



**Universidad César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión sistemática: Análisis de métodos de descontaminación  
de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Moreno Navarro, Jennifer Carolina (ORCID: 0000-0002-0166-2802)

Rojas Vilela, Luis Fernando (ORCID: 0000-0002-0999-7535)

**ASESOR:**

Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

**LÍNEA DE INVESTIGACION:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

## DEDICATORIA

A mi ángel, mi madre, con todo mi corazón, por haberme alentado a seguir, siempre estar conmigo en cada etapa y ser mi luz desde que partió.

Moreno Navarro, Jennifer Carolina

A mis abuelos por su apoyo incondicional, motivación y por inculcarme valores y formar a la persona que soy ahora. A mis padres por ser mis guías e impulsarme día a día para cumplir mi meta de llegar a ser un buen profesional.

Rojas Vilela, Luis Fernando

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarnos día a día y por darnos la fortaleza para seguir adelante.

A nuestras familias por apoyarnos constantemente a lo largo de este periodo de trabajo.

A nuestro asesor Mgtr. Reyna Mandujano Samuel, por su enseñanza, tiempo, dedicación y consejos en todo momento.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	13
3.3 Escenario de estudio .....	14
3.4 Participantes.....	14
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	15
3.6 Procedimiento .....	15
3.7 Rigor científico.....	18
3.8 Método de análisis de datos .....	19
3.9 Aspectos éticos .....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	19
V. CONCLUSIONES.....	30
VI. RECOMENDACIONES .....	31
REFERENCIAS.....	32
ANEXOS.....	47

## **ÍNDICE DE TABLAS**

**TABLA N° 1:** Efectos nocivos a consecuencia de los metales pesados

**TABLA N° 2:** Cuadro de actividades

**TABLA N° 3:** Técnicas de Descontaminación de suelos según autores

**TABLA N° 4:** Técnicas de Descontaminación de acuerdo al Metal Contaminante y Porcentaje de Remoción

**TABLA N° 5:** Ventajas y desventajas de las técnicas de descontaminación según Volke y Velasco

**TABLA N° 6:** Eficiencia de Especies Vegetales en la Remoción De Elementos Contaminantes de Suelos

**TABLA N° 7:** Matriz de categorización

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS**

**FIGURA N° 1:** Estimación porcentual de artículos empleados según subcategorías

## RESUMEN

El suelo como cuerpo natural y dinámico, se establece como un medio con gran importancia al tener un sin fin de funciones, una de ellas como el sostenimiento de vida en nuestro planeta. Este recurso en la actualidad sufre por actividades antropogénicas como la minería, refinación de metales, combustiones fósiles, y otras actividades industriales generando contaminación en los suelos por Cadmio, Plomo y Mercurio, también ocurre contaminación por procesos naturales como actividades volcánicas.

En esta presente investigación tiene como objetivo comparar los métodos de descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio. Los métodos de descontaminación más utilizados son Biológicos, Biodegradación asistida y biotransformación de metales. Físico – Químico. Esta revisión se basó en la recopilación de información de fuentes confiables.

Resultando de los métodos más efectivos o con mayor eficacia son los biológicos con altos porcentajes de extracción de metales pesados en suelos contaminados, uno de los metales es el cadmio, donde se extrajo 13024,9 mg/Kg , con la especie Hierba santa (*Artemisia absinthium*) , Plomo donde se extrajo 395.83 mg/kg con la vegetal maíz (*Zea mays L.*) y por ultimo mercurio donde se extrajo 176.84 mg/Kg, con las especies vegetales Alfalfa (*Medicago sativa*) , Rábano (*Raphanus sativus*).

**Palabras clave:** Metales Pesados, Cadmio, Plomo, Mercurio, Técnicas de Descontaminación.

## ABSTRACT

The soil as a natural and dynamic body, is established as a medium with great importance as it has endless functions, one of them as the support of life on our planet. This resource currently suffers from anthropogenic activities such as mining, metal refining, fossil combustion, and other industrial activities generating soil contamination by Cadmium, Lead, and Mercury, as well as contamination by natural processes such as volcanic activities.

The objective of this present investigation is to compare the decontamination methods of soils contaminated by lead, cadmium and mercury. The most used decontamination methods are Biological, Assisted Biodegradation and metal biotransformation. Physical – Chemical. This review was based on the collection of information from reliable sources.

Resulting from the most effective methods or with greater efficiency are the biological ones with high percentages of extraction of heavy metals in contaminated soils, one of the metals is cadmium, where 13024.9 mg/Kg was extracted, with the species Hierba santa (*Artemisia absinthium*), Lead where 395.83 mg/kg was extracted with the vegetable corn (*Zea mays L.*) and finally mercury where 176.84 mg/Kg was extracted, with the plant species Alfalfa (*Medicago sativa*), Radish (*Raphanus sativus*).

**Keywords:** Heavy Metals, Cadmium, Lead, Mercury, Decontamination Techniques.



## I. INTRODUCCIÓN

El suelo se establece como cuerpo natural y dinámico; siendo un medio innato con mayor importancia al tener multitud de funciones, como ser el sostenimiento de vida en el planeta tierra. La edafosfera es la parte de suelo que rodea a la tierra, la interfase entre la atmosfera, biosfera, hidrosfera y geosfera en la parte más dinámica de la tierra. (Jiménez Ballesta, 2017, p. 3).

Como componente natural, el suelo ha sufrido una abusiva utilización por las distintas actividades antropogénicas, generando una alteración en sus propiedades por la manifestación de productos industriales sumamente dañinos para el ser vivo. (Fernández, García, Rodrigo, Sirés, 2021, p. 241).

Fernández et al (2021) los metales pesados considerados metálicos son aquellos que cuentan con una densidad superior a  $5 \text{ g/cm}^3$ . Algunos tienen un rol importante al necesitarse en pequeñas cantidades para el organismo, como el zinc, el cobalto, el cobre, el manganeso, el boro, el cobalto, los mismos que podrían volverse dañinos al encontrarse en altas concentraciones, de la misma manera también existen elementos como el mercurio, plomo o cadmio que no cuentan con algún beneficio biológico y presentando una elevada toxicidad.

“Consecuencias de la contaminación del suelo” Diversos contaminantes significativamente están reflejados en el suelo de manera directa sobre la vegetación incitando su degradación, reduciendo la cantidad de especies y acumulando contaminantes en los vegetales, sin causar daños notorios en esta. En el humano, algunas veces se presentan intoxicaciones por metales pesados al ingerir o tener contacto dérmico y con mayor facilidad por compuestos orgánicos volátiles o semivolátiles. (Innovación y Target, 2017, párr. 2).

Según Muñoz, Contreras y Molero (como se citó en Limaymanta y Ochoa, 2020, párr. 1) uno de los mayores problemas ambientales se debe a los metales pesados que se encuentran en cuerpos de agua y en los suelos, siendo estos altamente tóxicos por su prolongado tiempo en el ambiente originando el deterioro tanto del suelo como el agua.

El Níquel (Ni) y el Cadmio (Cd) han producido en el suelo graves problemas ambientales aumentando los riesgos para el ambiente y en el ser humano provocando graves enfermedades como cáncer y problemas respiratorios. En la actualidad se puede remediar los suelos contaminados por distintos métodos físicos, químicos y biológicos, incluyendo una combinación de estos. Wang, Y. et al (2020, p. 1).

El cadmio (Cd) siendo uno de los elementos no esenciales y con gran toxicidad genera impactos nocivos tanto para vegetales por la absorción del metal por la raíz como para el humano al acumularse en los órganos a través de la ingesta de los alimentos. (Hasanuzzaman, Prasad, Fujita, 2019, pág.1)

Ministerio de Salud (como se citó en Salas et al 2019, p. 3). El plomo (Pb), siendo otros de los metales que impacta en el medio ambiente, lo podemos localizar de manera natural en suelos, aire y agua, de la misma manera se encuentra presente en procesos de actividades industriales.

Según Baldwin & Marshall (como se citó en Martinez y Vargas, 2017, p. 8).Este metal es conocido por su alta toxicidad ocasionando daño en el sistema nervioso, el sistema urinario y la sangre.

