitorremediación una de las técnicas más adecuadas y ventajosas, la cual consiste en el uso de plantas para eliminar contaminantes del suelo mediante la acumulación en el tejido vegetal. (Ferrua, Aimituma, 2019, p.15). Esta técnica de fitorremediación es ampliamente empleada para tratar contaminación con metales, debido a que es una ecotecnología, y se está aplicando en diversos países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos, la fitorremediación presenta diversas ventajas entre las que se puede destacar su menor coste económico, su aproximación más respetuosa con los procesos ecológicos del ecosistema edáfico, y el hecho de ser una tecnología social, estética y ambientalmente más aceptada. Por ello, no es de extrañar que la fitorremediación se contemple cada vez más como una alternativa ambientalmente respetuosa, frente a las técnicas físico-químicas. (Garbisu, Epelde, 2010, p. 57).

Por tanto, la presente investigación busca dar a conocer las principales especies que permitan hacer frente a la contaminación de suelo. Es por ello, que el presente trabajo de revisión, busca recopilar información que permita evidenciar las técnicas y especies vegetales más usadas actualmente dentro del campo experimental para el tratamiento de suelos contaminados por metales pesados. Dicha información sistematizada servirá de soporte y de utilidad para su consulta, permitiendo una mejor toma de decisiones para hacer frente a los accidentes ambientales y la contaminación de suelos por la industria, la agricultura, la minería y para futuras investigaciones.

Sobre los cimientos de la realidad problemática presentada se plantea como problema general ¿Cuáles son las especies vegetales con mayor capacidad fitorremediadora de suelos contaminados con metales pesados?, Teniendo como problemas específicos de la investigación:

PE1: ¿Cuáles son las técnicas de fitorremediación más empleadas para la remoción de metales pesados en suelos contaminados?

PE2: ¿Cuáles son las especies vegetales más utilizadas en la fitorremediación de suelo contaminado?

El objetivo general es determinar cuáles son las especies vegetales con mayor capacidad fitorremediadora de suelos contaminados con metales pesados mediante una revisión sistemática:

OE1: Identificar las técnicas de fitorremediación más empleadas para la remoción de metales pesados en suelos contaminados.

OE2: Determinar los tipos de especies vegetales que son más usadas en la fitorremediación de suelos.

II. MARCO TEÓRICO

Existen múltiples investigadores que han demostrado que los diferentes tipos de plantas tienen un efecto remediador en el suelo, contribuyendo, como la alternativa de solución para el tratamiento de suelo contaminados por metales pesados por tal caso se ha resaltado algunas investigaciones importantes a nivel internacional y nacional tales como:

Según Jara, P (2014) en su estudios tenía como objetivo principal evaluar a cuatro plantas de los andes: *Solanum nitidum*, *Lupinus ballianus*, *Fuertesimalva echinata* y *Brassica rapa* para identificar su capacidad fitorremediadora en suelos con altas concentraciones de cadmio, plomo y zinc. El trabajo fue realizado en condiciones de invernadero en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región Lima, de octubre de 2011 a octubre de 2012. Fueron evaluados veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 especies alto andinas, y 4 sustratos con 30%, 60%, 100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. La producción de biomasa disminuyó significativamente en *Solanum nitidum*, *Brassica rapa*, *Fuertesimalva echinata* y *Urtica urens* y *Lupinus ballianus*, con el tratamiento de 100% de relave de mina. La mayor eficiencia de acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de *Fuertesimalva echinata* con el tratamiento de 100% de relave de mina, obteniendo 2015.1 mg de plomo kg⁻¹ MS y 1024.2 mg de zinc kg⁻¹ MS. En las raíces de *L. ballianus* fue obtenida la más alta acumulación de cadmio, con una concentración de 287.3 mg kg⁻¹ MS con el tratamiento de 100% de relave de mina. *Fuertesimalva echinata* presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, con un IT de 41.5%, pero, *S. nitidum* y *L. ballianus* presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina con IT de 68.5% y 67.9.

Según Munive, R (2018) en su investigación se planteó como objetivo general Estudiar el efecto de la aplicación de compost y vermicompost a base de *Stevia* sobre la extracción de los metales pesados y la fertilidad de los suelos agrícolas del Valle del Mantaro con la aplicación de la técnica de Fitorremediación, con uso de plantas fitorremediadoras. Se realizó el presente trabajo experimental bajo condiciones del Laboratorio de Fertilidad – UNA La Molina con la finalidad de observar la eficiencia de las enmiendas orgánicas, empleando maíz y girasol

como plantas fitorremediadoras, para ello se emplearon dos suelos de las localidades: Mantaro y Muqui del valle del Mantaro – Junín, cuyos contenidos en el suelo de plomo y cadmio superan al ECA de suelos del Perú. Los resultados nos indican que suelos con mayores contenidos de Pb y Cd (presentes en Muqui) presentan efectos negativos como: un menor rendimiento de materia seca de hojas, tallos y raíces de las plantas de maíz y girasol asimismo un desarrollo más lento. Las enmiendas orgánicas contribuyen a la solubilización del Pb y Cd para una mejor absorción por las plantas; la planta de maíz acumula plomo promedio en las raíces (80%), hojas (15%) y tallos (5%), para cadmio tenemos que acumulan un promedio en las raíces (91%) hojas (6%) y tallos (3%). La planta de girasol acumula plomo en las raíces (55%), hojas (42%), flores (5%) y tallos (3%), en caso de cadmio acumulan en promedio en las raíces (40%), hojas (32%), tallos (20%) y flores (8%), los cultivos extraen mayor Pb cuando el suelo presenta mayor contenido (Muqui); maíz y girasol extraen mayor Cd cuando el suelo presenta menor contenido (Mantaro); se encontró que el vermicompost de *Stevia* fue el más efectivo para la absorción de nutrientes, no afectando a las plantas las altas concentraciones de Pb y Cd del suelo; los cálculos de FBC y FT, indican que maíz y girasol son plantas excluseras o estabilizadoras.

Según Mogollón, R. Parrilla, V. Valderrama, V y Sotero, Y (2018) En su investigación tuvo como objetivo general; analizar el porcentaje de remoción de metales pesados con *Urtica urens* L. en suelos contaminados en el distrito de Huamachuco, Sánchez Carrión, La Libertad. Este proceso se llevó a cabo en la localidad de Trujillo, durante el periodo del mes de septiembre a fines de octubre; es decir desde la germinación de la especie hasta la remoción de los metales pesados del suelo. Para ello se realizó pruebas experimentales con tres tratamientos, los cuales se diferencian en el contenido de abono y suelo contaminado, el primer tratamiento consta de 600 gr y 900 gr de abono y suelo respectivamente, el segundo tratamiento de 450 gr y 1050 gr, y el tercer tratamiento de 300 gr y 1200 gr; cada tratamiento cuenta con tres plantas de *Urtica urens* L. Se determinó que el tratamiento 1 (40% de abono *Cavia Porcellus* + 60% de suelo contaminado) fue el más eficaz para la remoción de ARSÉNICO, MERCURIO y PLOMO con valores porcentuales de 65, 98 y 64 respectivamente,

donde el análisis de varianza indica que el grupo de datos no presentan homogeneidad en sus varianzas, siendo el valor p 0,05.

Los conceptos y características que destaca cada elemento clave en esta investigación.

Un suelo contaminado se define como la alteración de las características físicas, químicas o biológicas por la existencia de componentes peligrosos generado por causas antropogénica o naturales donde la dimensión en el tiempo resulta con incompatibilidad con las propiedades funcionales de su respectivo uso generando una gran amenaza en la sociedad y medio ambiente (Salvador, 2007, p4).

Los metales pesados son elementos químicos donde su peso atómico sobrepasa los 20 y su densidad \leq a 5g/cm³. La presencia de metales en el suelo se da principalmente por causas antropogénicas donde los procesos que se desarrollan en la actividad minera generan daños en los cultivos o microorganismos que no pueden resistir a dichas concentraciones ya que dichos componentes contaminantes se encuentran estado sólido, líquido y gaseoso.

Los metales como el plomo, cadmio, mercurio, cromo, cobre, arsénico, etc. que se encuentran en altas concentraciones anómalas en el suelo resultan muy tóxicos debido a los diferentes impactos negativos que pueden llegar a generar en la salud del ser humano y en la destrucción de los ecosistemas (Romero et al, 2008, p. 2).

Según la OMS define al cadmio como el metal que tiene efectos tóxicos en la salud de los seres humanos donde sus fuentes de emisión recorren varias distancias a través del recurso aire y a la vez se pueden encontrarse en vegetales y/o animales en bajas concentraciones que contengan almidón. Sin embargo, para reducir la liberación de dicho metal se requiere disminuir las emisiones y las descargas provenientes de la actividad minera.

Según Carabantes, A, (2003) define al arsénico es un elemento químico que se encuentra dentro de los más abundantes en la tierra presentes en las rocas, suelo, aire y agua, en el ambiente se encuentra como arsenito o arseniato y se

presenta en estados de oxidación y presenta grandes riesgos en la salud humana al encontrarse en cualquiera de los recursos antes mencionados.

El plomo es un elemento químico gris negro generalizado que se encuentra distribuido por la corteza terrestre (Wang et al, 2020, p.1). Es un metal pesado utilizado de diversas formas siendo el más denso que los elementos más comunes La contaminación por plomo se da por los alimentos y bebidas que son consumidos y por su alta toxicidad representando un riesgo para la salud (Malavolti et al, 2020, p. 1).

Según Huertas (2004, p. 4) es importante considerar diferentes propiedades de suelo para saber el comportamiento de los metales en dicho recurso:

El pH es un factor principal ya que la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles en medios ácidos a excepción del arsénico, selenio y cromo los cuales están disponibles en suelos alcalinos. Por ello la adsorción de los diferentes metales pesados está fuertemente condicionada por el pH que presente el tipo de suelo a estudiar. La textura en suelos arcillosos influye para la retención de metales mientras que en los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación.

La materia orgánica al reaccionar con metales pesados forma quelatos donde por el proceso de adsorción en Cobre puede quedarse estabilizado mientras que en Plomo y Zinc muy estable. También pueden formar complejos organometálicos facilitando la dispersión y solubilidad. La capacidad de intercambio catiónico depende del tipo de minerales y materia orgánica ya que al aumentar el intercambio catiónico aumenta también la fijación de metales. La conductividad eléctrica influye para determinar las concentraciones de sales presentes en suelo viéndose afectada la germinación normal.

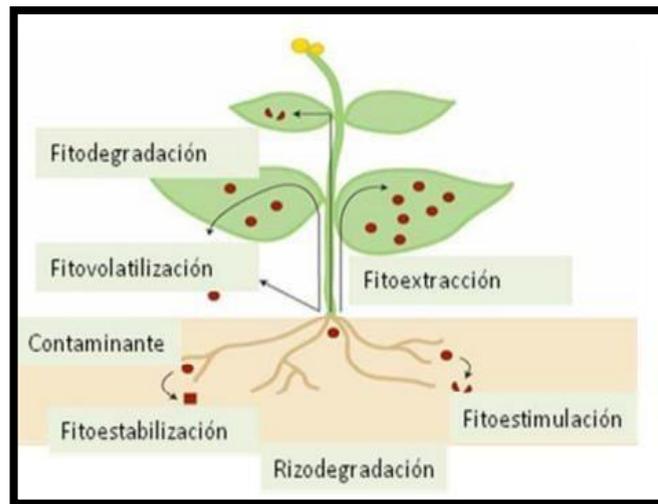
Según Mejía (2011) las dinámicas de los suelos de la movilidad de metales son: incorporarse a la cadena trófica mediante el proceso de adsorción de las plantas, al entrar en contacto las aguas subterráneas y superficiales con el recurso suelo se movilizan, por medio del proceso de volatilización se transfieren hasta la atmosfera y finalmente la retención se da por las constantes precipitaciones.

El suelo es recurso natural que posee gran importancia, es el pilar donde se establecen y habitan todos los seres vivos, así también es considerada una fuente elemental de recursos para los seres vivos y compone uno de los elementos básicos del medio ambiente (Vilcapaza, 2018).

Una opción que permite mitigar la contaminación por metales pesados es la fitorremediación, una estrategia dentro de la biorremediación, que se enfoca en el uso de especies vegetales y la capacidad de estas para absorber, acumular y tolerar altas concentraciones de sustancias contaminantes (Cordero, 2015).

Se define como fitorremediación a la técnica que se fundamenta en la capacidad que tienen algunas especies y microorganismos para resistir agentes contaminantes y a la vez extraer, acumular, inmoviliza o transformar dichos contaminantes del suelo y es aplicable tanto en el lugar como fuera las plantas que se utilizan en la Fitorremediación presentan mecanismo constitutivo y de adaptación al tolerar o acumular unas altas concentraciones toxicas de metales en su rizosfera. Compuesta por mecanismos de fitotecnologías como: (rizofiltración elimina contaminantes del medio hídrico a través de las raíces de las plantas, fitoestimulación los microorganismos presentes en la rizosfera degradan los contaminantes, fitoestabilización “permite inmovilizar en el suelo los contaminantes a través de su adsorción y acumulación en las raíces de las plantas por precipitación en la zona de la rizosfera”, fitoextracción adsorción de metales contaminados mediante las raíces y se acumulan en los tallos y hojas , fitodegradación es la degradación de los contaminantes en productos inofensivos y fitovolatilización “adsorben agua junto con contaminantes orgánicos e inorgánicos y al llegar a las hojas se volatiliza a la atmosfera”); (Kumar, Smita y Flores, 2017, p. 3).

Figura N° 1 Procesos de fitorremediación



Fuente: Pilon-Smtis, 2005

Las plantas son seres vivos que producen su propio alimento mediante la fotosíntesis. Sin embargo, se utilizan aquellas plantas hiperacumuladora que pertenecen a diferentes familias mostrando eficiencia al acumular ciertos contaminantes en el suelo (Xu et al, 2020, p. 1).

III. MÉTODO

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: es cualitativo descriptivo porque su meta no se limita a la recolección de datos sino más bien a identificar la relación entre dos o más variables que se abordan en la investigación. (Hernández et al, 2010).

Diseño de investigación: es narrativo de tópicos ya que el diseño narrativo está enfocado a una sola temática. Asimismo, este tipo de investigación tiene una consecuencia positiva en la manera que realiza al tiempo una intervención, por lo que al escuchar mitigamos el poder que le atribuye a una respectiva problemática. (Venegas., 2018, p. 28).

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Matriz de categorización apriorística: es un modelo elaborado antes del proceso copulativo de la información en la que se distinguen categorías, que indican un tópico en sí mismo; y las subcategorías, que especifican dicho tópico en micro aspectos (Cisterna, 2005).