El mercurio (Hg) es un contaminante altamente perjudicial en todo el mundo (Chen et al. 2018) que se propaga en el medio ambiente principalmente por procesos naturales (como frescura de los bosques, actividades volcánicas y geotermales, y re-emisión en suelos y mares) y actividades antropogénicas (tales como minería y refinación de metales, combustiones fósiles, incineración de basura y otras actividades industriales) (Biochar ,2021, pág. 1)

(Como se citó en Biochar et al 2021, pág. 2) Los suelos y sedimentos contaminados con mercurio se han reconocidos como "puntos calientes" esto ha llevado a la preocupación de la población por la acumulación de Hg especialmente en los alimentos (por ejemplo, arroz, verduras y carne) es una vía directa de exposición de Hg y organismos acuáticos (por ejemplo, alimentadores de depósitos) Por tanto, se han dedicado varios estudios al desarrollo de

tecnologías para la remediación de suelos y sedimentos contaminados con Hg ,Comparado con tecnologías de remediación ex situ (por ejemplo, destrucción térmica y reemplazo de suelo extraño), estrategias in situ.

Según Diaz (Como se citó en Obeso y Vejarano, 2020, p. 1) En el Perú se registran varios casos de contaminación por metales pesados en suelos, sobre todo en lugares donde hay gran actividad industrial. Un claro ejemplo es en la Oroya, Junín, lugar donde se ha evidenciado presencia de Cd, Pb, Hg, As, entre otros.

Por otro lado, Chen Y, Hu W, Huang B, Weindorf DC, Rajan N, Liu X, et al (como se citó en López et al 2020, p. 1). Una fuente de suma importancia de estos elementos tóxicos como As, Cd, Hg y Pb, son los fertilizantes orgánicos.

Soraya P, Manuel S, Toutcha L, Cesar Q y Alfredo C, (como se citó en López et al 2020, p. 1). Las actividades mineras se unen a estas fuentes de contaminación, una de las más relacionadas en la contaminación de suelo agrícola por metales pesados.

Singh, P.K, Tewari R.K (como se citó en López et al 2020, p. 1) Nuestro país, con conocido ejercicio minero, la erradicación de residuos ya se encuentra normada. Los efluentes de las minas exceden los límites y al contener metales pesados contaminan las cuencas hidrográficas directamente, del mismo modo puede ocurrir contaminación por arrastre de lixiviaciones generados por las lluvias. Estas aguas contaminadas con metales pesados son utilizadas para regadíos sin ningún tratamiento previo produciendo contaminación de suelos agrícolas.

(Rodríguez et al 2020, p. 6) Dentro de su investigación se muestra diferentes métodos para remediar suelos contaminados por metales pesados los cuales son físico-químicos, biológicos y mixtos, siendo los más utilizados frecuentemente son las técnicas biológicas de las cuales sobre sale la Fitorremediación que mejoran las propiedades y características propias del suelo que no fueron contaminadas por los metales pesados producidos por la minería , así emplear el tratamiento adecuado, estos pueden ser tanto in situ o ex situ, técnicas que se pueden aplicar

en un suelo contaminado pero teniendo en cuenta cierto criterios por ejemplo el tipo de suelo.

(Como se citó en Rodríguez et al 2020, p. 7) Las técnicas de recuperación de suelos, son de 2 tipos de tratamientos, in situ actúan directamente sobre zonas impactadas, pero son más lentos y difíciles de llevar a la práctica por la dificultad de poner en contacto a los agentes de descontaminación con el suelo contaminado y los ex situ requieren de excavación del suelo que son de mayor costo, más rápidos, consiguiendo así una recuperación en la zona impactada.

Hoy por hoy, la polución por elementos tóxicos o metales pesados sigue incrementando debido a la minería, fuente principal de contaminación de estos y otras actividades antropogénicas. Por ello la investigación aspira a recopilar toda la información posible para sistematizarla y pueda ser de gran ayuda a otros autores en el futuro.

En base a la realidad problemática planteada, se proponen tanto problema general como problemas específicos de la presente investigación. Donde se expone como problema general ¿Cuál es la efectividad de las metodologías empleadas en la contaminación de suelos por plomo, cadmio y mercurio? Como también los problemas específicos son:

- PE1: ¿Cuáles son los métodos que se utilizan para la descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio?
- PE2: ¿Qué metodología es la más empleada en la descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio?
- PE3: ¿Cuál es la eficiencia que plantea las especies vegetales en la remoción de Cd, Pb y Hg de los suelos contaminados?

La presente investigación que se justifica, nos permitirá comparar los métodos de descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio, estos nos permitirán conocer que método es el más ventajoso, factible y el más empleado frente a la contaminación ambiental en el suelo como cuerpo receptor.

Así mismo debemos de recolectar los datos en las páginas indexadas confiables para realizar el comparativo, describir las metodologías y determinar las ventajas y desventajas de dichos métodos.

La investigación se encuentra justificada de manera teórica, metodológica, práctica y social.

La presente investigación se justifica de manera teórica al aportar información sobre las metodologías de descontaminación de suelos mediante el análisis de investigaciones, de esta manera podrá servir para comentar y apoyar los distintos métodos de descontaminación de forma sistemática.

Desde el punto vista práctico, esta investigación busca describir los métodos que se utilizan para la descontaminación de suelos, de igual forma se determinará los beneficios de estas metodologías para la mejora de investigaciones sistemáticas futuras.

Desde la perspectiva metodológica, será útil como referencia para otros investigadores, ya que aportará instrumentos de recolección para que sean de ayuda a otros profesionales. Socialmente cuando sean alcanzados los objetivos propuestos, la investigación será grandemente beneficiosa para las partes interesadas e investigadores futuros.

En la presente investigación tenemos como objetivo general: comparar los métodos de descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio. De la misma manera los objetivos específicos:

- OE1: Describir los métodos que se utilizan para la descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio.
- OE2: Describir el método más empleado para la descontaminación de suelos por plomo, cadmio y mercurio.
- OE3: Describir la eficiencia de las especies vegetales en la remoción de Cd, Pb y Hg de suelos contaminados.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Bullón y Quispe (2018), tuvo como objetivo la descripción y explicación del impacto de la contaminación en la vida de los pobladores, utiliza la metodología deductiva, inductiva y dialéctica, dentro de esta última se aplica la técnica de estadística para analizar datos, dando como resultados que el sistema de recolección de RRSS, los problemas ambientales y la descontaminación de la laguna determinan el bienestar de los habitantes, por lo tanto, concluye que tanto el recojo de RRSS como la descontaminación son hechos primordiales en el bienestar de los habitantes.

En Álvarez y Perero (2017), en su investigación que planteó como objetivo el analizar la problemática de la contaminación ambiental existente en el mercado del cantón en La Libertad usando la revisión bibliográfica y documental como metodología de estudio, se determinó grandes hallazgos como ausencias de servicios básicos en varios locales y muy poco control sanitario en el mercado, esta investigación concluye con los resultados obtenidos donde se demuestra que el mercado en mención no tiene la infraestructura necesaria para la atención de la ciudadanía.

Según Garzón, Rodríguez y Hernández (2017), que tuvo como objetivo revisar la aplicación de la biorremediación y el cumplimiento del objetivo del desarrollo sostenible, dicho artículo de revisión tiene una metodología descriptiva al realizar revisión documental de las limitaciones y posibilidades que muestra esta tecnología al tratar la contaminación, demostrando ser eficiente y rentable en ciertos contaminantes, se concluye que existen ciertas dificultades al momento de aplicar esta técnica, esto debido al sustrato, potencial limitado de la biorremediación, variabilidad ambiental, entre otros.

En Rivera, Andrade y De la Garza (2018), donde se realizó ensayos de tres suelos de Tamaulipas, México con el propósito de ensayar tratamientos de bioestimulación en recortes contaminados con hidrocarburos, dando como resultado una elevada descomposición de los HC, concluyendo que al utilizar la

bioestimulación con nutrientes, humedad y aireación de los tres suelos aumentó la descomposición de los HC induciendo a la biorremediación.

Peña y Beltrán (2017), donde se realizó la limpieza de suelos contaminados por metales por medio de fitorremediación empleando el girasol (*Helianthus annuus L.*) que tuvo como objetivo la aplicación de la tecnología fitorremediadora en la estación de estudio “El Mantaro”, dando como resultados la absorción de metaloides gracias al girasol (*Helianthus annuus L.*) por medio de sus tallos, flores y semillas, de manera que mediante el coeficiente de Fitoextracción se puede observar que el *Helianthus annuus L.* es un vegetal acumuladora de metaloides.

En Argota, Encinas, A. Coello y Iannacone (2017), en la investigación de coeficientes biológicos tiene como objetivo determinar los coeficientes utilizando la técnica de fitorremediación en suelos infectados con metales como Pb y Cd empleando *A. megallanicus bracteatus* y *M. angustata.*, empleando una metodología de muestreo en diez puntos a distintas profundidades, resultando estas plantas limitantes frente a la fitorremediación, concluyendo que las especies *A. bracteatus* y *M. angustata* demostraron un potencial bajo al momento de la fitorremediación proponiéndose no utilizarse en remediaciones en suelos de relaves.

(Wang, Y. et al 2020), en su estudio donde aisló bacterias resistentes a Cd y Ni, caracterizó cepas, investigó los efectos de la aplicación de remediación individual y asociativa como también determinó como influye las cepas en el suelo, empleando como metodología el aislamiento de bacterias concluyendo en que la cantidad de estos grupos de elementos químicos encontrados en el suelo disminuyó, de la misma manera mejoró la ecología del suelo y la diversidad de bacterias.

(López et al 2020), donde llevo a cabo la cuantificación de metaloides en tubérculos de tres variaciones de *Solanum tuberosum L.* teniendo como objeto de estudio determinar los metales pesados en las distintas variedades de papa mediante espectrometría de masas de plasma y espectrometría de fluorescencia,

obteniendo un resultado elevado en la concentración de mercurio en las diferentes variedades propuestas, se concluye, de las variedades, el tubérculo amarillo tiene un gran contenido de plomo y mercurio, de similar manera el tubérculo huayro y canchán arrojaron elevadas cantidades mercurio siendo un peligro para el consumidor.

Gayo (2018), donde se caracterizó distintos tipos de suelos contaminados con metales utilizando como metodología de estudio muestreos en tres puntos en la localidad principado de Asturias, teniendo como resultado en el primer punto que los mayores metales pesados que se encontraron en más cantidad fue el plomo, zinc y cobre, mientras tanto en el segundo y tercer punto dichas concentraciones son menores, se concluye que las nano partículas de Fe son altamente efectivas tanto para zinc y plomo.

En (Torres et. Al 2021), realizaron su estudio que tiene como objetivo demostrar la capacidad de fitorremediación de los vegetales *Muhlenbergia angustata*, *Alopecurus magellanicus var y bracteatus* en suelos contaminados por metaloides como Cd y Pb empleando la revisión bibliográfica como metodología de estudio dando como resultado que el *Alopecurus magellanicus var. Bracteatus* es más útil para retirar Cd y Pb, concluyendo que el vegetal *Alopecurus magellanicus var. Bracteatus* es acumuladora y estabilizadora en mayor proporción de Cd y Pb en los tallos y raíces.

Cepeda et al 2021, evaluó el medio para extraer del suelo con ayuda de un electroimán aquellos elementos estabilizados por magnetita o por medio de la adición de compost conteniendo Fe, se utilizó como metodología la Fito estabilización asistida resultando que hubo una baja cantidad de remoción en el suelo francés, sin embargo en el suelo que tenía incluido el compost con Fe se removió mayor cantidad, concluyendo con la demostración que el empleo del electroimán es eficaz para extraer zinc, cobre y arsénico.

Lara (2018), evaluó al *cannabis sativa* industrializado (cáñamo) en suelos contaminados con metaloides donde tuvo como objetivo estudiar la contribución



de la variante *C. sativa industrial L.* respectivamente en suelos contaminados utilizando análisis y caracterización a los genes GSR R (glutación-disulfuro reductasa) y PLD  $\alpha$  (fosfolipasa D-  $\alpha$ ) resultando en el primer estudio que el cáñamo demostró un elevado nivel en su capacidad para acumular metaloides, en mayor proporción Zn, en menor capacidad al Ni, en el segundo estudio el cáñamo se utiliza con la finalidad de rotar los cultivos y restaurar los nutrientes, el cáñamo presentó gran tolerancia en la realización del estudio además de tener una elevada sinergia con el tabaco, en el último estudio el cáñamo presentó una capacidad de absorber cobre y cadmio de la misma manera tiene un mayor resistencia al Zinc, se concluye demostrándose que el cáñamo es una planta con gran potencial de fitorremediar distintos metales pesados, como también tolerable al exceso de estos contaminantes afectando muy poco su crecimiento y su capacidad fotosintética.

Por otro lado, Mendoza et al. (2021) evaluó la concentración de metales pesados en el suelo y los riesgos de fitotoxicidad como consecuencia de la presencia de los metaloides, en su investigación se aplicó el muestreo de suelo, análisis estadístico y evaluación de atributos químicos del suelo, resultando que la acumulación de Zn y Ni terminaron afectadas por la variación de textura esto debido al emplazamiento del paisaje, produciendo acumulación en posiciones más bajas consecuencia de la escorrentía, en los sistemas de labranza se pudo observar una tendencia debido a la acumulación de los metales en la napa baja, se encontró que la arcilla se encuentra relacionada al aumento de metales pesados presente en el suelo dado que tiene cargas negativas en la superficie o en el espacio interlaminar confiriendo al suelo retener estos elementos correlacionado con el CIC, la investigación concluye en que la acumulación de los metaloides en los suelos de Turén, en el sistema de labranza convencional y siembra directa se debe a la aplicación de fertilizantes fosfatados y agroquímicos, también la acumulación de metales estuvo relacionada por una mayor presencia de arcilla y CIC en las posiciones bajas. Se asocia el hacinamiento de Ni y Zn a la presencia de arcilla y CIC en suelo manteniendo los metales mencionados concentrados en la micela coloidal. Por otro lado las concentraciones de Cd, Co y Ni fueron

encontrados en niveles por encima de lo permitido representando peligro de fitotoxicidad para cultivos de la zona.

Martínez y Marrugo (2021), evaluaron la inmovilización de Hg, Pb, Cd y Ar en suelos contaminados como consecuencia del ejercicio minero procedente del sur de Bolívar, utilizando enmiendas, utilizando el muestreo de suelos como metodología, donde los tratamientos se realizan en triplicado mediante un diseño de bloque aleatorio con dos factores como la enmienda y dosis, donde también se realizó la caracterización del suelo, resultando que el Pb, Cd y Hg son en gran medida atrapados por el suelo por enmiendas de vermicompost y cal, incluso se determinó que la cal como enmienda es mucho más efectiva para la retención del Ar, finalmente los suelos con enmiendas de vermicompost, cal y biochar demostraron buenos proceder para la biodisponibilidad de metales pesados favoreciendo la disminución de la fitotoxicidad en plantas.

Salas M. et al (2019), en su investigación describieron las fuentes primordiales de polución por Pb, en hortofrutícolas, los efectos a la salud y los planes que permiten reducir la contaminación causada por el Pb mediante revisión bibliográfica como metodología de estudio concluyendo así, en que el Pb es uno de los metales más dañino para el bienestar de las personas, la contaminación por plomo se ha visto extendida hacia los alimentos procesados, frescos inclusive a utensilios de cocina provocando problemas graves en la población que consume ciertos vegetales.

Hasanuzzaman, Narasimha y Fujita (2018), en su libro dan lugar al objetivo al resumir las consecuencias de la toxicidad del Cadmio en el normal crecimiento de las plantas y procesos fisiológicos como metabólicos incluyendo a la fitorremediación para depurar el Cadmio del ambiente, utilizando la revisión bibliográfica finalmente, el cadmio ha aumentado en los últimos años debido a la contaminación antropogénica, alterando los procesos fisiológicos y bioquímicas de las plantas, una buena medida de mitigación es implementar estrategias para disminuir los efectos peligrosos del cadmio.