Tabla 1 Matriz de categorización apriorística

Objetivos Específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Aspectos	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión	Unidad de análisis
Identificar las técnicas de fitorremediación más empleadas en la remoción de metales pesados	¿Cuáles son las técnicas de fitorremediación más empleadas para la remoción de metales pesados?	Técnicas de fitorremediación	Fitoextracción Fitoestabilización Fitoestimulación Fitovolatilización	Tipo de documento	Artículos científicos, tesis	Libro	Salazar Y Cifuentes; 2016 Vidal, 2010. Amezcueta et al., 2020 Ríos et al., 2019 Agudelo, Macías y Suarez, 2005 Garbisu, Epelde.,2010, p. 57 Ferrua, Aimituma., 2019, p15 Salazar, Cubero, Duran; 2020. Quiñones et.al, 2017.
				Idioma	Inglés y español	Otros idiomas	
				Correlación tiempo	Después del 2010	Antes del 2010	
Determinar los tipos de especies vegetales más usadas en la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados	¿Cuáles son los tipos especies vegetales más utilizadas en la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados?	Tipos de especies vegetales	Plantas Herbáceas Arboles Arbustos Hortalizas Leguminosas	Correlación geográfica	Mundial		Gonzales, 2020. Rendina et al., 2018. Melgoza, 2017, Rodrigo, 2018. Cartaya, 2017. García et al., 2012. Ortega et al., 2011 Ramírez et al., 2019. Rodrigo, 2018. Peña y Beltrán, 2017. Potdukhe et al. ,2018 Puerto, 2017.
				Disponibilidad	Documento completo	Resumen, documento con costo	
				Contenido	Mecanismos de fitorremediación	Remediación en otros recursos con especies vegetales	

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Escenario de estudio

El escenario está basado en material científico como son los artículos de investigación y el área de estudio en las que se aplican, manifestando especies vegetales utilizadas en la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados, todos ellos fueron recopilados de bases indexadas.

3.4 Participantes

Los participantes en este proyecto de investigación son todos los artículos científicos, que se encuentran en revistas científicas como: bases de datos como ProQuest, ScienceDirect, Worldwidescience y Google académico.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos: son las diferentes formas de adquirir la información adecuada (Arias, 2006).

Investigación documental: esta investigación se apoya de la selección y análisis de documentos. Una sub clasificación de ésta, se tiene a la investigación bibliográfica, que consiste en la exploración, revisión y el análisis de libros, revistas científicas, publicaciones y otros textos escritos impresos o de manera virtual (Cortez, Escudero y Caja, 2018).

Ficha de recolección de datos: Son los instrumentos que permiten el registro e identificación de las fuentes de información, así como el almacenamiento de datos o evidencias, facilitando su registro, la organización y su clasificación de manera eficaz para el procesamiento de la información (Robledo, 2006). La ficha de recolección de datos que se utilizará considera aspectos de categorías y subcategorías, así como se muestra en la tabla 2. (ANEXO 1)

3.6 Procedimientos

Etapas de una revisión sistemática:

Formulación de la pregunta: Según Meade y Richardson (1997) el primer paso para iniciar una revisión sistemática es plantarse la pregunta para poder identificarla en la literatura.

Búsqueda de la Literatura: Urra y Barría (2010) señalaron que en esta etapa se hace la definición de criterios para la elección de los artículos. Su búsqueda puede incluir criterios para limitar tipo de artículo, idioma y período. Para McGowan y Sampson (2005) citado por Urra y Barría (2010) explicaron que la búsqueda de literatura es una etapa crítica dentro de la revisión sistemática. Se solicita investigadores expertos para aumentar la confiabilidad y evitar sesgo.

Ejecución de la búsqueda de la literatura: Ferreira, Urrutia y Coello (2011) mencionaron que en la actualidad se recurre y se prioriza la búsqueda de información en bases de datos electrónicas. Mientras tanto Urra y Barría (2010) indicaron que los elementos esenciales de la búsqueda incluyen: las bases de datos, las revistas vinculadas con el tema escogido. El objetivo de esta etapa es determinar cuán amplio será la revisión de información. La estrategia de búsqueda debe ser cuidadosamente documentada como parte esencial del proceso de revisión. Esta documentación permite que la búsqueda pueda ser replicada por otros investigadores si fuera necesario.

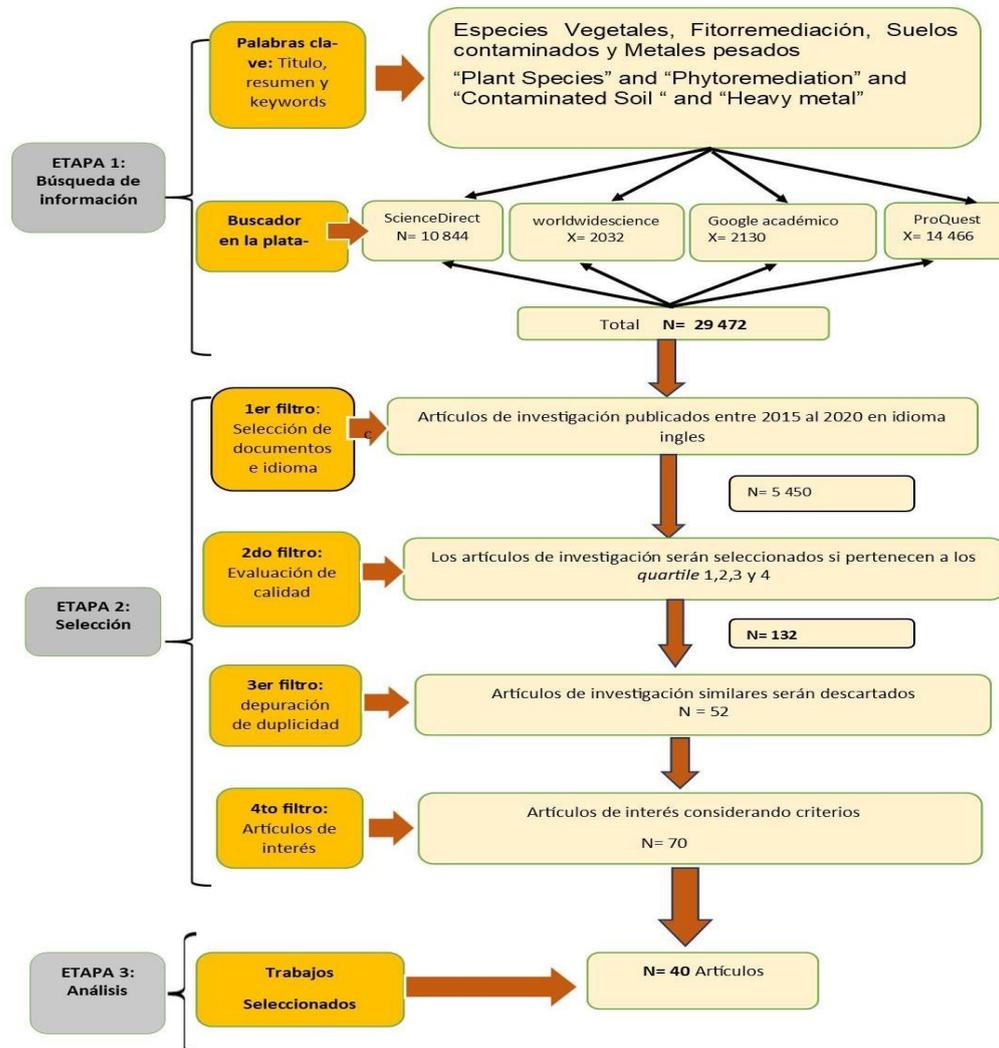
Evaluación de los datos: Una vez descubierta la información suficiente, se comprueba si el material está disponible. En esta etapa se disponen los criterios para determinar los estudios a evaluar con relación a la pregunta inicial. Para ello es conveniente esquematizar una hoja de selección de estudios que sea operativa incluyendo criterios explícitos y claros (Meade y Richardson, 1997; citado por Ferreira, Urrutia y Coello, 2011). Usualmente el proceso de selección se inicia con la revisión de títulos y resúmenes y, en caso de vacilar, se deberá verificar el texto completo del artículo. Es importante tener el conocimiento que todo el proceso de localización y selección de estudios se ha de reportar apropiadamente, se deberá elaborar un diagrama de flujo de los artículos identificados en cada fase, indicando los que fueron eliminados y la razón de su eliminación (Ferreira, Urrutia y Coello, 2011). La finalidad de esta etapa es

valorar la validez de los estudios, encontrar el motivo de las diferencias entre los resultados de los estudios y facilitar información suficiente al lector para juzgar la aplicabilidad de la revisión sistemática (Meade y Richardson, 1997; citado por Urra y Barría (2010). El poder de la evidencia aportada por los estudios primarios es a menudo un criterio de inclusión, ya que se concentra en detectar estudios con el mayor nivel de evidencia, lo que lleva a examinar exhaustivamente la calidad de sus métodos. La calidad es referida a la capacidad del diseño de estudio, su dirección y análisis para reducir los sesgos potenciales.

Análisis de resultados En esta etapa la información seleccionada es leído rigurosamente y los resultados de los estudios primarios son resumidos para un análisis aparte. El análisis considera organizar, clasificar y combinar los datos de los estudios primarios para dar respuesta a los problemas o preguntas. Se recomienda su revisión por parte de expertos de manera independiente. Su análisis puede ser cuantitativo o cualitativo, dependiendo de su finalidad y del material seleccionado (Urra y Barría, 2010). En este caso la revisión sistemática es de tipo cualitativo.

Presentación de resultados Urra y Barría (2010) sostuvieron que los resultados en una revisión sistemática pueden ser reportados como conclusiones, análisis de resultados o simplemente una síntesis. Las conclusiones muestran resultados de estudios primarios como diferentes categorías o temas. Los resultados como análisis aportan conclusiones y descripciones, así como evaluación de los métodos, los hallazgos y su aplicación. El estudio debe ser escrito en lenguaje comprensible, al igual que sus métodos y conclusiones deben ser claros. Según Ferreira, Urrútia y Coello (2011) manifestaron que la interpretación de los resultados es la última etapa que incluye una discusión sobre las limitaciones del estudio, como potenciales sesgos de los estudios originales. También es importante conocer que para investigaciones futuras se debe proponer ciertas recomendaciones.

Figura N° 2 Esquema de procedimiento de la búsqueda de la información



Fuente: Elaboración propia.

3.7. Rigor Científico

La investigación cumple con 4 parámetros del rigor científico como la credibilidad, la transferibilidad, autenticidad y la conformidad, para darle importancia y validez al trabajo realizado.

Credibilidad se reconoce cuando los descubrimientos son "reales" o "verídicos", tanto por las participantes en el estudio, como por las que han experimentado el fenómeno estudiado (Castillo y Vásquez, 2003), transferibilidad es la probabilidad de que los resultados sean llevados a otros contextos o asociaciones en estudios posteriores (Castillo y Vásquez, 2003-citado por Arias y Giraldo, 2011),

conformidad es la Imparcialidad al analizar e interpretar la información, que se alcanza cuando otros investigadores pueden seguir “la pista” y llegar a hallazgos semejantes (Castillo y Vásquez, 2003) y la Autenticidad es cuando los investigadores logran expresar realmente su sentir (Álvarez y Gayou, 2003).

3.8. Métodos de análisis de información

La revisión sistemática hace uso de un método sistemático para la búsqueda de información relevante junto con unos criterios explícitos y reproducibles, fijados anteriormente en la selección. Les otorga el carácter científico, a diferencia de las revisiones narrativas (Ferreira, Urrutia y Coello, 2011). Para Araujo (2011) la revisión se centra en el uso de los criterios de inclusión y exclusión, para probar la validez de cada estudio de forma personalizada, aplicando algún método de análisis crítico, con el fin de excluir algunos trabajos que no cumplan ciertos requisitos de calidad metodológica.

Para Cochrane (2011) indica que “el sesgo puede dar lugar a errores sistemáticos o alejar del verdadero efecto de una intervención los resultados de una revisión, por lo que es importante evaluar atentamente las posibilidades de riesgo de sesgo de los estudios incluidos”. Para el desarrollo de esta investigación se realizará con el diseño de una la investigación cualitativa, teniendo al análisis documental como técnica y a la ficha como instrumento de recolección de datos.

Utilizando la matriz de categorización apriorística con categorías y subcategorías, haciendo uso de los criterios de inclusión y exclusión como: el año de publicación del artículo, se hace uso solo de artículos de investigación, artículos publicados netamente en inglés, artículos de calidad que cuenten con Q1 Y Q2, la disponibilidad de artículos completos, etc., de acuerdo a la tabla 2, con la finalidad de que la recolección de información sea más precisa, exacta y se ahorre el tiempo en la búsqueda de los artículos científicos elegibles.

3.9. Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación se rige por el cumplimiento de los códigos éticos, cumple con el compromiso social del investigador. Se respeta los lineamientos de investigación estipulados por la Universidad César Vallejo, el uso de citas se hace de acuerdo al estilo ISO 690, respetando la autoría y la fuente de información. Además, se hace uso del programa turnitin para verificar si el trabajo de investigación no está sujeto a plagio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2 Investigaciones realizadas en el mundo durante los últimos 10 años empleando diversas técnicas de fitorremediación.

N°	AUTOR	PAIS	TECNICA	ESPECIE EMPLEADA	DENSIDAD PLANTAS	CONTAMI NANTE TRATADO	In situ/Ex situ	% DE REMOCION	TIEMPO
1	Ríos Medran, Lacava, Curotto, Fuks; 2019	Argentina	Fitoextracción	<i>Allium fistulosum</i> (cebolla de verdeo) y <i>Origanum</i> (orégano)	40 plantas	Plomo	Ex situ	cebolla: 85,75% oregano:86,4%	15 días
2	Peña y Beltrán ;2017	Perú	Fitoextracción	<i>Helianthus annus L.</i>	36 semillas	Cadmio, cromo, hierro, manganeso , plomo y metaloides antimonio y arsénico.	In situ	cd: 48,83% Cr:42,3% Fe:42,47% Mn:27,82% Pb:28,25% Sb:36,36% As:54,46%	12 meses
3	Amezcu a-Ávila, Hernánd ez Acosta,	México	Fitoextracción	<i>Lolium perenne</i> y <i>Poa prantesis</i>	16 plantas	cobre, zinc, magnesio, cadmio,	In situ	cobre: 38% zinc:21% Mn:13% Cd:34%	L.perenne:103 días P.prante

	Vargas Díaz ;2020					níquel y plomo		Ni:12% Pb:25%	sis:80di as
4	Melgoza ;2017	México	Fitoestimulación	Helianthus annuus L.	50 semillas	Cadmio y Plomo	Ex situ	Pb:42% y Cd:39%	12 meses
5	Marrugo y Jaramillo ;2010	Colombia	Fitoextracción	Cecropia peltata.	40 plantas	Mercurio	Ex situ	Hg:33,7%	4 meses
6	Enoc,20 14	Perú	Fitoextracción	Solanum nitidum, Brasica rapa, Fuertesimalva	30 semillas	Plomo y Cadmio	Ex situ	Solanum nitidum:68,5% Brasica rapa: 47,9%	12 meses

				<i>echinata, Urtica urens y Lupinus ballianus.</i>				Fuertesimalva echinata: 59,1% Urtica urens: 50,1% Lupinus ballianus:67,9%	
7	Ramos y López; 2018	México	Fitoextracción	<i>Chysopogon zizanoides</i>	45 plantas	Plomo, Talio, Vanadio	Ex situ	Plomo: 28% Talio: 13% Vanadio: 5%	96 días
8	Cifuentes y Novillo; 2017	Ecuador	Fitoextracción	<i>Cucumis sativus</i>	24 plantas	Cromo	Ex situ	Cr:38%	88 días
9	Inga;20 19	Argentina	Fitoextracción	<i>Festuca arrundinacea</i>	56 plantas	Plomo	Ex situ	plomo:30%	12 meses
10	Ramírez ,2019	México	Fitoextracción	<i>Ambrosia ambrosioides</i> (chicura)	60 plantas	Cadmio, Cobre y Plomo.	Ex situ	Cu:18.3% Cd:15.9 Pb:42.3%	21 días
11	Rodrigo; 2018	Perú	Fitoextracción	<i>Helianthus annuus</i> (girasol)	12 plantas	Plomo y Cadmio	Ex situ	Pb:69,66% Cd:47%	60 días