Los metales pesados siendo un grupo de elementos químicos de alto nivel contaminante son un tema de gran inquietud, ya que son altamente nocivos para consumo humano, como a continuación se observa en la siguiente tabla:

**TABLA 1: Efectos nocivos a consecuencia de los metales pesados**

<b>METAL PESADO</b>	<b>EFFECTOS DAÑINOS</b>
As	análogo del fosfato, interfiere en la fosforilación oxidativa y la síntesis del ATP
Cd	Produce cáncer, teratogenicos y mutagénicos, interruptor endocrino, obstaculiza en la regulación del Ca en los sistemas biológicos, causa insuficiencia renal y anemia crónica.
Cr	Provoca caída del cabello
Cu	En niveles elevados causan daño renal, cerebral, cirrosis hepática y anémica crónica, irritación intestinal y estomacal
Hg	Provoca ansiedad, depresión, enfermedades autoinmunes, fatiga, somnolencia, dificultad con el equilibrio, pérdida de memoria, inquietud, trastornos de la visión, temblores, arrebatos de mal genio, úlceras, daño en el cerebro, pulmones y riñón
Ni	Causa Picor de níquel, conocida como dermatitis alérgica, inhalarlo puede causar cáncer de pulmón, nariz y los senos paranasales; cáncer de estómago y garganta también se atribuyen al inhalarlo; inmunotóxicos, hematotóxicos, neurotóxicos, genotóxicos, tóxico para los pulmones, para la reproducción, causa caída del cabello
Pb	Su envenenamiento provoca deterioro del desarrollo en niños, perdida de la memoria a corto plazo, dificultades de aprendizaje, problemas de coordinación; causa insuficiencia renal y alto riesgo de enfermedades cardiovasculares
Zn	En sobredosis causa mareos y fatiga

*Fuente: Bayón Sanz, 2015, p. 7*

Obeso y Vejarano (2020), evaluaron el potencial del *Pelargonium zonale* (geranio) para descartar metales como As, Cd, y Cu de los suelos contaminados, utilizando el muestreo de suelos resultando una disminución de los metales considerable usando el geranio donde el porcentaje de remoción para cadmio fue de 79% en seis semanas de cultivo y en el As con 74% de remoción, por último la remoción para cobre fue de un 55% después de seis semanas del cultivo, demostrando de esta manera que el geranio es una buena opción para la descontaminación de suelos que contiene Arsénico, cobre y cadmio siendo una idea económica y efectiva.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

En la presente investigación se utiliza la investigación aplicada o también conocida como práctica o teórica, se caracteriza ya que solo toma en cuenta la practicidad del conocimiento encontrándose relacionada con la investigación básica, debido a que partiendo de los resultados teóricos se logra avanzar en las tareas prácticas. (Neill y Cortez, 2017, pág. 31). La investigación aplicada al ser proyectada correctamente puede aportar hechos nuevos, útiles y estimables en la teoría. (Baena Paz, 2017, pág., 16) De ellos resulta necesario decir que la investigación va acorde a lo señalado según los autores ya que en nuestro trabajo de investigación serán utilizados bases teóricas como los métodos y técnicas para la solución de problemas en suelos contaminados por metales pesados, y de esta manera realizar la revisión sistemática abarcando toda la información recopilada.

El diseño de la presente investigación es narrativo tópico, donde se contextualiza el lugar y la época, experiencias donde acontecieron los hechos y resultados, para concretar una historia o narrativa total. En este tipo de diseño se emplean recursos de recolección de datos como documentación, artículos, estudios. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 487, 488). Para la realización de este trabajo de investigación se requerirá y hará uso de estudios y artículos relacionados a la descontaminación de suelos infestados por Cadmio (Cd), Plomo y Mercurio.

#### **3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización**

En esta investigación se preparó una matriz caracterizando la tesis (tabla 1), nombrándose categorías, subcategorías e indicadores que se emplearán para analizar la información recopilada.

Título: Revisión Sistemática: Análisis de Métodos de descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio

Objetivo general: Comparar los métodos de descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio.

La categorización, según Strauss y Corbin (como se citó en Pérez R., 2017, pág., 4) consiste en asignar conceptualizaciones a otro nivel. Categorizar es todo aquel acto de colocar nombre y a la vez definir las unidades analíticas, asimismo dentro de ellas se definen subcategorías; se realizan de dos modos diferentes complementándose entre sí; siendo la categoría Inductiva cuando emergen de los datos basándose en recurrencias y patrones presentes dentro de ellos; de la misma manera la categorización deductiva se apoya en el marco conceptual, objetivos de la investigación y preguntas. Isaza G. (como se citó en Marín et al 2016, pág., 4)

De esta manera la investigación consta de 3 categorías, Métodos de descontaminación de suelos, metodología más empleada en descontaminación de suelos por Cd, Pb y Hg y Metales Pesados junto a las categorías correspondientes en el orden previsto, físico - químico y biológico; fitorremediación y biorremediación y Cadmio, Plomo y Mercurio

### 3.3 Escenario de estudio

Los metales considerados metálicos por tener una densidad superior a 5 g/cm<sup>3</sup>, cumplen un rol importante al ser necesarios en pequeñas cantidades para el organismo. Fernández et al (2021). Aquellos contaminantes están reflejados en el suelo de manera directa sobre la vegetación incitando su degradación, reduciendo la cantidad de especies y acumulándose en las partes de dichas plantas. (Innovación y Target, 2017, párr. 2).

La descontaminación de suelos abarca distintos tipos de métodos o técnicas para remediar los suelos contaminados por Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Mercurio (Hg), los cuales pueden ser físico-químicos, biológicos o mixtos, siendo los más utilizados los métodos biológicos, sobresaliendo la fitorremediación al ser más ventajoso con el suelo. (Rodríguez et al 2020, p. 6).

### 3.4 Participantes

En esta investigación se recaudó la información como documentación, libros, artículos, informes, investigaciones, entre otros de plataformas como Scopus,

Sciendirect, Scielo, Dialnet, Google Académico, Redalyc, Ebuah y repositorios institucionales, ideando las búsquedas mediante palabras clave como contamination, Environmental pollution, heavy metals, metales pesados, contaminación por plomo, cadmio y mercurio. Todas las webs anunciadas son parte del estudio. Soil contamination, by Cadmiun, Soil contamination by Lead, Soil contamination Mercury, Soil decontamination techniques for heavy metals, plant species in metal pollution.

### 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Aquellos son conjuntos de actividades y acciones que ejecuta el investigador para recoger los datos los cuales van a permitir alcanzar los objetivos propuestos. Para lograr esto, se necesita del método de recolección, fuente de datos y plan de análisis de datos. (Arispe et al 2020, p. 78) La recolección de los datos mayormente se da en ambientes naturales y habituales tanto de las unidades de análisis como de los participantes; en la investigación cualitativa se trabaja con distintas fuentes de datos, como entrevistas, documentos, observaciones y materia audiovisual. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 397).