12	Sánchez y Rengifo; 2017	Perú	Fitoextracción	<i>Theobroma cacao</i> (Cacao)	20 plantas	Cadmio y Plomo	In situ	Cd:26% Pb:18%	7 días
13	Landeros, Trejo, Reveles, Valdez; 2010	México	Fitoextracción	<i>Acacia farnesiana L. will</i> (huizache)	10 plantas	Plomo	Ex situ	Pb:28%	4 semanas
14	Cruz, Zavala, Guerrero, Salgado; 2018	México	Fitoestabilización	<i>Saccharum officinarum</i> (Caña de azúcar)	15 plantas	Plomo, Níquel, Hierro, Cobre y Zinc	In situ	Pb:37.2% ,Fe:10%,Cu:154% Zinc:26%	40 días

15	Delince, Valdez, López y Guridi;2018	Cuba	Fitoextacción	<i>Oryza sativa</i> L. y	Oryza sativa L. 30 semillas	Plomo	In situ	Pb:12.5%	40 dias
				<i>Solanum tuberosum</i>	Solanum tuberosum 10 plantas				
16	Quiñones, Fajardo, Rodríguez, Contreras;2017	España	Fitoestabilización	<i>Lathyrus</i>	12 plantas	Mercurio	In situ	Hg: 7 %	6 semanas
17	Salazar, Cubero, Duran; 2020	Costa Rica	fitoextracción	<i>Cynodon dactylon</i>	2kg de suelo con pasto	Cadmio, zinc, magnesio y fierro	Ex situ	cadmio:37,4% zinc:24,75% Manganeso:1,85% Fierro:1,35%	2 semanas
18	Beltrán, Rosero, Cargua,	Ecuador	Fitoestabilización	<i>Zantedeschia aethiopica</i> L.	12 semillas	Cromo	In situ	Cr:50%	20 semanas

	Echevarria;2019								
19	Rendina, Miniño, Bursz, Barros;2018	Argentina	fitoextracción	<i>Ricinus communis L.</i>	27 plantas	Plomo	Ex situ	Pb: 26%	12 meses
20	Rodríguez, Leiseca, Cabrera;2014	Cuba	fitoextracción	<i>Cynodon nlenfuensis Vamderhyst</i>	24 plantas	Fierro, níquel, cobre, plomo	In situ	Fe (16,28%) Ni(7,05%) Cu(11,3%) Pb(3,58%)	24 semanas
21	Cartaya, Reynaldo, Peniche, Garrido;2010	México	fitoextracción	<i>Solanum lycopersicum</i>	10 plantas	Cobre	In situ	Cr:32%	25 días
22	García, Juárez, Montiel, Gomez;2012	México	fitoextracción	Vicia Faba L. (Haba)	12 plantas	Cadmio	Ex situ	Cd:46,4	120 días

								Juncus inflexus: 45% de Cd, 6% de Pb, 10% de Cu, 8% de Cr, 13% de Ni y 32% de Zn, Typha latifolia:14% de Cd, 18% de Pb, 13% de Cu, 32% de Cr, 17% de Ni y 25% de Zn.	
23	Ramiro, Renata, Belloni;2 018	España	Fitovolatilizaci ón	<i>Juncus inflexus</i>	36 plantas	Cadmio, plomo, cobre, cromo, níquel y zinc	In situ		3 meses
24	Gonzale s Pérez; 2020	Colombia	Fitoestimulació n	<i>Jatropha curcas L.</i>	520 plantas	Mercurio y cobre	In situ	Hg:48,3% Cu:39,1%	18 meses
25	Quiñone s, Fajardo, Rodrígu ez, Contrer as;2017	Perú	fitoextracción	<i>Lupinus albus</i>	28	Mercurio	ex situ	Hg:31%	6 meses

26	Antunes ,Guimar aes y Campos ; 2010	México	fitoextracción	<i>Brachiaria grass</i>	12 plantas	Arsénico	Ex situ	As:25,3%	55 días
27	Evandro Pereira; 2015	México	fitoextracción	<i>Helianthus annus L.</i>	15 semillas	Plomo, cobre y zinc	Ex situ	Pb:40%, Cr:23%, Zinc: 14%	40 días
28	Ortega, Beltrán y Marrugo ;2011	Colombia	fitoextracción	<i>Gynerium sagittatum</i>	28 plantas	Mercurio	Ex situ	Hg:36%	60 días
29	Almagro , Segura, Pedreño , Bernal;2 015	España	fitoextracción	<i>Cistus L.</i>	12 plantas	Arsénico	Ex situ	As:91,0%	21 días
30	Cartaya, Guridi, Cabrera y	Cuba	fitoextracción	<i>Solanum Lycopersicum</i> <i>L.</i>	16 plantas	Cobre	Ex situ	Cu:14,93%	35 días

	Moreno; 2017								
31	Ríos ; 2019	Argentina	fitoextracción	<i>Solanum lycopersicum</i>	22 semillas tomate	Plomo	Ex situ	Pb:46%	32 días
32	Olatunji, OS; Ximba, BJ; Fatoki, OS; Opeolu, BO (2014)	Nigeria	Fitoextracción	<i>Panicum Maximum</i> (Guinea grass)	72 plantas	Plomo, cobre y cadmio	Ex situ	45 % Pb, 65% Cr y 52% Cd	4 semana s
33	Oladele, EO; Adewu mi,OO; Taiwo,l A;	Nigeria	Fitoextracción	<i>Vigna Unguiculata y Zea mays</i>	80 plantas	Zinc y plomo	Ex situ	44.79 % Zn por Caupi y 53 % Pb por maíz	60 días
34	Pizarro, Flores, Tapia, Valdez, Gonzale	Chile	Fitoestabilizaci ón	<i>Acacia Saligna</i>	20 plantas	Cromo	In Situ	80% Cr	12 meses

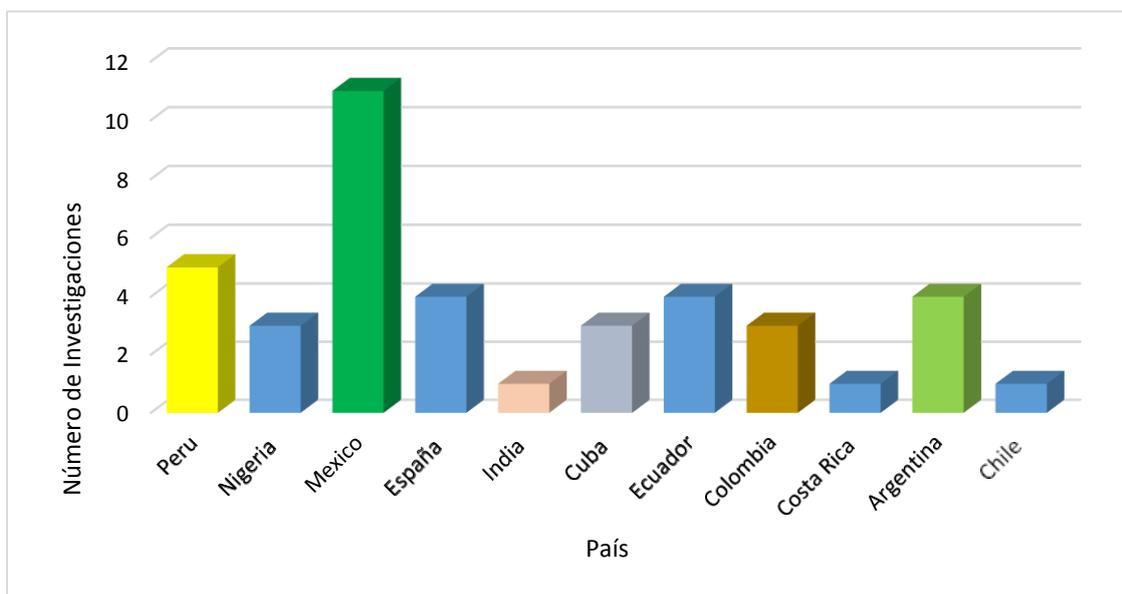
	s, Morales; 2016								
35	Prieto y Fernandez;2016	Ecuador	Fitoestabilizaci ón	<i>Cucumis Sativus</i>	36 plantas	Cromo	Ex situ	38% T1; 34% T2 y 31% T3	80 días
36	Omoregi e et al. ;2019	Nigeria	fitoextracción	<i>Chromolaena odorata</i> (L.)	12 plantas	Manganeso , cadmio, cobre y zinc	Ex situ	25 % Mn, 35 % Cd, 30.5 % Cu y 19% Zn	6 meses
37	Potdukh e et al. ;2018	India	fitoextracción	<i>Helecho (Pteris vittata)</i>	26 plantas	Arsénico	Ex situ	35 % As	45 días
38	Huamantla ;2018	Ecuador	fitoextracción	<i>Helianthus Annuus L.</i>	15 plantas	Cadmio	Ex situ	15.6 % Cd	2 meses
39	Rodríguez et al. ;2016	México	fitoextracción	<i>Cenchrus ciliaris,</i> <i>Helianthus annuus,</i> <i>Ricinus communis,</i>	104 plantas	Plomo	Ex situ	Cenchrus ciliaris: 37% , Helianthus annuus: 57 % , Ricinus communis: 58 % , Nicotiana	45 días

				<i>Nicotiana tabacum,</i>				tabacum: 94 %	
				<i>Sorghum sudanense</i>				, Sorghum sudanense: 97%	
				<i>Brassica campestris</i>				y Brassica campestris: 63 % de Pb	
				<i>Halimione</i>					
40	Puerto;2 017	España	Fitoextracción		15 plantas	Zinc	In situ	80% Zn	50 días
				<i>Portulacoides (L.)</i>					

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se detalla los resultados obtenidos de 40 investigaciones realizadas en distintas partes del mundo que emplearon diferentes técnicas de fitorremediación, así como: las especies vegetales empleadas, la densidad de plantas, el contaminante tratado, el lugar (In situ/ Ex situ), el % de remoción y finalmente el tiempo de duración de siembra, en la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados.

Figura N° 3 Número de investigaciones por país que empleó la fitorremediación para tratar suelos contaminados con metales pesados

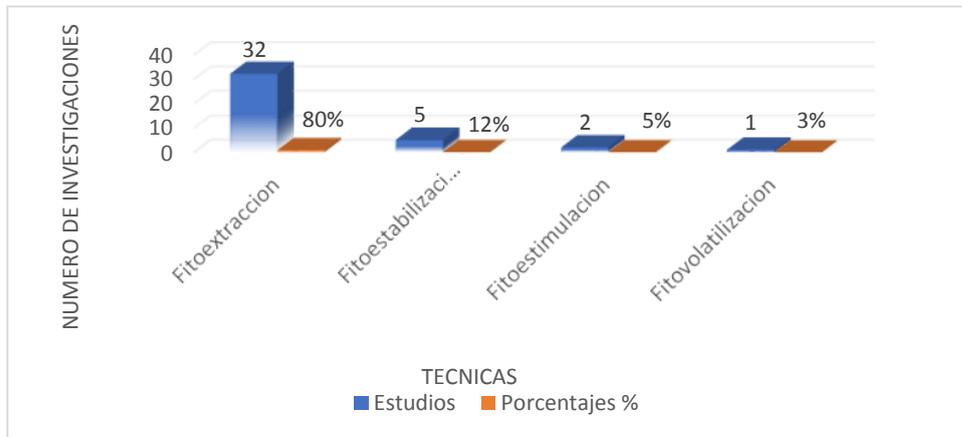


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3, se aprecia que en México se ha realizado la mayor cantidad de investigación sobre el empleo de fitorremediación para suelos con metales pesados, seguido de Perú, Ecuador y Argentina, en Sudamérica y España en Europa, esto se debe a que en estos países se presentan problemas ambientales que se originan mayormente por la minería informal ante la extracción de metales pesados en sus procesos que son liberados al ambiente.

Asimismo, en referencia a las técnicas de fitorremediación se identifica a la más empleada de acuerdo a la información comparativa presentada por los autores de cada una de las investigaciones respecto a sus resultados en su proceso experimental.

Figura N° 4 Gráfico de las Técnicas de Fitorremediación más empleadas en los estudios consultados de tratamiento de suelos con metales pesados.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se presenta la distribución del número de investigaciones por tipo de técnica de fitorremediación, dentro de las cuales se encuentran: Fitoextracción con 80% de 32 estudios, Fitoestabilización con 12% de 5 estudios, Fitoestimulación con 5% de 2 estudios y Fitovolatilización con 3% de 1 estudio. Siendo notable el empleo de la técnica de Fitoextracción para tratar problemas de contaminación de suelos, la cual se realizó con mayor frecuencia, al evaluar las publicaciones durante los últimos 10 años.

Dicha tendencia se explica debido a que la fitoextracción resulta ser muy efectiva ya que algunas plantas presentan gran capacidad para acumular metales en la biomasa cosechable y las especies acumuladoras se caracterizan por ser resistentes a elevadas concentraciones de metales. La estrategia de esta técnica es la de ir removiendo el material vegetativo de las plantas como ramas, hojas que contendrán el contaminante de esta manera se puede retirar progresivamente el metal del suelo (**Ríos et al. ,2019**). Sin embargo, estas pueden presentar tasas lentas de crecimiento, así como baja producción de hojas, tallos y raíces por lo que el tiempo que dure la descontaminación del suelo puede ser prolongado. Por tal razón, algunos autores plantean la combinación de dicha técnica con la enmienda de suelos con residuos ganaderos, biochares y hidrochares para potencializar los resultados, maximizando la reducción de los metales presentes en suelos (**Salazar, 2016; Cifuentes, 2016**).

Otra de las técnicas más empleadas es la fitoestabilización, la cual se basa en la capacidad de las plantas para retener elementos en el sistema radicular, y que no se realice el transporte de estos elementos desde la raíz hacia tejidos aéreos de la planta, lo cual podría suponer un riesgo de ingestión y la acumulación de estos contaminantes a lo largo de la cadena trófica. Por lo general para esta técnica se emplean especies arbóreas y se usan en procesos de reforestación donde la capacidad que tienen algunas plantas para concentrar y retener los metales en las raíces, permite que estos queden atrapados y confinados, a su vez se obtiene una mejora en el paisaje, y se puede recuperar zonas afectadas para fines recreativos. Se aplica principalmente en terrenos extensos en donde existe contaminación superficial. En tanto, se recomienda la adición previa de enmiendas para inmovilizar los elementos traza del suelo, añadiendo aquellas enmiendas que modifiquen el pH de manera que se favorezca la precipitación/inmovilización del elemento o elementos en cuestión (pH básicos para la inmovilización de elementos catiónicos como Pb, Zn, Cd, Cu o Ni; y pH neutros o ligeramente ácidos para la movilización de As (Delgadillo et al., 2011; Domínguez, 2016).