### 3.6 Procedimiento

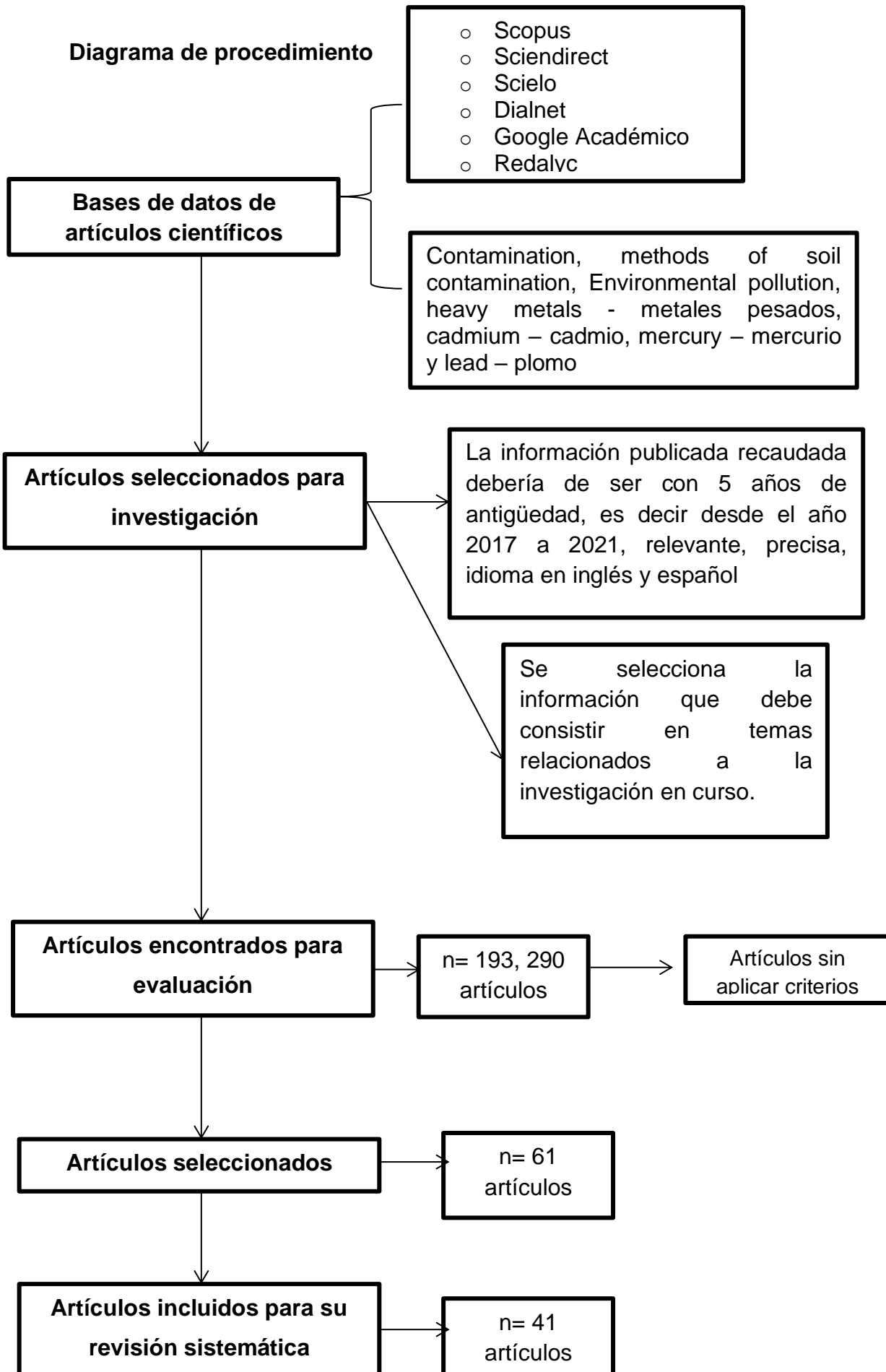
La búsqueda informática se llevó a cabo mediante el empleo de palabras claves en las distintas plataformas. Se utilizaron palabras claves como: contamination, methods of soil contamination, Environmental pollution, heavy metals - metales pesados, cadmium – cadmio, mercury – mercurio y lead – plomo, de esta manera se recaudó tanto material en idioma español e inglés.

Después de ello como primer filtro, para recopilar toda la información necesaria se tomó en cuenta documentos, libros, artículos, revistas científicas, trabajos de investigación, entre otros, de plataformas confiables. Luego como segundo filtro la información publicada debería de ser con 5 años de antigüedad, es decir desde el año 2017 a 2021, como tercer filtro se selecciona la información que debe consistir en temas relacionados a la investigación en curso.

Finalmente, la información recopilada después de haber pasado por los filtros para ser seleccionadas, se procedió por analizarla con el apoyo del instrumento de recolección de datos.



## Diagrama de procedimiento



### 3.7 Rigor científico

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), en las investigaciones cualitativas se requiere se lleve a cabo un trabajo de investigación que cumpla con el rigor científico de la metodología. Por ello autores han desarrollado distintos criterios como dependencia, credibilidad, transferencia y confirmabilidad. (p. 453)

Hernández-Sampieri y Mendoza (como se citó en Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 453), La dependencia se relaciona a aquellos datos que tienen que ser verificados por diferentes investigadores dando como resultado interpretaciones coherentes. En esta investigación se tomó distintos datos e ideas de diferentes autores para ser comparados y lograr explicaciones congruentes.

Saumure y Given (como se citó en Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 455), la credibilidad mantiene relación con el nivel de comprensión del investigador basado en experiencias de los participantes en especial en aquellas asociadas al planteamiento del problema. Se aplicó este criterio en la investigación en curso ya que existe una relación con el planteamiento del problema y artículos tomados en cuenta para realizar la investigación.

En Mertens (como se citó en Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 458), la transferencia también llamada traslado. Dichos autores señalan que es muy complicado que los resultados obtenidos puedan ser trasladados a otro medio, sin embargo se considera que puede ser de gran ayuda para tener una visión universal del problema y dar probables soluciones en otro entorno. Se cumple este criterio en la presente investigación ya que el problema se encuentra de manera clara y ofrece diferentes alternativas para solucionar el problema de suelos contaminados por Cd, Pb y Hg

La confirmabilidad, según Mertens, Guba y Lincoln (como se citó en Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 459), está relacionada con la credibilidad, también se vincula al criterio de confirmabilidad con el ingenio de un investigador distinto de continuar la ruta o pista de lo que el investigador principal ha realizado; teniendo en cuenta que debe contar con documentación y registros de las ideas y

decisiones que haya expresado el investigador relacionado al estudio de investigación. En este trabajo de investigación se ha considerado la información principal otorgadas por los investigadores, de la misma manera las ideas y recomendaciones para la investigación en curso.

### 3.8 Método de análisis de datos

En este trabajo de investigación se requirió emplear la información recopilada para analizar por medio de categorías (Métodos de descontaminación de suelos, metodologías más empleadas para suelos contaminados por Cd, Pb y Hg; y metales pesados), contando con la temática principal de estudio y los objetivos, de igual manera de cada categoría se desplegaron subcategorías (técnicas de aislamiento, técnicas de inmovilización, técnicas reducción de la toxicidad y/o movilidad, Técnicas de extracción , Cadmio, Plomo y Mercurio), ambas encentrándose vinculadas a los criterios de la matriz.

### 3.9 Aspectos éticos

Esta investigación ha sido llevada a cabo recopilando y extrayendo información de plataformas indexadas y páginas de credibilidad, además de ello toda la información reunida fue referenciada y citada para mantener los derechos de autenticidad de los autores de acuerdo a las normas internacionales (ISO 690 y 690-2).

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

En la presente investigación se requirió de información de páginas indexadas como Sciendirect, Scielo, Scopus, Dialnet, Redalyc y google académico acerca de los métodos de descontaminación para suelos contaminados por Pb, Cd y Hg.

Así mismo se ha compilado e identificado la suficiente información para llevar a cabo la investigación sobre las metodologías de descontaminación de suelos contaminados por metales pesados, es así que de todas los resultados obtenidos se seleccionaron 30 que cumplieron con los criterios de búsqueda y selección.

En esta investigación, la cual se perfila como una revisión sistemática, se reunió la información encontrada (revistas, artículos, trabajos de investigación) en 2 subcategorías observándose en la matriz de categorización adjuntada en anexos. La selección de los 30 artículos se fundamentan en las técnicas de descontaminación de suelos físicas – químicas y biológicas. En la siguiente tabla se observa el encasillado y clasificación de los artículos.

(Rodríguez et al 2020, p. 6) Dentro de su investigación se muestra diferentes métodos para remediar suelos contaminados por metales pesados los cuales son físico-químicos, biológicos y mixtos, siendo los más utilizados frecuentemente son las técnicas biológicas de las cuales sobre sale la Fitorremediación que mejoran las propiedades y características propias del suelo que no fueron contaminadas por los metales pesados producidos por la minería , así emplear el tratamiento adecuado, estos pueden ser tanto in situ o ex situ, técnicas que se pueden aplicar en un suelo contaminado pero teniendo en cuenta cierto criterios por ejemplo el tipo de suelo.

(Como se citó en Rodríguez et al 2020, p. 7) Las técnicas de recuperación de suelos, son de 2 tipos de tratamientos, in situ actúan directamente sobre zonas impactadas, pero son más lentos y difíciles de llevar a la práctica por la dificultad de poner en contacto a los agentes de descontaminación con el suelo contaminado y los ex situ requieren de excavación del suelo que son de mayor costo, más rápidos, consiguiendo así una recuperación en la zona impactada.

Tabla N° 3: Técnicas de Descontaminación de suelos según autores

TECNICAS DE DESCONTAMINACION DE SUELOS		AUTOR (ES)															
Físico - Químico	Lavado	Tran H. et al 2021	Navarr ete y Ramirez 2019														
	Electrocinética	Gayo 2018	López et al 2020	Mackinlay et al 2017													
	Adición de enmiendas	Madrid y Marrugo, 2021															
Biológico	Biodegradación asistida	Rivera et al, 2018	Garzón et al, 2017	Wang Y. et al 2020	Mendoza E. et al 2021	Gómez F, 2020	Covarrubias et al 2017										
	Biotransformación de metales	Torres 2018	Pilco 2020														
	Fitorremediación	Cepeda et al 2018	Argota et al 2017	Wong A. et al 2021	Martínez y Vargas, 2017	Hasanuzzaman et al 2018	Rivera y Lázaro 2017	Argota et al 2017	Torres et al 2021	Cepeda et al 2021	Lara 2018	Hernández et al 2017	Obeso y vejara no 2020	Gwenzi et al 2017	Peña y Beltrán, 2017	Torres et al 2021	Covarrubias et al 2017

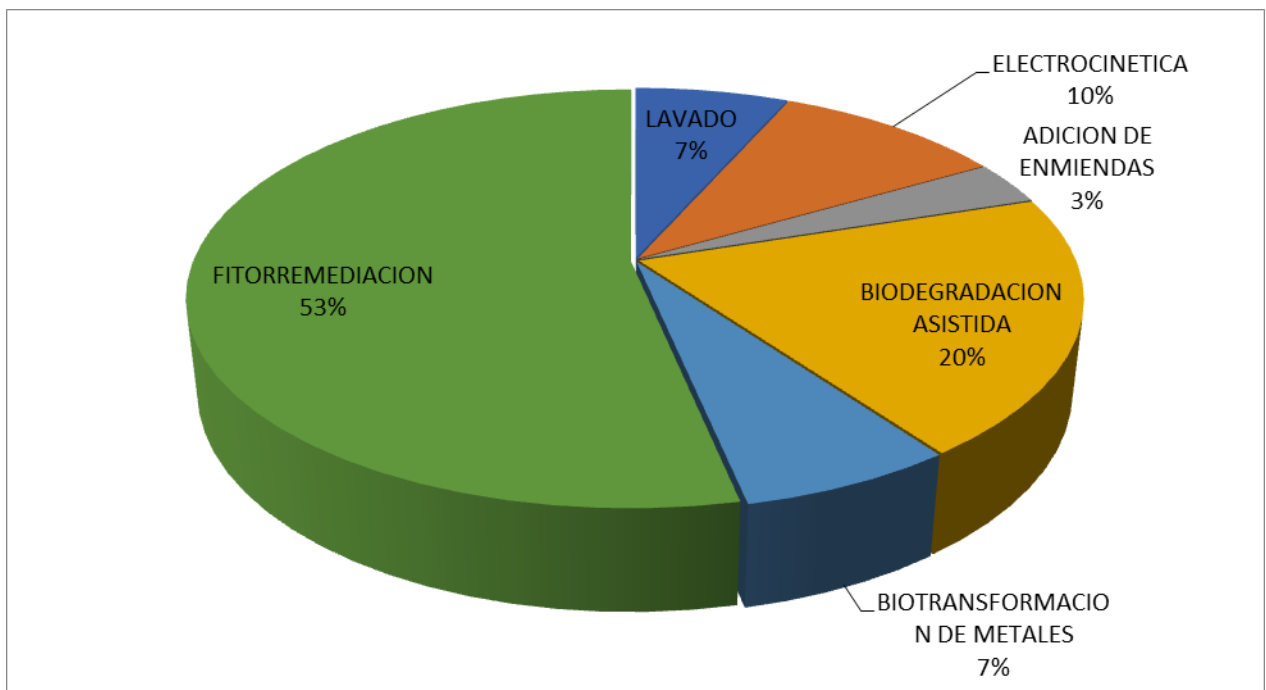
Elaboración: propia

Tabla N° 4: Técnicas de Descontaminación de acuerdo al Metal Contaminante y Porcentaje de Remoción

TECNICA DE DESCONTAMINACION DE SUELOS	METAL CONTAMINANTE	NIVEL DE CONCENTRACION DEL METAL PESADO	% DE REMOCIÓN	AUTOR
Lavado de suelos	Dioxinas	12.800 µg/kg	84%	Tran H. et al 2021
Lavado de suelos	Plomo	32.86 mg/Kg	50%	Navarrete y Ramirez 2019
Electrocinetica	Plomo	2900 mg/Kg	96%	Gayo 2018
Electrocinetica	cadmio	288 mg/Kg	50%	Mackinlay et al 2017
Adicion de enmiendas	Plomo	29.04 mg/Kg	50 - 84%	Madrid y Marrugo, 2021
Biodegradación asistida	cadmio	24.72 mg/Kg	50 - 84%	Rivera et al, 2018
Biodegradación asistida	cadmio	20 mg/L	54,30%	Wang Y. et al 2020
Biodegradación asistida	cadmio	457.15 mg/Kg	80 - 90 %	Mendoza E. et al 2021
Biotransformación de metales	Plomo	90 mg/kg	—	Torres 2018
	Mercurio	0.51 mg/Kg	—	
Biotransformación de metales	Plomo	32.56 mg/Kg	—	Pilco 2020
Fitorremediación	Plomo	18,54 mg/Kg	1 - 2 %	Argota et al 2017
Fitorremediación	Plomo	32,214 mg/Kg	—	Martínez y Vargas, 2017
Fitorremediación	Cadmio	151 mg/Kg	—	Lara 2018
Fitorremediación	Cadmio	2.140 mg/Kg	57%	Obeso y vejarano 2020
Fitorremediación	cadmio	1,587 mg/kg	48.83%	Peña y Beltrán, 2017
	Plomo	1,528 mg/kg	45.38%	

Seguidamente las distintas técnicas de descontaminación de suelos físico – químicas como biológicas se ven reflejadas en la figura n° 1 donde se puede observar que el porcentaje más elevado es el de fitorremediación con un 53 %, dando a entender que esta técnica es una de las más aplicadas en la remediación y limpieza de suelos que se hayan visto contaminados por Plomo, Cadmio y Mercurio, seguida por la biodegradación asistida con un 20 % en la utilización de artículos relacionados a la biodegradación asistida, perteneciendo ambas técnicas a los tratamientos biológicos, finalmente mediante esta figura la técnica menos empleada fue la electrocinética con el 1% en la utilización de artículos relacionados.

Figura 1: Estimación porcentual de artículos empleados según subcategorías



**Fuente: Elaboración propia**

Seguidamente se procederá con la discusión de los resultados basados mediante los distintos autores. En esta investigación la cual se perfila como una revisión sistemática cuenta con una matriz de categorización apriorística la cual nos permite implantar similitudes, diferencias y relacionar las subcategorías del trabajo de investigación en curso.