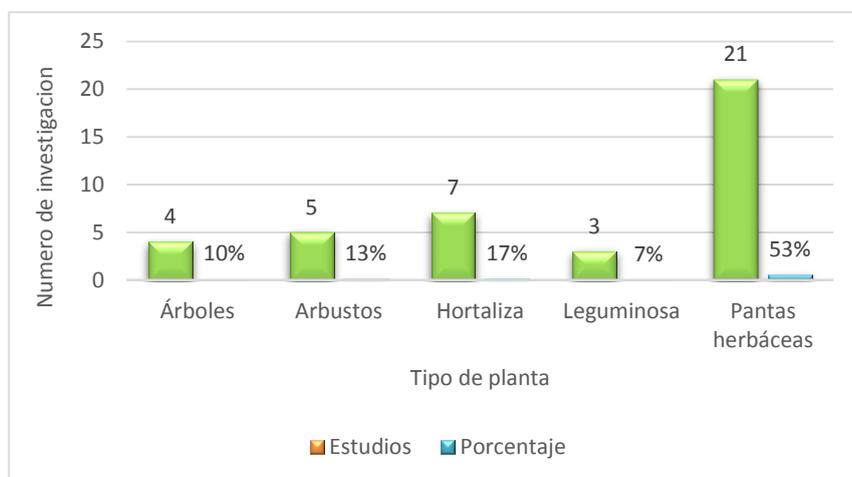
Tabla 3 Tipos de especies vegetales empleadas en la fitorremediación de suelos

Tipo de Planta	Nombre científico	Nombre común
Árboreas	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo
	<i>Acacia saligna</i>	Acacia azul
	<i>Acacia farnesiana L.</i>	Huizache
	<i>Jatropha curcas L.</i>	Jatrofa
Arbustos	<i>Cistus L.</i>	Estepas
	<i>Chromolaena adorata L.</i>	Albahaguilla de Cuba
	<i>Ricinus communis</i>	Ricino
	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao
	<i>Halomione portulacoides L.</i>	Cenizo blanco
Hortaliza	<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomate
	<i>Cucumis sativa</i>	Pepinillo
	<i>Oryza sativa</i>	Arroz
	<i>Solanum tuberosum</i>	Papa
	<i>Origanum</i>	Orégano
	<i>Allium fistulosum</i>	Cebolla de verdeo
	<i>Allium cepa</i>	Cebolla
Leguminosa	<i>Vigna unguiculata</i>	Caupi
	<i>Lathyrus</i>	Almorta
	<i>Lupinus albus</i>	Altramuz blanco

Plantas Herbáceas	<i>Brachiaria grass</i>	Hierba
	<i>Gynerium sagittatum</i>	
	<i>Cenchrus ciliaris</i>	
	<i>Vicia Faba L.</i>	Haba
	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Pasto
	<i>Sorghum sudanense</i>	Pasto sudan
	<i>Cynodon dactylon</i>	Pasto
	<i>Panicum Maximum</i>	Guinea gras
	<i>Brassica rapa</i>	Nabo
	<i>Brasica campestris</i>	Nabo
	<i>Fuertesimalva</i>	Malva blanca
	<i>Urtica urens</i>	Ortiga
	<i>Nicotiana tabacum</i>	Tabaco de virginia
	<i>Juncus effusus</i>	Junco de esteras
	<i>Pteris vittata</i>	Helecho
	<i>Chysopongo zizanioides</i>	Vetiver
	<i>Saccharum officinarum</i>	Caña de azúcar
	<i>Festuca arundinacea</i>	Cañuela
	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	Alcatraz
	<i>Ambrosia ambrosioides</i>	Chicura
	<i>Lolium perenne</i>	Ballica
<i>Poa prentesis</i>	Espiguilla	
<i>Helianthus annuus</i>	Girasol	

La familia de plantas **herbáceas**, como la Hierba y el Pasto, tienen la mayor cantidad de especies estudiadas, seguida de la familia de las Hortalizas, como se puede observar en la tabla N° 3. En la que también se incluye el nombre científico y el nombre común.

Figura N° 5 Gráfica de número de investigaciones por tipo de planta empleadas en procesos de fitorremediación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, se observa que las plantas herbáceas representan un 53 %, siendo las plantas más utilizadas para estudios de fitorremediación, dicha tendencia se relaciona con la utilidad del cultivo, ya que estas plantas al no ser de consumo directo de la población, no existe competencia directa con otras actividades como la alimentación y son una buena opción para aplicaciones tecnológicas para recuperación de suelos.

Para el análisis de la información se organizó a las plantas por categoría (tipo de plantas), donde se presentan las especies más eficientes en los procesos de fitorremediación. En primer lugar, se encontró cuatro publicaciones que emplean especies arbóreas, estas se realizaron en Sudamérica para tratar contaminantes inorgánicos, dentro de los casos más exitosos en la absorción de mercurio (48.3%) y cobre (39.1%) se tiene a *Jatropha curcas L.*, durante 18 meses, y en condiciones In situ mediante la técnica de fitoestimulación (Gonzales y Pérez, 2020), los valores de remoción altos se explicarían a que esta especie presenta un sistema de raíces muy denso, el cual mejora la eficiencia de fitoestimulación (Yan, et al., 2020). A su vez, esta especie mejoró la condición de los suelos aumentando el contenido de materia orgánica incrementándose su fertilidad, también pudo regular la humedad y temperatura del terreno en el estudio, favoreciendo a la colonización y sobrevivencia de los microorganismos benéficos, las zonas que se encontraban compactadas fueron removidas y aireadas al ser penetradas por las raíces del árbol (Gonzales, 2020).

Otra especie arbórea que presenta gran capacidad fitorremediadora es *Acacia Saligna*, capaz de fitoestabilizar cromo hasta en un 80% durante 12 meses, en aplicaciones In situ (Pizarro et al., 2016), el mecanismo por el cual estas plantas logran remover altas tasas de contaminantes sería la complejación que se explica mediante la unión a ligandos específicos de las raíces como ácidos orgánicos (ácidos cítrico, oxálico y málico), algunos aminoácidos (histidina y cisteína) y dos clases de péptidos: fitoquelatinas y metaloteínas (García et al., 2011). A su vez, la ventaja que presentan las especies arbóreas frente a otro tipo de plantas que se utilizan para la fitorremediación es que estos pueden producir una cantidad muy alta de biomasa en comparación con las hierbas y los arbustos, lo que facilita la acumulación niveles altos de metales pesados, tienen sistema radicular que permite extracciones profundas del contaminante.

También, reducen la erosión del suelo y previenen la dispersión del contaminante al ambiente circundante (Suman et al., 2018). Sin embargo, los tiempos que se emplean para la fitorremediación son mucho más largos en comparación de otro tipo de plantas y los contaminantes acumulados biomasa lignocelulósica pueden liberarse por procesos de combustión si estos no se controlan a la hora de su disposición final (Delgadillo et al., 2011).

En tanto, existen experiencias en las que se ha empleado especies arbóreas para tratar de remediar grandes extensiones de suelo afectado por accidentes ambientales en proyectos de recuperación de suelos a largo plazo. Además, se prefieren los árboles a las plantas de cultivo para la fitorremediación debido a sus fines no comestibles, reduciendo la probabilidad de que los metales pesados ingresen a la cadena alimentaria (Burges et al., 2018; citado por Yan, et al., 2020).

En el caso de especies arbustivas se encontró cinco publicaciones, las cuales se realizaron en Sudamérica, Europa y África, donde todas ellas se basaron en la técnica de fitoextracción y se aplicaron Ex situ, los contaminantes tratados fueron arsénico, zinc, cadmio, plomo y manganeso. En tanto, las densidades de siembra de los arbustos fueron bajas a comparación de las empleadas en especies arbóreas, 12 a 27 plantas y los tiempos de exposición fueron de cortos a largos entre semanas hasta meses. Es así, que se encuentra a la especie *Cistus L.* fitoextrayendo arsénico hasta en un 91% Ex situ, en tan solo 29 días de exposición (Almagro, Segura, Pedreño y Bernal, 2015). Otra especie hiperacumuladora es *Halimione portulacoides (L.)* con capacidad de remover In situ hasta un 80% de zinc mediante la técnica de fitoextracción durante 50 días de exposición (Puerto, 2017). De igual manera, la especie *Ricinus communis (L.)* logro fitoextraer In situ hasta 26% de plomo durante 12 meses, en tanto que la añadidura de EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) como sustancia quelante agregada 7 días antes de la cosecha, fue el tratamiento más efectivo para solubilizar Pb del suelo y facilitar la fitoextracción del metal, sin reducción de la biomasa cosechable (Rendina, Miniño, Bursz y Barros, 2018). Entre tanto, los mecanismos que emplearon estas especies para absorber altas concentración de contaminantes como el plomo guarda estrecha relación con la producción de fitoquelatinas en las raíces y homofitoquelatinas en los brotes. Estos metabolitos

vegetales favorecen la solubilización, absorción, transporte y posterior compatibilidad del Pb acumulado en vacuolas (Gonzales, 2018).

Se encontró siete investigaciones que emplearon hortalizas en procesos de fitorremediación, los cuales se localizaron en Sudamérica; dentro de ellas se tiene a las especies como *Allium fistulosum* (cebolla de verdeo) y *Origanum* (orégano) que demostraron ser hiperacumuladoras para el metal plomo (cebolla: 85,75% y orégano: 86,4%), la experiencia se realizó Ex situ durante 15 días mediante la técnica de fitoextracción (Ríos, Medran, Lacava, Curotto y Fuks, 2019). Otra especie capaz de remover plomo hasta un 46% de forma asociada (cebolla y tomate) y mediante la técnica de fitoextracción (Ríos, 2019). De igual manera, la especie *Cucumis sativus* fue capaz de remover un 38% de cromo, la experiencia se realizó Ex situ durante 88 días mediante la técnica de fitoextracción (Cifuentes y Novillo, 2017). Los resultados obtenidos en cuanto al uso de algunas especies de hortalizas en fitorremediación son exitosos, la ventaja que estas presentan es su rápido desarrollo vegetativo y su facilidad para traslocar metales a tallo y hojas y frutos, ideales para tratar concentraciones bajas de metales en suelos. Sin embargo, debe evitarse el uso de cultivos comestibles para la fitorremediación, ya que los metales pesados pueden acumularse en las partes comestibles de la planta y, por lo tanto, ingresar a la cadena alimentaria por consumo humano o animal, lo que genera preocupaciones sobre la salud humana. Por lo tanto, una selección de los hiperacumuladores no comestibles es clave para una fitorremediación eficaz y segura de metales pesados. (Yan, et al., 2020).

En tanto, para las aplicaciones de fitorremediación empleando leguminosas se encontraron tres estudios localizados en España, Perú y Nigeria, las técnicas empleadas fueron la fitoextracción y fitoestabilización, las especies vegetales evaluadas fueron *Lathyrus*, mediante la técnica de fitoestabilización In situ y una densidad de cultivo de 12 plantas, se logró tratar mercurio en un 7% durante 6 semanas (Quiñones, Fajardo, Rodríguez, y Contreras, 2017). No obstante, la especie *Lupinus albus* empleada para tratar el mismo contaminante Ex situ logro una remoción de 31% y empleando el mismo tiempo de extracción (Quiñones, et al., 2017). Estos resultados se explicarían debido a que los trabajos de fitorremediación In situ difieren a los Ex situ, ya que estos últimos se realizan en

invernaderos o en laboratorio, donde el investigador es capaz de controlar más variables que en un trabajo In situ; en consecuencia, se obtienen mejores resultados, sin embargo, los procedimientos de transporte del material contaminado resultan más costosos (Roqueta, 2016). Otra especie que presenta buenas tasas de remoción es *Vigna Unguiculata* con densidades de siembra de 80 plantas, el contaminante tratado fueron el zinc con una remoción de 44.79% durante 60 días (Quiñones, Fajardo, Rodríguez, y Contreras, 2017). No obstante, las leguminosas que crecen en suelos contaminados con metales pesados presentan generalmente en los bordes de sus hojas una coloración café, clorosis, enrojecimiento en sus venas y peciolas, hojas curvadas y la raíz de color café como indicador de suelos contaminados (García et al., 2012). En tanto, la ventaja que presentarían este tipo de plantas para el proceso de fitorremediación sería la simbiosis que las leguminosas forman con comunidades de microorganismos a nivel radicular fijando nutrientes como el nitrógeno, desarrollando mecanismos fisiológicos para resistir, tolerar y sobrevivir en suelos degradados, restringir la absorción los metales o translocarlos hacia las hojas o absorberlo y acumularlo activamente en su biomasa modificando las condiciones de la rizósfera produciendo exudados radiculares de ácidos orgánicos alterando el pH (Adriano 2001; citado por Enoc, 2014).

Se encontró una mayor tendencia de las investigaciones al empleo de plantas herbáceas con un total de 21 investigaciones, las cuales se desarrollaron en distintas partes del mundo. Donde las técnicas que se emplearon fueron la fitoextracción, fitoestabilización y fitovolatilización; trabajando tanto de forma Ex situ e In situ para remediar suelos contaminados con metales pesados. Dentro de las especies más eficientes en el proceso de fitorremediación aplicando la técnica de fitoextracción Ex situ se tiene a *Pteris vittata* (Helecho) en la remoción de arsénico (35%-45 días) (Potdukhe et al., 2018), de igual manera, la especie *Helianthus annuus L.* tratando el mismo contaminante y empleando la misma técnica logro (54,46% de remoción - 2 meses) trabajando In situ, encontrándose que la captación de metales la realiza a nivel de raíz (Peña y Beltrán, 2017). A su vez, la especie *Brachiaria grass* trabajando con el mismo contaminante In situ. logro (25,3% de remoción – 55 días) (Antunes, Guimaraes y Campos, 2010).

Para los tres resultados existe una diferencia notable en la remoción de arsénico, esto sucedería por varios factores, entre ellos el lugar donde se realiza el proceso, las condiciones de trabajo y el tipo de planta empleada; ya que estas presentan afinidad selectiva para algunos elementos inorgánicos lo que favorecería la hiperacumulación donde son secuestrados en compartimentos extracelulares (paredes celulares) o vacuola vegetal, evitando así la acumulación de iones metálicos libres en el citosol (Tong et al., 2004; citado por Yan, et al., 2020).

Aparte de ello, se tiene información que *Helianthus annuus* posee gran capacidad fitorremediadora para el Pb y Cr al trabajar con enmienda orgánica de guano de isla logrando bioacumular el Pb (40%) y Cr (23%) en la masa foliar, reduciendo de esta manera la concentración de metal pesado en el suelo trabajando Ex situ y a una densidad de 12 plantas (Rodrigo, 2018); por lo que esta especie sería una opción versátil para tratar suelos con diversos contaminantes inorgánicos. Otra especie que presenta buenos resultados es *Panicum Maximum* (Guinea grass) en la fitoextracción de plomo (45 %), cromo (65%) y cadmio (52%) durante 4 semanas de exposición y una densidad de cultivo de 72 plantas (Cifuentes y Novillo, 2014). De manera similar, la especie *Ambrosia ambrosioides* (chicura) logra fitoextraer porcentajes de plomo en 42.3% en 21 días con una densidad de 60 plantas Ex situ (Ramírez et al., 2019). En tanto, la especie *Brassica campestris* se comportaría como hiperacumuladora para plomo removiéndose hasta 63 % del contaminante presente en suelo trabajando Ex situ durante 45 días (Rodríguez et al., 2016). También se tiene información de especies exitosas en la acumulación de plomo y cadmio a nivel de raíz, trabajando Ex situ, durante 12 meses, mediante la técnica de fitoextracción (*Solanum nitidum* en 68,5%; *Brasica rapa* en 47,9%; *Fuertesimalva echinata* en 59,1%; *Urtica urens* en 50,1% y *Lupinus ballianus* en 67,9%) (Enoc, 2014).

Otra especie herbácea es *Gynerium sagittatum* (aubl) beauv (caña brava) que es una planta que acumula una cantidad considerable de Hg en sus tejidos, y es en la raíz donde presenta mayor acumulación de Hg, seguida de las hojas y finalmente tallos, la tasa de remoción de Hg es 36%, por un tiempo de cuatro

meses de crecimiento. (Ortega, Beltrán y Marrugo, 2011), convirtiéndola en una prometedora alternativa para tratar suelos contaminados con mercurio.

En tanto, se realizó un segundo análisis mediante una comparación entre grupos de diversas especies de plantas en la absorción de metales pesados específicos, encontrándose los siguientes resultados:

Las especies *Brachiaria grass* y *Pteris vittata* se emplearon para tratar suelo con arsénico trabajando una densidad de cultivo de 12 a 26 plantas respectivamente, durante un periodo exposición comprendido entre (55 y 45 días), presentaron reducción de arsénico de 25,3% y 35 %, resultados que difieren en ambas experiencias desarrolladas Ex situ (Antunes, Guimaraes y Campos, 2011; Potdukhe et al., 2018), probablemente se deba a la densidad de plantas empleadas en cada experimento y a la diferencia en el desarrollo radicular de estas, ya que *Brachiaria grass*, presenta raíces más cortas; a su vez la afinidad de las plantas por un determinado metal se relacionan con factores bioquímicos y morfológicos propios de cada especie, donde unas se comportan como hiperacumuladoras, acumuladoras y otras como tolerantes, presentando factores de bioconcentración y translocación más bajos (González, et al., 2020).

Asimismo, las especies *Vicia Faba L.* (Haba), *Helianthus Annuus L.* y *Panicum maximum* (Guinea grass) se emplearon para tratar suelo con cadmio trabajando una densidad de cultivo de 12,15 y 72 plantas respectivamente, durante un periodo exposición comprendido entre (120, 60 y 120 días respectivamente) y Ex situ, presentaron reducción de cadmio de 46,6%, 15,6 % y 56% (García, Juárez, Montiel, Gómez, 2012; Huamantalla, 2018; Cifuentes y novillo, 2014).

Los resultados difieren en las 3 especies, probablemente debido a que en el caso de *Vicia Faba L.* (Haba) por ser una leguminosa presenta algunas ventajas como el desarrollo de nodulaciones donde bacteroides de *Rhizobium* permiten fijar nitrógeno que favorece la fitoextracción, liberan exudados de las raíces de las plantas acidificando el medio, lo que trae como consecuencia la disminución del pH y un incremento en la biodisponibilidad de los metales por las plantas (García, et al., 2012). En tanto, que *Panicum* que resulto ser más eficiente tiene un comportamiento invasivo en los campos de cultivo, agresiva y difícil de combatir

y un desarrollo vegetativo mayor a las otras especies permitiéndole traslocar mejor el contaminante en raíces, tallo y hojas.

De la misma forma, las especies *Helianthus Annuus L.* y *C. zizanoides* se emplearon para tratar suelo con plomo trabajando una densidad de cultivo de 12 y 45 plantas respectivamente, durante un periodo exposición comprendido entre (2 meses y 96 días respectivamente) y de manera Ex situ, presentaron reducción de plomo de 69,66% y 28% (Rodrigo, 2018; Ramos y López, 2018). Los resultados difieren en las 2 especies, probablemente debido a que en el caso de *Helianthus Annuus L.* quien presento una mayor remoción, se le añadió enmienda orgánica, la cual juega un papel importante en el proceso de fitorremediación, ya que esta favorece la adsorción radicular del metal; además esta especie presenta factores de bioconcentración y translocación altos por lo que se considerada una planta hiperacumuladora (González, et al., 2020).

Las especies *Zantedeschia aethiopica L.*, *Juncus inflexus* y *Helianthus Annuus L.* se emplearon para tratar suelo contaminado con cromo, las condiciones de trabajo fueron: densidad de cultivo de 12, 36 y 36 plantas respectivamente, durante un periodo exposición comprendido entre (20 semanas, 3 meses y 12 meses respectivamente) y de manera In situ, como resultados tuvieron reducción de cromo de 50% y 17% y 42,3% (Beltrán, Rosero, Cargua y Echevarría, 2019; Ramiro, Renata y Belloni, 2018; Peña y Beltrán, 2017). Así mismo, los resultados muestran una diferencia entre las 3 especies para remover cromo, donde *Zantedeschia* sobresale, probablemente debido a que esta planta trasloca el contaminante hacia las hojas del acumulado en la raíz, movilizándolo el contaminante con un factor de traslocación > 2.97 que identifica esta especie como hiperacumuladora In situ. (Beltrán, Rosero, Cargua y Echevarría, 2019).

Las especies *Brachiaria grass*, *Helianthus annus L.* y *Pteris vittata* se emplearon para tratar suelo contaminado con arsénico, las condiciones de trabajo fueron: densidad de cultivo de 12, 36 y 26 plantas respectivamente, durante un periodo exposición comprendido entre (55 días, 12 meses y 45 días respectivamente) y de manera Ex situ e In situ para *Helianthus*. Como resultados tuvieron reducción de arsénico de 25,3% y 54,46% y 35% (Antunes, Guimaraes y Campos, 2010; Peña y Beltrán, 2017; Potdukhe et al., 2018). Así mismo, los resultados muestran

una diferencia entre las 3 especies para remover arsénico, siendo el girasol quien presenta mejor capacidad radicular para extraer y acumular metales en la raíz, el tallo y las hojas, estabilizándolos mediante la formación de compuestos y/o confinándolos en la pared celular y vacuola, principalmente. A su vez, no son fácilmente afectadas por los contaminantes considerándola una planta hiperacumuladora (Gutiérrez, et al., 2011; Chico et al., 2012).

La absorción de metales pesados por las plantas es un mecanismo natural que estas tienen y generalmente es el primer paso para la entrada de contaminantes en la cadena alimentaria (Peña y Beltrán, 2017). Por ello, los estudios que evidencian sobre la acumulación de metales pesados por plantas son reveladores e importantes para establecer una adecuada seguridad alimentaria en las especies vegetales destinadas a la alimentación humana (Yan et al., 2020). Finalmente, la fitorremediación es una buena alternativa para recuperar suelos contaminados, pero se debe de tomar en cuenta factores como el pH y la enmienda de materia orgánica (MO), la cual contribuye al descenso del pH, lo que origina el incremento de la solubilidad de los metales, siendo móviles a pH ácido, mientras que a pH alcalino los minerales son poco solubles. De manera general la movilidad de los contaminantes metálicos en plantas es inversamente proporcional al pH (Amezcuca et al., 2020; Ríos et al., 2019; Peña y Beltrán, 2017; Amezcuca et al., 2020).

En general, al finalizar el proceso de fitorremediación las plantas han absorbido los contaminantes acumulados, estas pueden ser cosechadas y ser desechadas. Si los contaminantes químicos orgánicos se degradan en las moléculas como el dióxido de carbono, las plantas pueden no requerir ningún método especial de disposición. La incineración controlada es el método más común para disponer las plantas que han absorbido cantidades grandes de contaminantes. Este proceso produce cenizas, que se pueden desechar en los sitios destinados para tal fin. Para las plantas que han absorbido los metales, la incineración controlada produce las cenizas con altos contenidos de metales (Agudelo, Macías y Suarez, 2005).

Dentro de un proceso de fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados existen diversas especies vegetales con gran capacidad

fitorremediadora como alternativa, la elección de ellas dependerá del tiempo que se plantea invertir en el proyecto por ejemplo si se planea usar árboles, se debe de considerar periodos de fitorremediación más largos, debido a que el desarrollo vegetativo de estos es lento en comparación de una planta herbácea u hortaliza. También, se debe considerar el tipo de contaminante que se desea remover, de la concentración del contaminante en el suelo, la disponibilidad de la especie en el medio, donde las plantas endémicas serían las más adecuadas por tener características adaptativas propias para la zona a tratar, a su vez, se debe tener en cuenta el valor alimentario que la especie vegetal seleccionada tiene para el ser humano; por ejemplo, al evaluar el uso de una hortaliza o una planta herbácea. La técnica de fitoextracción resulta ser de mucha utilidad ya que permite traslocar al contaminante del suelo hacia la parte vegetativa de la planta, logrando así la extracción del metal para su posterior disposición segura.

V. CONCLUSIONES

Dentro de los procesos de Fitorremediación se encuentra dos técnicas importantes: Fitoextracción, y Fitoestabilización diferenciadas por su tiempo de exposición y son complementarias.

La técnica de fitorremediación es una de las técnicas más empleada para procesos de fitoextracción, porque trasloca contaminantes en distintos órganos de la planta lo que favorece su posterior extracción y eliminación de las zonas afectada.

La fitoestabilización ayuda a los procesos de fitoextracción inmovilizando metales pesados presentes en el suelo, evitando la migración de estos al ecosistema y reduciendo la probabilidad de que estos metales entren en la cadena alimentaria y que puedan ser extraídos por los vegetales fitoextractores,

Las especies herbáceas, se presentan como la mejor alternativa para los procesos de fitoextracción por presentar características como: crecimiento rápido, alta biomasa, raíces profundas y densas, retener grandes concentraciones de metales pesados en las partes aéreas de la planta, alta tolerancia a los efectos tóxicos de los metales pesados, y la capacidad de poder adaptarse a diversas condiciones ambientales de suelos contaminados, además ser altamente resistente a patógenos y plagas, y no ser plantas destinadas a consumo humano.

Dentro de la familia de las Plantas Herbáceas la especie más empleada para la fitorremediación por procesos de fitoextracción, tenemos a la *Helianthus annuus* L. que presenta una remoción de mercurio del (54, 46%), plomo (40%) y Cromo (23%), lo que identifica a esta especie como una de las más versátiles y eficientes para absorber metales pesados del suelo.

Dentro de la familia de las Plantas arbóreas la especie más empleada para la fitoremediación, tenemos a la Acacia Saligna, que presenta una remoción de cromo del 80%, para procesos de fitoestabilización que considerando su tiempo de exposición de la planta debe ser empleada a largo plazo (Procesos de reforestación).

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda identificar especies que presenten mayor adaptabilidad y resistencia a condiciones extremas de la calidad del suelo a tratar y condiciones climáticas variables.

Se recomienda la fitorremediación asistida por microorganismos benéficos utilizados en otros trabajos de investigación, como una alternativa para mejorar la eficacia en los tratamientos de desintoxicación de sistemas contaminados por metales pesados.

Efectuar estudios de la relación: densidad poblacional vegetativa con porcentaje de eficacia en procesos de fitorremediación

Incluir en los estudios la influencia de las condiciones climáticas para los procesos de fitorremediación.

REFERENCIAS

AGUDELO Betancur, Lina Marcela, MACIAS Mazo, Karina Isabel y SUÁREZ Mendoza, Alfredo José Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. Revista Lasallista de Investigación [en línea]. 2005, 2(1), 57-60 [fecha de Consulta 1 de diciembre de 2020]. ISSN: 1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520110>

AGUDELO, Lina, MACIAS, Karina y SUARES, Alfredo. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. Redalyc 2010. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520110>

ISSN: 1794-4449

ALMAGRO, Lorena, SEGURA, Ana, PEDREÑO, María y BERNAL, María. Tolerancia y acumulación de metales y As en diferentes especies Cistus L. 2015. Disponible en:

https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/37/PDF/37_2015_16.pdf

AMEZCUA, Victoria y HERNANDEZ, Elizabeth. Fitorremediación de residuos de minas contaminados con metales pesados. ResearchGate 2020. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/343380921>

ISSN 2334-2501

BAYON, Sara. Aplicación de la fitorremediación a suelos contaminados por metales pesados. Universidad Complutense Madrid 2015. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/47872/>

BELTRAN, Andrés, ROSERO, Carlos, CARGUA, Franklin y ECHEVERRIA, Magdy. Potencial de Zantedeschia aethiopica L. para la rehabilitación de suelos contaminados con cromo hexavalente en zonas altoandinas de Ecuador. 2019. Disponible en:

https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/77859

ISSN 0120-2812

BOROS, Edyta, WYSZKOWSKA, Jadwiga y KUCHARSKI, Jan. Phytoremediation of soil contaminated with nickel, cadmium and cobalt. ResearchGate 2020. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/343947122>

CARMENATO, Ramiro, IZQUIERDO, Fernando y BALBIN, María. Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de Oryza sativa L y Solanum tuberosum L. ResearchGate 2018. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/277024372>

ISSN: 1010-2760

CARPENA, R. y PILAR M. Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. Ecosistemas 2007. Disponible en:

<file:///C:/Users/usuario1/Downloads/123-240-1-SM>

CARTAYA, Omar [et al.]. Efecto de la aplicación Foliar de Oligogalacturonidos a plántulas de tomate (Solanum Lycopersicum L.) en la fitoextracción de cobre en suelo contaminado. Redalyc 2017. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193253129020>

ISSN: 1819-4087

CARTAYA, Omar, REYNALDO, Ines, PENICHE, Carlos y GARRIDO, María. Empleo de Polímeros naturales como alternativa para la remediación de suelos contaminados por metales pesados. ResearchGate 2011. Disponible en.

<https://www.researchgate.net/publication/228663999>

ISSN: 0188-4999

CIFUENTES, Paola y Novillo, Fernando. Uso de plantas de pepinillo (Cucumis sativus) para fitorremediar suelos contaminados con cromo. ResearchGate 2017. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/336067607>

COVARRUBIAS, Sergio y PEÑA, Juan. Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 2017. Disponible en:

<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp01.01/46640>

DE LA CRUZ, Cesar, RAMOS, Sebastián y LOPEZ, Sugey. Effect of the addition of organic acids on the bioaccumulation of Lead, Thallium and Vanadium in *Chrysopogon zizanioides* growing on contaminated soils from a landfill. ResearchGate 2018. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/331731712>

ISSN 2007 – 070

De la Cruz-Pons, A. [et al.]. Metales pesados en suelos cultivados con caña de azúcar en la Chontalpa Tabasco. Redalyc 2018. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15424357002>

ISSN: 0186-2979

DELGADILLO, Angélica. [et al.]. Potencial de fitorremediación por plantas de suelo contaminado con metales pesados. 2018. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002#:~:text=La%20fitorremediaci%C3%B3n%20aprovecha%20la%20capacidad,y%20compuestos%20derivados%20del%20petr%C3%B3leo

DELGADILLO López, Angélica Evelin, [et al.]. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and subtropical agroecosystems, 2011, vol. 14, no 2, p. 597-612.

Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

FERRO, ARRIAGADA Y HERRERA. Fitorremediación en suelos contaminados con arsénico por dos especies de *Eucalyptus* (*eucalyptus globulus* Labill y *Eucalytus nitens* Deane y Maiden. Worldwidescience 2017. Disponible en:

<https://worldwidescience.org/wws/desktop/en/results.html>

GALÁN, ROMERO. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. 2013
Disponibile en: http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf

GALLARDO, Santiago. Propuesta de Fitorremediación en suelos contaminados con metales pesados mediante la utilización de *Helianthus annuus* L en Camilo Ponce Enríquez, Azuay, Ecuador. Tesina 2019. Disponible en:
<http://181.198.35.98/Archivos/GALLARDO%20QUINTEROS%20AHOMED%20SANTIAGO>

GARCIA, Elizabeth, RIGOBERTO, José, JUAREZ, Luis y GOMEZ, Madal. La respuesta de Haba (*Vicia Faba*, L) cultivada en un suelo contaminado con diferentes concentraciones de Cadmio. Research Gate 2012. Disponible en:
<https://www.researchgate.net/publication/262617828>

GARCIA, Francisco Prieto, [et al.]. Phytoremediation: an alternative to eliminate pollution. Tropical and subtropical agroecosystems, 2011, vol. 14, no 2, p. 597-612. Disponible en. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

GARCIA Gallegos, Elizabeth [et al.]. La respuesta de haba (*Vicia faba*, L.) cultivada en un suelo contaminado con diferentes concentraciones de cadmio. Rev. Int. Contam. Ambient [online]. 2012, vol.28, n.2 [citado 2020 – 12- 06], pp.119-126. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000200002&lng=es&nrm=iso. ISSN 0188-4999.