En Pérez-Vargas (como se citó en Rivera et al 2018, p. 2) La biorremediación conocida por la realización de actividades de restauración de suelos empleando

organismos vivos, sistemas biológicos o enzimas, bacterias, hongos, plantas. La biorremediación debido a la utilización de microorganismos posee una capacidad genética para oxidar y a la vez transformar los hidrocarburos en agua, CO<sub>2</sub> o biomasa. (Rivera et al 2018, p. 3)

Según Ferrera – Cerrato (como se citó en Rivera et al 2018, p.3) Esta técnica es una de las más utilizadas para suelos y aguas que se encuentran contaminados por hidrocarburos. Coincidiendo de esta manera con los resultados acerca de las técnicas más empleadas, estando la biodegradación dentro de la biorremediación; observando el gráfico N° 1 se aprecia que la biodegradación se porcentua en un 20 % dando cuenta que es una de las técnicas más utilizadas en la descontaminación de suelos.

Sing (como se citó en Peña y Beltrán, 2017, p.32) Diversos estudios han manifestado que la fitorremediación es una de las técnicas más prometedoras para llevar a cabo la limpieza de lugares contaminados por distintos metales, sin embargo también trae consigo limitaciones. Esta técnica se desarrolla empleando plantas con capacidad de remover, estabilizar, transferir, degradar o descomponer los contaminantes que existan en el suelo, agua o sedimentos, como metales pesados, plaguicidas, hidrocarburos poliaromáticos, solventes, fertilizantes, entre otros. Mc Graths (como se citó en Peña y Beltrán, p. 33) De acuerdo a lo adscrito por parte de los autores en comparación con los resultados de esta investigación, la fitorremediación es una de las técnicas con mayor relevancia reflejando lo dicho en la presente investigación al tener más del 50 % de artículos relacionados a la fitorremediación y ocupando el primer lugar en ser la técnica más utilizada a nivel mundial.

Padmavathiamma y Li (como se citó en Argota et al 2017, p. 100) la técnica de la fitorremediación es aquella que tiene la capacidad de absorber, tolerar y acumular concentraciones altas de metales pesados, radioactivos y compuestos orgánicos. Seguidamente se observa en la tabla N° 2 que los artículos de investigación arrojan que la fitorremediación alcanza de 40 % a 60% de remoción de metales



pesados como cadmio y plomo donde las concentraciones iniciales superan los 1000 mg/Kg.

Tabla N° 5: Ventajas y desventajas de las técnicas de descontaminación según Volke y Velasco

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS	Efectividad por sus bajos costos	Mayor tiempo de tratamiento
	Tecnologías beneficiantes para el medio ambiente	Necesidad de verificar la toxicidad de intermedios o productos
	Mayormente los contaminantes son destruidos/eliminados	No se emplea si el suelo no favorece el crecimiento microbiano
	No se requiere de algun tratamiento posterior o minimos de.	
TRATAMIENTOS FISICOQUIMICOS	Efectivos en cuanto a costos	Los residuos generados por técnicas de separación deben tratarse o disponerse: aumento en costos y necesidad de permisos
	Se realizan en periodos cortos	Los fluidos de extracción pueden aumentar la movilidad de los contaminantes: necesidad de sistemas de recuperación
	Equipos accesibles sin necesidad de utilizar ingeniería ni mucha energía	

*Fuente: Volke y Velasco (2018)*

Según Obeso y Vejarano (2020), esta técnica biológica, fitorremediación, es aquella en la cual se aprovecha la capacidad de algunas plantas para acumular, metabolizar, absorber, estabilizar o volatilizar los metales contaminantes, compuestos orgánicos o sustancias radioactivos. Dicha técnica cuentan con varias ventajas frente a los métodos convencionales ya sea por su sencillez al momento de aplicarla y su costo bajo, igualmente de ofrecer una cobertura verde como resultado, siendo esta más agradable y aceptable desde la vista ambiental.

La fitorremediación siendo una técnica in situ emplea microbiota y vegetación, como también técnicas agrónomas para minimizar la contaminación del suelo.

Estas técnicas son muy útiles al momento de remediar un suelo que se ha visto afectado por la contaminación de metales pesados, incluidas aquí las técnicas de fitorremediación, Fitofiltración y Fitoestabilización. (Jiménez Ballesta, 2017, p.66)

Meagher (como se citó en Hasanuzzaman et al 2018, p. 7) La fitorremediación es una tecnología remediativa ecológica, in situ y económica que emplea plantas modificadas y naturales para bajar los niveles de contaminación en los suelos. En este caso se observa que tanto el autor Meagher como Volke y Velasco coinciden en que las técnicas biológicas donde se encuentra la fitorremediación es una de las cuales es efectiva por sus costos bajos.

García (2021), La biorremediación no es empleada en solitario para remediar los suelos contaminados, esta puede ser complementada por otras técnicas de mayor eficiencia. Una de las desventajas que presenta esta técnica es el tiempo prolongado de tratamiento de suelos contaminados baja o moderadamente, evitando la intoxicación microbiana. Desde luego se le reconoce como una técnica económica y amigable con el medio ambiente. Mediante lo descrito Volke y Velasco los tratamientos biológicos cuentan con una gran desventaja resaltando la biorremediación por su tiempo prologando para tratar los suelos con contaminación de la misma manera están técnicas no pueden ser empleadas si el suelo no favorece el crecimiento microbiano, de esta manera García junto a Volke y Velasco coinciden en sus teorías.

La técnica de lavado de suelo es aquella que va a facilitar la minimización de remanentes de procesos tanto físicos como químicos. Luego los residuos del lavado junto a los contaminantes deberá ser tratada para excluirlos. (Jiménez Ballesta, 2017, p.66) Contratando con la tabla N° 5 según Volke y Velasco, esta técnica tiene una gran ventaja al no necesitar de equipos especializados de esta manera no se requiere el consumo de energía y mucho menos necesitar la ingeniería.

Según Angelova (como se citó en Madrid y Marrugo, 2021, p. 3) la técnica de adición de enmiendas es una práctica de carácter común en la inmovilización de

metales, de esta manera se mejora la calidad de los suelos. De esta manera vemos una inclinación hacia lo demostrado por Volke y Velasco ya que estas técnicas son de bajos costos y se pueden realizar en periodos cortos de tiempos.

Tabla N° 6 Eficiencia de Especies Vegetales en la Remoción De Elementos Contaminantes de Suelos

N°	Autor	Especie Vegetal	Nombre común	Técnica	Metal contaminante	Extracción
1	Vasileios et al 2021	<i>Artemisia vulgaris</i>	Artemisia	Fitorremediación	Cadmio	299.01 ug/kg
2	Cui et al 2021	<i>Amaranthus Hypochondriacus L</i>	Amaranto	Fitorremediación	Cadmio	508.38 ug/kg
3	Peña y Beltran 2017	<i>Helianthus annuus</i>	Girasol	Fitoextracción	Cadmio	1,587 mg/kg
					Plomo	1,528 mg/kg
4	Obeso y Vejarano 2020	<i>Pelargonium zonale</i>	Geranio	Fitorremediación	Cadmio	2,140 mg/kg
5	Peña 2019	<i>Helianthus annuus</i>	Girasol	Fitorremediación	Plomo	362.7 mg/kg
6	Ferrua 2021	<i>Tradescantia pallida</i>	Purpurina	Fitorremediación	Plomo	56.55 mg/Kg
7	Ríos 2017	<i>Lolium perenne</i>	Ballica	Fitorremediación	Plomo	138.57 mg/kg
8	Pérez y Vicente 2020	<i>Brassica oleracea</i>	Col silvestre	Fitorremediación	Plomo	127.75 mg/kg
					Cadmio	7.71 mg/kg
9	Pérez y Vicente 2020	<i>Brassica juncea</i>	Mostaza castaña	Fitorremediación	Plomo	132.75 mg/kg
10	Munive et al 2018	<i>Zea mays L.</i>	Maiz	Fitorremediación	Plomo	395.83 mg/kg
11	Amones y Barja 2019	<i>Amaranthus quitensis</i>	Yuyo colorado	Fitorremediación	Plomo	260.88 mg/Kg
		<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Ipazote	Fitorremediación	Plomo	191.58 mg/Kg
		<i>Tagetes minuta</i>	Huacatay	Fitorremediación	Plomo	192.12 mg/Kg
12	Munive 2018	<i>Zea mays L.</i>	Maiz	Fitorremediación	Cadmio	11.31 mg/Kg
13	Díaz, Sierra y Fonseca 2017	<i>Lupinus pubescens Benth</i>	Lupino, Ashpa o Chocho del páramo	Fitorremediación	Cadmio	2015,5 mg/Kg
					Plomo	72,2 mg/Kg
					Mercurio	0,16 mg/Kg
14	Díaz, Sierra y Fonseca 2017	<i>Artemisia absinthium</i>	Ajenjo, Asensio, Ajozizo, Artemisia amarga o hierba santa	Fitorremediación	Cadmio	13024,9 mg/Kg
					Plomo	98,7 mg/Kg
					Mercurio	0,12 mg/Kg
15	Hinostroza 2018	<i>Lupinus ballianus</i>	Lupino, Chocho	Fitorremediación	Cadmio	287,3 mg/Kg
16	Díaz y Ordoñez 2017	<i>Arachis pintoii</i>	Maní forrajero	Fitorremediación	Mercurio	75 mg/kg
17	Sambrano y Pomari 2019	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa	Fitorremediación	Mercurio	176.84 mg/Kg
		<i>Raphanus sativus</i>	Rábano			