GONZALES, Lilia. Fitorremediación a escala piloto de suelos contaminados con mercurio y cobre usando *Jatropha curcas* L en zona minera el Alacrán. Maestría en Ciencias Ambientales, 2020. Disponible en:
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/xmlui/handle/ucordoba/3405>

GONZÁLEZ Pérez, Lilia Esther, [et al.]. Fitorremediación a escala piloto de suelos contaminados con mercurio y cobre usando *Jatropha curcas* L. en zona minera el Alacrán. 2020. Disponible en:

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/xmlui/handle/ucordoba/3405/restricted-resource?bitstreamId=c7d83f1e-d7da-4b0e-aaff-220a0fa75c13>

GUTIÉRREZ-ESPINOZA. [et al.] Germinación de girasol silvestre (*Helianthus annuus* L.) en presencia de diferentes concentraciones de metales. *Latinoam Biotecnol Amb Algal* 2(1):49-56 2017. Disponible en:

<http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/27>

HERNANDEZ, Luis y [FOROUGHBAKHCH](#), Rāhim. Especies con uso potencial en fitorremediación. ResearchGate 2010. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/236876055>

HERNANDEZ, Sergio y PEÑA, Juan. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y Estrategias de Fitorremediación. ResearchGate 2017. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/315969604>

HUGO, Alicia. [et al.]. Uso de ligandos orgánicos en la Fitoextracción de Plomo por Ricino (*Ricinus communis* L.). 2018. Disponible en:

<https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/677>

ISSN: 1852-2181

INGA, Claudia. [et al.] Estudio sobre el uso potencial de especies vegetales para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo. ResearchGate 2019. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/334627145>

JARA-ENOC. [et al.] Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas en suelos contaminados con metales pesados. ResearchGate 2014. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/276211849>

ISSN-L 1561-0837

LANDEROS, Oscar. [et al.]. Uso potencial del huizache (*Acacia farnesiana* L. will) en la fitorremediación de suelos contaminados con plomo. Redalyc 2010. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62921030010&idp=1&cid=47945>

ISSN: 2007-3828

MARRERO, Jeannette, AMORES, Isis y COTO, Orquídea. Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. Redalyc 2012. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223124988007.pdf>

ISSN: 0138-6204

MUNIVE, Rubén, LOLI, Oscar y GAMARRA, Gilberto. Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación de metales pesados. ResearchGate 2018. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/330210237>

OBESO, Aida, CASTILLO, Alberto, GURREOBERO, Cesar y VEJARANO, Ricardo. Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados mediante cultivo de geranio (*Pelargonium zonale*). 2017. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/9832>

ORTEGA, Rafael, BELTRAN, Javier y MARRUGO, José. Acumulación del mercurio (Hg) por caña flecha (*Gynerium sagittatum*) (Aubl) Beauv. In vitro. Scielo 2011. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752011000100005&script=sci_abstract&lng=es

PECO, L, CAMPOS, Juan, LEON, Pablo y SANDALIO, Luisa. Mecanismos de tolerancia y acumulación de metales pesados en *Biscutella auriculata* L. ResearchGate 2018. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/331547746>

PEÑA, Flor y BELTRAN, Moisés. Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la estación experimental el Mantaro. ResearchGate 2017. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/320750258>

PEREIRA, Evandro, POMA, Víctor y VALDERRAMA, Ana. Evaluación de métodos de fitorremediación y biosorción en la remoción de plomo, cobre y zinc. Scielo 2015. Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v80n3/a03v80n3>

QUINTEROS, Jorge y OCHOA, Jorge. Evaluación de dos mecanismos de fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados en la represa del Muña, municipio de Sibate Cundinamarca. Universidad Libre 2012.

Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/7197>

QUIÑONES, Miguel. [et al.]. Evaluación de la tolerancia al mercurio de dos variedades de altramuz en suelos del distrito minero de Almadén. 2017.

Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/199983>

RAMIREZ, Ricardo. [et al.]. Potencial fitorremediador de la chicura (Ambrosia Ambrosioides) en suelos contaminados con metales pesados. ResearchGate 2019. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/337091068>

REGALADO, Ivet. [et al.]. Cambios anatómicos en la especie Cynodon nlemfuensis Vanderyst en suelos contaminados por metales pesados. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 2014. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542014000400007

ISSN -1010-2760

RIOS, Mayra. [et al.] Acumulación de plomo en especias: potencial para procesos de fitorremediación de suelos urbanos contaminados en argentina. ResearchGate 2019. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/335639107>

ISSN 2176-8501

RODRIGO, Damaris. Estimación de la capacidad fitorremediadora del girasol Helianthus annuus mediante la incorporación de enmiendas para suelos contaminados con metales pesados de industrias metalmeccánicas. ResearchGate 2018. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/327166972>

ISSN 2410-843x

RODRÍGUEZ, Eugenio y MCLAUGHLIN, Pennock. 2018. Soil Pollution: a hidden reality. Rome.2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9183EN/i9183en.pdf>

ROQUETA Ibert, Diego José. Estudio bibliográfico de los criterios base para la selección del método de recuperación de un suelo contaminado. 2016. Tesis Doctoral (Grado en Ciencias Ambientales). Universidad politécnica de valencia. Disponible en:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/72603/ROQUETA%20-%20Estudio%20bibliogr%C3%A1fico%20de%20los%20criterios%20base%20para%20la%20selecci%C3%B3n%20del%20m%C3%A9todo%20de%20recuperaci%C3%B3n%20pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SALAZAR, Alfonso, CUBERO, Mario y DURAN, Bárbara. Movilidad de metales del suelo al pasto en la región norte de costa rica. Agronomía Costarricense. 2020. Disponible en:

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/40018>

ISSN: 0377-9424

SANCHEZ, Miguel y RENGIFO, Juan. Evaluación del contenido de metales pesados Cd y Pb en diferentes edades y etapas fenológicas del cultivo de cacao en dos zonas del alto Huallaga, Huánuco (Perú). Rev. De investig. Agroproducción sustentable 2017. Disponible en:

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/356>

ISSN: 2520-5145

VIDAL, Víctor, MARRUGO, Luis, JARAMILLO, Beatriz y PEREZ, María. Remediación de suelos contaminados con mercurio utilizando guarumo (Cecropia peltata). ResearchGate 2010. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/279504484>

ISSN: 0122-3461

YAN, An, [et al.]. Phytoremediation: a promising approach for revegetation of heavy metal-polluted land. Frontiers in Plant Science, 2020, vol. 11 Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7203417/>

ZGORELEC, Bilandzija y KNEZ, Galic. Cadmium and Mercury phytostabilization from soil using *Miscanthus × giganteus*. 2020 Scientific Reports. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rca/v21n2/0188-4999-rca-21-02-91.pdf>

ANEXOS

Anexo Nº 1 Ficha de análisis de datos

FICHA DE ANALISIS		
TITULO:		
REVISTA INDEXADA:	IDIOMA:	AÑO:
AÑO DE PUBLICACION:		
AUTORES:		
PALABRAS CLAVES:		
OBJETIVO:		
METODOLOGIA:		
RESULTADOS:		
ONCLUSIONES:		
TECNICA DE FITORREMEDIACION		



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 2 Ficha de recolección de datos

Autores/Año	TITULO	TECNICA	ESPECIE VEGETAL	CONTAMINANTE	RESULTADOS
Ríos Medran, Lacava, Curotto, Fuks (2019).	Acumulación de plomo en especias: Potencial para procesos de fitorremediación de suelos urbanos contaminados en Argentina	Fitoextracción	<i>Allium fistulosum</i> (cebolla de verdeo) y <i>Origanum</i> (orégano)	Plomo	La acumulación de plomo en la cebolla fue de 85,75% y en el orégano 86,4% y el Factor de transferencia fue de 0,40 y 0,42 respectivamente
Peña, Beltrán (2017)	Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando <i>Helianthus annuus</i> L. en la estación experimental el Mantaro.	Fitovolatilización	<i>Helianthus annuus</i> L.	Cadmio, cromo, hierro, manganeso, plomo y metaloides antimonio y arsénico.	La especie en estudio acumulo en la raíz Cu(5,582ppm), Fe(276,05ppm), Mn(32,135ppm), Pb(0,3685) y Zn(100,135ppm)
Amezcuá-Ávila, Hernández Acosta, Vargas Díaz (2020)	Fitorremediación de residuos de minas contaminados con metales pesados.	Fitoestimulación	<i>Lolium perenne</i> y <i>Poa prantesis</i>	cobre, zinc, magnesio, cadmio, níquel y plomo	El pH inicial fue de 3.4 a 7.9 y el pH final fue de 3.8 a 7.3. Concentración de materia orgánica: 0.27%. <i>L. perenne</i> extrajo mayor cantidad de cobre 99.70mgkg ⁻¹ .

Melgoza (2017)	Germinación de girasol silvestre (<i>Helianthus annuus</i> L.) En presencia de diferentes concentraciones de metales.	Fitoestimulación	<i>Helianthus annuus</i> L.	Cadmio y Plomo	la germinación promedio de la semilla de girasol fue de 9.08% y la germinación más alta fue de 10% en presencia de Cd y Pb (100mg/L)
Marrugo., Jaramillo (2010).	Remediación de suelos contaminados con mercurio utilizando guarumo (<i>Cecropia peltata</i>).	Fitoextracción	<i>Cecropia peltata</i>.	Mercurio	Los porcentajes de remoción estuvieron entre 15.7% y 33.7% remoción de que metales
Enoc (2014).	Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas en suelos contaminados con metales pesados.	Fitoextracción	<i>Solanum nitidum</i>, <i>Brasica raoo</i>, <i>Fuertesimalva echinata</i>, <i>Urtica urens</i> y <i>Lupinus ballianus</i>.	Plomo y Cadmio	La Fuertesimalva echinata acumulo 2015.1mg de plomo en la raíz. En <i>L. ballianus</i> acumulo 287.3mg de cadmio en la raíz.

Ramos., López (2018)	Effect of the addition of organic acids on the bioaccumulation of Lead, Thalium and Vanadium in Chysopong zizanioides growing on contaminated soils from a landfill.	Fitoestabilización	<i>C. Zizanoides</i>	Plomo, Talio, Vanadio	Al añadir el ácido cítrico movilizo en el suelo la mayor cantidad de Plomo, Talio y Vanadio, logrando mayor acumulación de Talio (230.0mg) en las hojas de la planta
Cifuentes., Novillo (2017)	Uso de plantas de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i>) para fitorremediar suelos contaminados con cromo.	Fitovolatilización	<i>Cucumis sativus</i>	Cromo	Se encontró que después de 80 días la plántula redujo los niveles en un 38%, 34% y 31% de Cromo
Hernández (2010)	Especies con uso potencial en fitorremediación.	Fitoextracción	<i>Schinus molle L., Larrea tridentata, Coville, Haplopappus venetus, Viguiera linearis,</i>	Plomo	La especie <i>Malva parviflora</i> L. tiene la capacidad de acumular Plomo entre un 32% y 43% en la raíz.

			<i>Polygonum aviculare</i> y <i>Malva parviflora</i> L.		
Inga (2019)	Estudio sobre el uso potencial de especies vegetales para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo.	Fitoextracción	<i>Festuca arundinacea</i>	Plomo	La Festuca arundinacea acumulo 5,142ppm de plomo en su raíz
Ramírez (2019).	Potencial fitorremediador de la chicura (Ambrosia Ambrosioides) en suelos contaminados con metales pesados.	Fitoextracción	<i>Ambrosia Ambrosioides</i> (chicura)	Cadmio, Cobre y Plomo.	Se mostro que en la raíz, talla y hojas las mejores concentraciones fue de cobre. Valores 15 827.2, 13 030.9 y 4979.4mg kg-1

Rodrigo (2018)	Estimación de la capacidad fitorremediadora del girasol <i>Helianthus annuus</i> mediante la incorporación de enmiendas para suelos contaminados con metales pesados de industrias metalmeccánicas.	Fitoextracción	<i>Helianthus annuus</i> (girasol)	Plomo y Cadmio	se evidencio que la aplicación de enmiendas en los tratamientos favoreció a la bioacumulación de Pb en las plantas (50.70ppm en T3; 41.30 en T4)
Hernández., Peña (2017).	Contaminación ambiental por metales pesados: Problemática y Estrategias de Fitorremediación.	Fitovolatilización	<i>Scirpus americanus</i>, <i>Typha latifolia</i>, <i>Jatrpha dioica</i>, <i>Eichhornia crassipes</i> y <i>Amaranthus Hybridus</i>.	Mercurio, Arsénico, Plomo y Cromo	La especie que con mayor capacidad de acumulación de plomo es <i>Scirpus americanus</i> (400mg/kg).
Pecos. (2018)	Mecanismos de tolerancia y acumulación de metales pesados en <i>Biscutella auriculata</i> L.	Fitoextracción	<i>Biscutella auriculata</i> L.	Cadmio, Cobre y Plomo.	La especie <i>Biscutella auriculata</i> L. acumulo 500,00 ppm de plomo y lo mismo acumulo de cobre, 150,00 ppm de cadmio

Boros (2020)	Phytoremediation of soil contaminated with nickel, cadmium and cobalt.	Fitoestabilización	<i>E. elongatus</i>	Cadmio, Níquel, Cobalto	Entre las especies en estudio, solo <i>E. elongatus</i> resulto ser adecuada para la fitoextracción de cadmio, (220,00ppm) mientras que las otras dos especies demostraron ser adecuadas para la fitoestabilización de cadmio y cobalto.
Sánchez, Rengifo (2017)	Evaluación del contenido de metales pesados Cd y Pb en diferentes edades y etapas fenológicas del cultivo de cacao en dos zonas del alto Huallaga, Huánuco(Perú)	Fitoextracción	<i>Theobroma cacao</i>	Cadmio y Plomo	Destacan los valores obtenidos a nivel foliar con 30ppm de plomo.
Landeros, Tejo, Reveles, Valdez (2010)	Uso potencial del huizache (<i>Acacia farnesiana</i> L. will) en la fitorremediación de suelos contaminados con plomo.	Fitoextracción	<i>Acacia farnesiana</i> L. will (<i>huizache</i>)	Plomo	La concentración entre los dos factores fue estadísticamente significativa (P=0.0074), encontrándose que la mayor acumulación de plomo ocurrió en la parte aérea de la planta con una medida de 352.34mg.kg-1.

Cruz, Zavala, Guerrero, Salgado (2018)	Metales pesados en suelos cultivados con caña de azúcar en la Chántala Tabasco.	Fitovolatilización	<i>Saccharum officinarum</i>	Plomo, Níquel, Hierro, Cobre y Zinc	No se detectó V y Cd, y los contenidos de Pb, Ni, Fe, Cu, Zn no representan riesgo de contaminación en el suelo, tampoco se detectó metales en las hojas.
Delince, Valdes, López, Guridi (2018)	Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de <i>Oryza sativa</i> L y <i>Solanum tuberosum</i> L.	Fitoestimulación	<i>Oryza sativa</i> L. y <i>Solanum tuberosum</i> L.	Plomo	El contenido de metales pesados y la actividad de la enzima catalasa (EC 1.11.1.6) a los 60 días después de la siembra para el cultivar de arroz.
Quiñones, Fajardo, Rodríguez, Contreras (2017)	Evaluación de la tolerancia al mercurio de dos variedades de altramuz en	Fitoestimulación	<i>Leguminosa risobio</i>	Mercurio	Se mostro una gran diferencia de pH, siendo 6.9 el de almadenejos y 5.1 el de las Cuevas.

	suelos del distrito minero de Almaden.				
Salazar, Cubero, Duran (2020)	Movilidad de metales del suelo al pasto en la región norte de costa rica.	Fitoextracción	<i>Sorghum sudanense</i>	Cadmio, Zinc, Magnesio y Fierro.	Transferencia moderada por el Ca (37,04%) y el Zn (24,75%) y una baja transferencia para Mn (1,85%), Fe (1,35%) y Cu (4,35%).
Beltrán, Rosero, Cargua, Echevarría (2019)	Potencial de <i>Zantedeschia aethiopica</i> L. para la rehabilitación de suelos contaminados con cromo hexavalente en zonas altoandinas de Ecuador.	Fitovolatilización	<i>Zantedeschia aethiopica</i> L.	Cromo	Los resultados mostraron toxicidad similar de Cr en concentraciones de 100, 200 y 300mg/kg en la etapa de germinación y con efectos fisiológicos en el crecimiento de la planta, presentando ausencia de floración, enanismo y marchitamiento.

Rendina, Miniño, Bursz, Barros (2018).	Uso de ligandos orgánicos en la Fitoextracción de Plomo por Ricino (<i>Ricinus communis</i> L.).	Fitoextracción	<i>Ricinus communis</i> L.	Plomo	El valor del factor de bioconcentración (1.03) y el factor de translocación (1.73) de Ricino mediante la incorporación de EDTA.
Rodríguez, Leiseca, Cabrera (2014).	Cambios anatómicos en la especie <i>Cynodon nlenfuensis</i> Vamderhyst en suelos contaminados por metales pesados.	Fitoextracción	<i>Cynodon nlenfuensis</i> Vamderhyst	Fierro, Níquel, Cobre, Plomo	Aérea Fe(1541,3) Ni(240) Cu(189) Pb(2518) Raíz Fe(3575,4) Ni(180) Cu(76,8) Pb(1388) CV% Fe(16,28) Ni(7,05) Cu(11,3) Pb(3,58)
Cartaya, Reynaldo, Peniche, Garrido (2010).	Empleo de Polímeros naturales como alternativa para la remediación de	Fitoextracción	<i>Tomate variedad Amelia</i>	Cobre	En T3 la dosis de 10mg/L de ogal provocó una distribución de los iones de Cu. El resultado que mayor acumulación de Cu fue en la parte foliar con 15mg/g.

	suelos contaminados por metales pesados.				
García, Juárez, Montiel, Gómez (2012).	La respuesta de Haba (<i>Vicia Faba L.</i>) cultivada en un suelo contaminado con diferentes concentraciones de Cadmio.	Fitovolatilización	<i>Vicia Faba L.</i> (Haba)	Cadmio	A los 120 días se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la concentración inicial y final de Cd, se presentó una reducción del 46,4 y 45,3%. La raíz de la planta bioconcentro mayor cantidad de Cd de 3.8 a 37.1mg/kg.
Ramiro, Renata, Belloni (2018).	Potencial de fitorremediación por plantas de suelo contaminado con metales pesados.	Fitovolatilización	<i>Juncus inflexus</i>	Cadmio, Plomo, Cobre, Cromo, Niquel y Zinc	<i>Juncus inflexus</i> eliminó 45% de Cd, 6% de Pb, 10% de Cu, 8% de Cr, 13% de Ni y 32% de Zn, mientras que <i>Typha latifolia</i> eliminó 14% de Cd, 18% de Pb, 13% de Cu, 32% de Cr, 17% de Ni y 25% de Zn.
		Fitoestimulación	<i>Jatropha curcas L.</i>	Manganeso	

Gonzales Pérez (2020)	Fitorremediación a escala piloto de suelos contaminados con mercurio y cobre usando <i>Jatropha curcas</i> L en zona minera el Alacran.				El Ph disminuyo, el contenido de materia orgánica aumento 0,3 y 0,2%. El Mn en el suelo Z1 aumento en un 44,2mg/kg y en el suelo Z2 disminuyo en 84,4mg/kg. La especie logro un crecimiento vegetativo sin presentar ningún tipo de estrés.
Quiñones, Fajardo, Rodríguez, Contreras (2017)	Tolerancia al mercurio de variedades de <i>Lupinus albus</i> inoculadas <i>Bradyrhizobium</i> en suelos contaminados con mercurio.	Fitovolatilización	<i>Lupinus albus</i>	Mercurio	El pH del suelo de Almanedijos fue de 6,9 y en el suelo de las cuevas fue de 5,1, el porcentaje de mercurio es de 2,1 y del 13,1 respectivamente.
Antunes, Guimaraes y Campos (2010)	Fitorremediación de suelos contaminados con arsénico (As) utilizando <i>Brachiaria grass</i>	Fitodegradación	<i>Brachiaria grass</i>	Arsénico	El desarrollo de la planta se vio afectada por el As en las seis clases de suelo. Hubo baja traslocación de As y en consecuencia la mayor parte del As se detectó en las raíces de <i>Brachiaria decumbens</i> (23,2mg/kg)

Santana, Natielo (2018)	Fitorremediación del cobre en viñedos: efecto del hongo micorrizico arbuscular, lombrices y vermicompost.	Fitoextracción	<i>Cultivo de Frejol</i>	Cobre	En el experimento I el suelo fue contaminado con 100mg/kg-1 de cobre para el cultivo de frijol (<i>Canavalia ensiformis L.</i>) con 5 dosis de vermicompost e inoculado con el hongo micorrizico, En el experimento II se cultivó frejol en el suelo arenoso con la misma cantidad de cobre pero sin vermicompost ni con el hongo micorrizico.
Munive, Azabache, Loli y Gamarra (2018)	Fitorremediación con Maíz (<i>Zea mays L.</i>) y compost de stevia en suelos degradados por contaminación de metales pesados.	Fitoextracción	<i>Zea mays L.</i>	Plomo y Cadmio	La planta de maíz absorbe los metales pesados con una mayor acumulación de plomo(56,04%) y cadmio(42,02%) en la raíz

Ferro Pulo (2027).	Fitorremediación en suelos contaminados con arsénico por dos especies de Eucalyptus (eucalyptus globulus Labill y Eucalytus nitens Deane y Maiden.	Fitoextracción	<i>Eucalyptus globulus Labill y Eucalytus</i>	Arsénico	Ante el aumento de As en el suelo hubo un aumento en los niveles respectivos en las raíces (102.2 y 133.3ug) y en hojas (11.64ug As g-1). La especie E globulus registró mayor tasa de crecimiento, producción de biomasa y mayor tolerancia al As.
Evandro Pereira (2015)	Evaluación de métodos de fitorremediación y biosorción en la remoción de plomo, cobre y zinc.	Fitoextracción	<i>Helianthus annuus</i>	Plomo, Cobre y Zinc	El girasol fue eficiente en la remoción de los 3 metales pesados estudiadas con tasas de remoción superiores al 40% para todas las muestras.
Ortega, Beltrán, Marrugo (2011)	Acumulación del mercurio (Hg) por caña flecha (Gynerium sagittatum) (Aubl) Beauv. In vitro.	Fitoextracción	<i>Gynerium sagittatum</i>	Mercurio	(P<0,5) con la concentración media del HgT. Aumento la concentración en las raíces hasta llegar a 55,98ug seguida de los tallos y hojas con 14,84ug.

Almagro, Segura, Pedreño, Bernal (2015)	Tolerancia y acumulación de metales y As en diferentes especies <i>Cistus</i> L.	Fitovolatilización	<i>Cistus</i> L.	Arsénico	El suelo 1 presento una reducción de contenido en MO(0,2%) Y NT(0,4g kg ⁻¹). La mayoría de las especies presentaron altas concentraciones Cu(>20mg kg ⁻¹). Las concentraciones en la parte aérea fueron muy elevadas (>2.000mg kg ⁻¹) en todas las especies.
Cartaya, Guridi, Cabrera y Moreno (2017)	Efecto de la aplicación Foliar de Oligogalacturonidos a plantulas de tomate (<i>Solanum Lycopersicum</i> L.) en la fitoextracion de cobre en suelo contaminado.	Fitoextracción	<i>Solanum Lycopersicum</i> L.	Cobre	El contenido de Cu biodisponible en el suelo contaminado fue de 650mg kg ⁻¹ . Al analizar el contenido de metales en los diferentes órganos de las plántulas de obtuvo mejor resultado cuando se aplicó una solución de 20mg L ⁻¹
Ríos (2019).	Acumulación de plomo en especias: Potencial para procesos de fitorremediacion de suelos urbanos contaminados en Argentina.	Fitoextracción	<i>cebolla y tomate</i>	Plomo	La cantidad de plomo acumulado en los vegetales equivale al 85,5% de remoción de plomo en la cebolla y para el orégano un 86,4%. El factor de transferencia fue similar: 0,40 para verdeo y 0,42 para el orégano.

J.M. becerril,O. Barrutia, J.I. Garcia Plazaola,A. Hernandez, J.M. Olano, C. Garbisu	Especies nativas de suelos contaminados por metales : aspectos ecofisiologicas y su uso en fitorremediacion	Fitoextracción	<i>T. caerulences y R. acetosa</i>	Plomo, Cadmio y Zinc	Se comprobo la tolerancia a los metales de ambas poblacionales al cultivarlas en condiciones contraladas de invernadero sobre un sustrato artificial contaminado con 500 mg Kg ⁻¹ de Pb , 250 mg Kg ⁻¹ de Zn y 1 mg Kg ⁻¹ de Cd. Asi pudimos determinar que la población LAN de R acetosa era mucho más tolerante a la presencia de metales pesados
Cui Li , Qing- Hai Wang, Bo Xiao, Yun Fuli	Potencial de fitorremediacion del pasto varilla (Panicum Virgatum L.) para suelos contaminados con Cr	Fitoextracción	<i>Panicum Virgatum L.</i>	Cromo	La mayor acumulación de Cr en plantas alcanzo 1534,8 mg/maceta; para suelos muy contaminados con Cr (600 mg/kg) la concentración en las raíces fue de 872,5 mg/kg implica que la raíz del pasto varilla tiene una gran capacidad para absorber Cr del suelo contaminado

Elena Coyago y Sara Bonilla(2016)	Phytoremediation of cadmium polluted soils with <i>Ipomoea Asarifolia</i>	Fitoextracción	<i>Ipomoea Asarifolia</i>	Cadmio	La <i>Ipomoea Asarifolia</i> acumulo una biomasa total de 0.23 ± 0.63 , 272.85 ± 1.99 , 3777.40 ± 0.63 y 459.48 ± 0.60 mg/kg de Cd enmendados respectivamente. Los índices de transporte, el RTI y el STI para la traslocación de Cd a los tallos y hoja de la planta fueron superiores a 1, indicando que la planta tiene un potencial en la Fitoextracción de Cd
Sadia Kanwal, Asma Bano and Riffat Naseem Mallk (2016)	Role of arbuscular mycotthizal fungi in phytoremediation of heavy metals and effects on growth and biochemical activities of wheat (<i>Triticum Aestivum L.</i>) plants in Zn contaminated soils	Fitoextracción	<i>Triticum Aestivum L.</i>	Zinc	Indicaron que las micorrizas inoculadas y las plantas se desempeñaron mejor a concentraciones moderadas de Zn (300 mg/kg^{-1}) en plantas asociadas a HMA, Zn los contenidos fueron menores en la parte de los brotes de las plantas en comparación con las raíces. Se encontraron actividades enzimáticas antioxidantes en las concentraciones mas altas de Zn aplicadas ($900 \text{ mg/kg} \cdot 1$)

<p>Oladele,EO; Adewumi,OO; Taiwo,IA; Odeigah,PGC (2018)</p>	<p>Removal of Pb and Zn from soil using cowpea (<i>Vigna Unguiculata</i>) and maize (<i>Zea mays</i>) plants</p>	<p>Fitoextracción</p>	<p><i>Vigna Unguiculata L. y Zea Mays</i></p>	<p>Plomo y zinc</p>	<p>Las plantas fueron tratadas con nitrato de plomo a una concentración de 150 mg/kg -1 el porcentaje de Pb eliminado dentro de los tejidos de la planta fue de 65.68 mg/kg .1 (44,79%) y 78.93 mg/kg -1 (53 %)para caupi y maíz con factores de bioconcentracion de 0,80 y 0,78 respectivamente.</p>
<p>Olatunji, OS; Ximba, BJ; Fatoki, OS; Opeolu, BO (2014)</p>	<p>Assessment of the phytoremediation potential of <i>Panicum Maximum</i> (Guinea grass) for selected heavy metal removal from contaminated soils</p>	<p>Fitoextracción</p>	<p><i>Panicum Maximum (Guinea grass)</i></p>	<p>Plomo, Cobre y Cadmio</p>	<p>La absorción de metales siguió tendencias similares para Cr y Cd en tejidos vegetales. Los valores para Cr oscilo entre 0.31 a 0.69 en raíz; 0.17 a 0.52 en tallo y 0.07 a 0.34 en follaje ,valores similares para Cd oscilo entre 0.14 a 0.53 en raíz ;0.10 a 0.44 en tallo y 0.05 a 0.37 en follaje. La acumulación de metales pesados en <i>P. Maximum</i> oscilo entre 13-45 % Pb, 13-65% Cr y 11-52% Cd aproximadamente del nivel de concentración del suelo con abundancia de tejido.</p>

Mahdieh, Yazdani, Mahdieh (2013)	El alto potencial de la planta <i>Pelargonium roseum</i> para la fitorremediación de metales pesados	Fitoextracción	<i>Pelargonium roseum</i>	Plomo, Cadmio y Níquel	Los resultados mostraron que las plantas de geranio perfumadas acumularon más de 20,055 mg de Ni kg ⁻¹ peso seco (DW) de raíz y 10,889 mg de Ni kg ⁻¹ DW de brote, y más de 86,566 mg de Pb kg ⁻¹ DW para raíces y 4.416 mg de Pb kg ⁻¹ DW para brotes dentro de los 14 días. Además, la absorción y acumulación de cadmio en las raíces de las plantas de geranio perfumadas aumentó con la exposición a niveles bajos (250, 500 mg L ⁻¹) y nivel medio (750 mg L ⁻¹) seguido de una disminución en el nivel más alto (1,000 mg L ⁻¹). La mayor acumulación en raíces (31,267 mg kg ⁻¹ DW) se observó en el tratamiento con cadmio de 750 mg L ⁻¹ .
Ehab Azab, Ahmad and K. Hegazy (2020)	Monitoring the efficiency of <i>Rhazya stricta</i> L. Plants in phytoremediation of heavy metal contaminated soil	Fitoextracción	<i>Rhazya stricta</i> L.	Zinc	Los valores de BCF para plantas cultivadas en los tratamientos de 10 mg/kg de Zn fueron 1.54 en raíces, 1.22 en tallo y 1.41 en hojas respectivamente y para 50 mg/kg de Zn fueron 1.25 en raíces, 1.02 en tallo y 1.1 en hojas. El factor de translocación (TF) de los diferentes metales fue menor que la unidad.
		Fitoextracción	<i>Helianthus annuus</i>	Plomo y Cadmio	

Aloboudi, Ahmed y Brodie (2018)	Fitorremediación de suelos contaminados con Pb y Cd usando <i>Helianthus Annuus</i> planta				La concentración máxima de Pb y Cd en el brote (40.1 mg/kg-1 y 65.7 mg/kg-1) y raíces (107.7 mg/ kg -1 y 71. 3 mg/kg -1) se registraron en la planta cultivada en el suelo modificado con 20 mg/kg -1 con un valor promedio de 1.67. El valor de Tf de Cd aumento al aumentar los niveles de Cd en el suelo, Sin embargo ; el TF de Pb disminuyo al aumentar los niveles de Pb en el suelo.
Vargas, Esteban, Masaguer y Moliner (2013)	Comportamiento de la Vetiveria (<i>Chrysopogon Zizanioides</i> L.) como extractora de metales pesados en suelo contaminado	Fitoextracción	<i>Chrysopogon zizanioides</i> L	Zinc y Cobre	Los resultados indican que se encontraron diferencias significativas entre Bustarviejo y La Unión con respecto a Cuadrón en cuanto a la concentración de cobre en el tejido vegetal aéreo. Se considera que en suelos agrícolas la fitotoxicidad del cobre está asociada a niveles de 150-400 mg.kg-1 .Las proporciones de Zn en la Unión presenta un valor medio de 7.35 lo que supone un peligro real de toxicidad y que 4.3 ppm de Zn soluble causan el cese del crecimiento radicular en las plantas.
Pizarro, Flores, Tapia, Valdez, Gonzales, Morales (2016)	Especies forestales en la recuperación de suelos contaminados con Cobre por actividades mineras	Fitoextracción	<i>Acacia saligna</i>	Cromo	Indicaron que el Acacia Saligna tiene la mayor capacidad de acumulación de metales pesados (34.0 ppm en hojas y 12.3 en tallos ambos suelos sin fertilizar) con tasas de supervivencia mayor de 80 % aprox.
		Fitoextracción		Plomo	<i>Amaranthus quitensis</i> obtuvo mayor absorción en su parte aérea (40.68 mg/kg) con

Amones y Barja (2019)	Capacidad de acumulación de Pb de las especies adventicias <i>Amaranthus quintesis</i> , <i>Chenoposium ambrosoides</i> y <i>Tagetes minuta</i> en diferentes tipos de suelo		<i>Amaranthus quintesis</i> , <i>Chenoposium ambrosoides</i> y <i>Tagetes minuta</i>		el suelo minero, y presentó una absorción total de 63.39 mg/kg, mientras que <i>Chenopodium ambrosioides</i> absorbió en total 54.85 mg/kg del suelo agrícola con mejor absorción en su biomasa aérea con 40.12 mg/kg. Del mismo modo, <i>Tagetes minuta</i> presentó una absorción total de 48.84 mg/kg de Pb en el mismo sustrato, y presentó 30.42 mg/kg en su parte aérea. Con respecto al seguimiento cinético, las 3 especies mostraron un crecimiento y desarrollo morfológico favorable hasta los 90 días de trasplante, a excepción de las del tercer sustrato.
Pérez y Lobo (2013)	Comportamiento de <i>Silene vulgaris</i> (Moench.) Garcke frente a la exposición a cromo. Evaluación de su posible uso en recuperación de suelo	Fitoextracción	<i>Silene vulgaris</i>	Cromo	En base al crecimiento de la raíz los genotipos más tolerantes a Cr(VI) mostraron EC100 entre 200 y 1200 µM y los más sensibles entre 200 y 1000 µM. Las plántulas desarrolladas a partir de semillas mostraron rangos de tolerancia menores, entre 30 y 100 µM Cr(VI). <i>S. vulgaris</i> mostró distintos mecanismos que la hacen tolerante al Cr. Por un lado los genotipos más tolerantes aumentaron las concentraciones de nutrientes, especialmente Fe, Ca y Mg para mantener su homeostasis y sintetizar moléculas antioxidantes y metabolitos esenciales.
		Fitoextracción	3 especies de		

Awodetu y Ogunbamowo (2019)	Comparative heavy metal Uptake and phytoremediation potential of three jatropha species		<i>Jatropha</i>	Cromo, Cobre, Zinc y Niquel	La concentración de metales pesados en la raíz de las plantas oscilo entre 0.27- 63.14 mg/kg Cu; 4.82- 54.18 mg/kg Zn; 0.48-3.47 mg/kg Cr; 1.75- 72.37 mg/kg Pb ; 0.05- 3.23 mg/kg Ni; en los brotes la concentración oscilo entre 0.25 - 33.36 mg/kg Cu; 5.40 -12.48 mg/kg Zn ; 0.29 - 1.45 mg/kg Cr ; 0.58- 8.26 mg/kg Pb y 0.05 - 3.23 mg/ kg Ni.
Akintola et al. (2019)	Remediation Potential of Baobab (<i>Adansonia Digitata L.</i>) seeding grown in sewage sludge contaminated by heavy metals	Fitoextracción	<i>Adansonia Digitata L.</i>	Cobre, Cromo, Plomo, Niquel, Zinc y Arsenico	Las concentraciones respectivas de metales pesados en suelo antes y después de la siembra fueron Cu (55.68- 26.45); Zn (76.22- 48.06); Pb (28.22- 19.58), Ni (22.76-19.32), Cd(3.11-1.49), Cr (41.78- 23.39) y As (5.92- 4.71) en mg/kg siendo más altos que el suelo control. El BCF fue más de 1 y más alto para Cr, Zn, Cu y Pb.
Torres y Zamudio (2014)	Fitoestabilización de cromo hexavalente por <i>Acacia Melanoxylon</i> ; una estrategia para el tratamiento de suelos pesados	Fitoestabilización	<i>Acacia melanosylon</i>	Cromo	Se encontró que el Cr se acumuló principalmente en la zona radical de la planta en un rango de 45.81 mg/kg y 1859 mg/kg. Además se determinaron los factores de concentración para definir su comportamiento en relación con la absorción y traslocación de esta sustancia, encontrándose valores mayores a 1 en el factor de bioconcentración en la raíz (BCF) y valores menores a 1 en el factor de traslocación (TF)

Lozano y Calzada (2011)	Uso de <i>Cenchrus ciliaris</i> L y <i>Setaria verticillata</i> L. en la fitoestabilización de suelos contaminados por Pb y Cd	Fitoestabilización	<i>Cenchrus ciliaris</i> L y <i>Setaria verticillata</i> L.	Plomo y Cadmio	Se encontró acumulación de Pb en la raíz de 10.63 mg/kg -1 para <i>Setaria Verticillata</i> L. Y 2.22 mg/kg -1 para <i>Cenchrus Ciliaris</i> L. también acumulación de Cd en raíz de 1.18 mg/kg -1 para <i>Setaria Verticillata</i> L. Y 0.63 mg/kg -1 para <i>Cenchrus Ciliaris</i> L.
Cifuentes., Novillo (2017)	Uso de plantas de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i>) para fitorremediar suelos contaminados con cromo	Fitoextracción	<i>Cucumis Sativus</i>	Cromo	Los resultados demuestran que las plantas de pepinillo presentan diferencias estadísticamente significativas frente al tratamiento testigo ($p < 0.05$), pues se encontró que después de 80 días de cultivo en condiciones de invernadero, la plántula redujo los niveles de cromo en un 38% T1; 34% T2 y 31% T3.
Elena Coyago y Sara Bonilla(2016)	Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano	Fitoextracción	<i>Amaranthus hybridus</i>(amaranto), <i>Beta vulgaris</i> (acelga) y <i>Medicago sativa</i> (alfalfa)	Plomo	La alfalfa expuesta a diferentes concentraciones de contaminación por plomo, presentó un proceso de absorción paulatino llegando a los 60 días a valores de 1201 mg/Kg de materia húmeda en plantas germinadas en tierra mezcla; este efecto se repite en plantas de acelga, llegando a concentraciones de plomo absorbido de 529 mg/Kg de materia húmeda. La alfalfa y la acelga presentan una transición de absorción de plomo durante un periodo de tiempo y luego continuaron absorbiendo contaminante sin presentar

					desintoxicación como ocurrió en el amaranto
Hernández et al. (2015)	Capacidad de acumulación de Cd de la especie <i>Raphanus Sativus</i> en diferentes tipos de suelo	Fitoextracción	<i>Raphanus Sativus</i>	cadmio	Absorbió en total 54.85 mg/kg del suelo agrícola con mejor absorción en su biomasa aérea con 40.12 mg/kg. Con respecto al seguimiento cinético, <i>Raphanus Sativus</i> mostraron un crecimiento y desarrollo morfológico favorable hasta los 80 días de trasplante,
Omagerie et al. (2019)	Phytoremediation Potential of Four Heavy Metals in Soil by <i>Chromolaena odorata (L.)</i> King & Robinson at the Phytotoxicity Screening Benchmarks	Fitoextracción	<i>Chromolaena odorata (L.)</i>	Cobre, Zinc, Cadmio y Manganeseo	El crecimiento de la planta se obtuvo porcentajes de remoción: 25 % Mn, 35 % Cd, 30.5 % Cu y 19% Zn mostrando que en el suelo contaminado con cadmio obtuvo mayor capacidad de absorción por la planta a excepción del suelo contaminado con Mn, Cu y Zn
Bodede et al. (2018)	Distribution and Accumulation of Heavy Metals in Red Cedar (<i>Cedrela odorata</i>) Wood Seedling Grown in Dumpsite Soil	Fitoextracción	<i>Cedrela odorata (Cedro Rojo)</i>	Plomo,zinc, cobre,cadmio y cobalto	Heavy metal concentrations (mg/kg) before planting were Cu (48.01-356.71), Pb (28.42-26.48), Zn (39.99- 437.88), Cd (0.69-9.59) and Co (16.88-29.22) while their concentrations after planting were Cu (8.12-226.56), Pb (11.22-227.41), Zn (7.66-321.51), Cd (0.31-4.78) and Co (3.21-14.11). Heavy metal concentrations (mg/kg) in roots were Cu (9.93-20.11), Pb (7.26-15.21), Zn (9.05-22.35), Cd (0.11-0.99) and Co (4.56-6.11) and their concentration shoots of the plant were Cu (18.01-35.22), Pb (9.01-17.51), Zn

					(18.66-37.86), Cd (0.15-1.32) and Co (6.45-8.01). Enrichment coefficients and distribution factors were 0.1-1.21 and 1.29- 2.08 respectively.
Guerrero y Hoyos (2014)	Bioacumulacion de plomo y cadmio en Brassica Olearea y Raphanus Sativus L.	Fitoestabilización	<i>Brassica olearea y Raphanus sativus L.</i>	Plomo y Cadmio	Los resultados refieren que en la parte aérea de <i>B. oleracea</i> subsp. <i>capitata</i> (L.) Metzg., en la raíz de <i>R. sativus</i> L., y en el suelo donde fueron cultivadas, existe diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de plomo y cadmio de un tratamiento a otro. Demostrando que el plomo y el cadmio se bioacumulan con mayor concentración en soluciones de 300 mg/L, lo que demuestra que existe una relación direccional ascendente con las soluciones concentradas de los diferentes tratamientos.
Gonzales et al. (2015)	Fitorremediación de un suelo contaminado con dos niveles de cobre usando Medicago Sativa	Fitoextracción	<i>Medicago sativa</i>	Cobre	Hubo mayor acumulación de cobre en la raíz que en el tallo, el tratamiento T2 acumulo 78 ppm, valor mayor que el T1 con 44 ppm. La acumulación de cobre en los tallos fue mayor en el T2 con 21 ppm seguido del T1 con 18 ppm.
MOHAMADIUN, M., DAHRAZMA, B., SAGHRAVANI, S. F.,	Removal of Cadmium from Contaminated Soil Using Iron (Iii) Oxide	Fitoextracción	<i>No especifica</i>	Cadmio	La tendencia de nano Fe ₃ O ₄ para adsorber el cadmio de diferentes fracciones del suelo y su tasa de

& KHODADADI DARBAN, A. (2018).	Nanoparticles Stabilized with Polyacrylic. Journal of Environmental Engineering				remoción de cada fracción estaban en el siguiente orden: Intercambiable (100%) > Carbonato (97,8%) > Óxidos e hidróxidos (95,3%) > Materia orgánica (94,1%) > Residual (82,4%)
Hua, C.-Y., Chen, J.-X., Cao, Y., Li, H.-B., Chen, Y., & Ma, L. Q. (2020)	<i>Pteris vittata</i> coupled with phosphate rock effectively reduced As and Cd uptake by water spinach from contaminated soil.	Fitoextracción	<i>Pteris Vittata</i>	Cadmio y arsenico	<i>P. vittata</i> redujo la acumulación de Cd en las espinacas de agua en un 24-44%, probablemente elevando el pH del suelo de 5,07-5,39 a 5,69-5,75.
Quezada-Hinojosa, R., Föllmi, K. B., Gillet, F., & Matera, V. (2015).	Cadmium accumulation in six common plant species associated with soils containing high geogenic cadmium concentrations at Le Gurnigel, Swiss Jura Mountains.	Fitoextracción	<i>Hypericum maculatum</i> , <i>Alchemilla xanthochlora</i> , <i>Cynosurus cristatus</i>, <i>Ranunculus acris</i>, <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Acer pseudoplatanus</i>.	Cadmio	Las concentraciones medias de Cd en las plantas seleccionadas están en el rango de 2-6 mg-kg-1 y superan la concentración máxima de Cd tolerada en el alimento vegetal para animales, que se establece en 1 mg-kg-1.
Prieto y Fernández (2020)	Capacidad Fitorremediadora de plantas metalofitas (<i>Fuertesimalva echinata</i> , <i>Urtica Urens</i> y <i>Stipa Ichu</i>) en suelos contaminados por Pb, Cu y Zn	Fitoextracción	<i>Fuertesimalva echinata</i>, <i>Urtica Urens</i> y <i>Stipa Ichu</i>	Plomo, Cobre y Zinc	En conclusión, el análisis de los artículos demuestra que la fuertesimalva echinata fue la que más plomo acumuló con una eficiencia del 70.8%, mientras que la <i>Urtica urens</i> acumuló más cobre con una eficiencia del 49.58% y la <i>Stipa Ichu</i> mostró mayor eficiencia para acumular zinc con un 62.2%.

Obeso y Vejarano (2020)	Geranium cultivation: potential use for arsenic (As), cadmium (Cd) and copper (Cu) removal from contaminated soils	Fitoextracción	Geranium	Arsenico,cadmio y cobre	Las concentraciones de As, Cd y Cu en las muestras de suelo disminuyeron significativamente tras el periodo de prueba, mostrando una tolerancia hacia los metales, con una disminución del As y Cd de hasta 74% y 79%, respectivamente, con respecto a la concentración inicial, mientras que para Cu se logró una reducción de hasta 55%.
Vilcapaza (2018)	Evaluación de la capacidad fitorremediadora del Garbancillo (<i>Astragalus arequipensis</i>) en función de tres tipos de enmiendas orgánicas sobre la remoción de mercurio del suelo contaminado	Fitoextracción	<i>Astragalus arequipensis</i>	Mercurio	Los resultados mostraron una remoción de 97.55ppm, 85.45 ppm, en T2 y T3 respectivamente, y 87.47 ppm en T1 y T4.
Argota et al. (2014)	Coefficientes biológicos de fitorremediación de suelos expuestos a plomo y cadmio utilizando <i>Alopecurus magellanicus bracteatus</i> y <i>Muhlenbergia angustata</i> (Poaceae)	Fitoextracción	<i>Alopecurus magellanicus bracteatus</i> y <i>muhlenbergia angustata</i> (Poaceae)	Plomo y cadmio	En el caso del Pb, se obtuvo una concentración que fue del 77,78 % y para el Cd fue 71,12% respectivamente, por lo que estos valores pueden considerarse similares.

Maguilla (2017)	Determinación de la capacidad fitorremediadora de <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet "chocho o tarwi" en suelos contaminados con cadmio (Cd)	Fitoextracción	<i>Lupinus mutabilis</i>	Cadmio	La mayor acumulación de cadmio fue de 3.13 mg/kg en las raíces, 0.15 mg/kg en tallo y 0.13 mg/kg en folíolos, en el tratamiento T4, donde también se evidenció la mayor reducción de cadmio en el sustrato.
-----------------	--	----------------	--------------------------	--------	---