La fitorremediación considerada como un tratamiento efectivo, amigable y económico del ambiente. Por otra parte, ciertas especies vegetales han demostrado su potencial de absorber, acumular, metabolizar y la de retener contaminantes y metales pesados como el *Zea mays* con el plomo.(Garzón et al 2017, p. 314) De acuerdo a Peña y Beltrán (2017), en su trabajo de investigación empleando "*Helianthus annuus*" donde tiene un valor de 1,587 mg/Kg de extracción, uno de los niveles de extracción más altos en la tabla N°4, se pudo observar que el Cd se acumuló mayormente en hojas y raíces, también se observó la presencia de Cd en las semillas. El cadmio junto al girasol se almacena en las hojas y raíz, sin embargo en Balwois (2017) menciona que la semilla es una parte acumulativa. De esta manera Peña y Beltrán junto a Balwois coinciden en la teoría de que el Cd también se acumula en menor proporción en las semillas.

Obeso y Vejarano (2020) hay distintos tipos de plantas con diferente potencial fitorremediadora, las cuales deben de ser de rápido crecimiento, productora de biomasa, y acumuladoras de metales pesados como: Jacinto, geranio, cebada, alfalfa, mostaza, entre otros. En la presente investigación se empleó información acerca del geranio (*Pelargonium Zonale*), alfalfa (*Medicago sativa*), mostaza castaña (*Brassica juncea*).

Baker (como se citó en Covarrubias et al 2017, p. 11) Las plantas cuando son expuestas a la contaminación por metales tiende a tener distintas respuestas fisiológicas, las cuales varían según la especie, según al metal expuesto y el nivel de concentración del metal presente en el suelo. En este caso tenemos como ejemplo la especie vegetal *Artemisia absinthium* más conocida como Ajenjo, que tuvo una alta remoción de metales llegando a 13024,9 mg/Kg de Cd, caso contrario sucedió con la especie vegetal *Brassica oleracea* conocida como Col silvestre, que tuvo una concentración de 7.71 mg/K de Cd, dando a entender que no todas las especies vegetales poseen una gran capacidad de fitorremediación.

## V. CONCLUSIONES

La efectividad de las metodologías nombradas, son las más usadas y recomendadas hoy en día en la actualidad, por la eficacia que estas generan a la hora de descontaminar suelos por plomo, cadmio y mercurio, extrayendo grandes porcentajes de metales y disminuyendo la contaminación en los suelos generados mayormente por la minería.

Los métodos de descontaminación más utilizados son Biológicos, dentro de ello están la Fitorremediación, Biodegradación asistida y biotransformación de metales. Físico – Químico, dentro de ello están Electrocínética, Lavado, Adición de enmiendas. Los cuales van desde métodos caseros hasta procesos realizados en plantas industriales permitiendo determinar la diferencia de las metodologías, periodos de tiempo, costos de operación, determinando la diferencia entre ellos y dándonos una eficacia para descontaminar suelos por metales pesados e ir disminuyendo toda la contaminación que afecta el suelo, mejorando su estructura y fertilidad a la agricultura.

Entre los diferentes tipos de métodos de descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio destaca la Fitorremediación, estos tienen un fuerte impacto en el ambiente contaminando, debido a sus altos porcentajes de extracción en metales pesados.

La eficiencia de las especies vegetales son los altos porcentajes de extracción de metales pesados en suelos contaminados, uno de los metales pesados es el cadmio, donde se extrajo 13024,9 mg/Kg , con la especie vegetal Hierba santa (*Artemisia absinthium*) , Plomo donde se extrajo 395.83 mg/kg con la especie vegetal maíz (*Zea mays L.*) y por ultimo mercurio donde se extrajo 176.84 mg/Kg, con las especies vegetales Alfalfa (*Medicago sativa*) , Rábano (*Raphanus sativus*).

## **VI. RECOMENDACIONES**

Es recomendable que después de conocer el grado de importancia de las metodologías, se haga un estudio determinado el tiempo exacto donde arroje los resultados de extracción de metales pesados, así comparando los diferentes métodos para ser utilizados, generando beneficios de corto tiempo y menor costo.

Se recomienda investigar información actualizada que se utilice hoy en día, o haciendo mejoras a la información antigua de tal manera que los nuevos muestreos proporcionen resultados más consistentes a la realidad, así se llegue a conocer si los metales pesados están siendo extraídos de manera adecuada y eficaz, contribuyendo de esta manera a la disminución de la contaminación generados por la minería.

Es recomendable que después de conocer el grado de importancia de la fitorremediación, se realicen más evaluaciones e investigaciones en nuestro país. De igual manera se desarrollen normativas para una adecuada descontaminación de suelos por metales pesados, generados mayormente por la minería.

Llevar un buen control de los porcentajes extraídos desde la etapa inicial hasta su etapa final, pueda haber algunas variantes y se necesita la regulación de algunos parámetros como la humedad o temperatura para que el proceso pueda resultar favorable y obtener buenos resultados, favoreciendo las descontaminación del suelo y el crecimiento de los cultivos.

## REFERENCIAS

1. JIMENEZ, Raymundo. Introducción a la contaminación de suelos. 2.<sup>a</sup> ed. España: Mundi-Prensa, 2017. 3 pp.  
ISBN: 9788484767893
2. Garzón, Miranda y Gómez. Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Universidad y salud*. [En línea]. Vol. 19. N° 2. 24 Enero 2017. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/3120/pdf>  
ISSN: 0124-7107
3. Rivera, Andrade y De la Garza, Bioestimulación y Biorremediación de Recortes de Perforación Contaminados con Hidrocarburos. *Contaminación ambiental*. [En línea]. Vol. 34. N°2. Agosto 2017. [28 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v34n2/0188-4999-rica-34-02-249.pdf>  
ISSN: 0188-4999
4. Peña y Rivera. Aplicación de la Fitorremediación en Suelos Contaminados por Metales Pesados utilizando *Helianthus Annuus* L. En la Estación Experimental El Mantaro. *Prospectiva Universitaria*. [En línea]. Vol. 9. N° 1. Diciembre 2019 [fecha de consulta: 28 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva/article/view/34>  
ISSN: 1990-7044
5. Argota, Encinas, Coello y Iannacone. Coeficientes Biológicos De Fitorremediación De Suelos Expuestos Al Plomo Y Cadmio Utilizando *Alopecurus Magellanicus Bracteatus* y *Muhlenbergia angustata* (Poaceae),



Puno, Perú. The Biologist. [En línea]. Vol. 12. N°1. Enero – Junio 2017. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/390/342>

ISSN: 1994-9073

6. FERNÁNDEZ, GARCÍA, IGNASÍ. Aplicaciones medioambientales y energéticas de la tecnología electroquímica. 2ª ed. Barcelona: Reverté, 2021. 241 pp.

ISBN: 9788429196061

7. INNOVACIÓN Y TARGET. Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible. 2ª ed. Málaga: IC, 2017. 2 parr.

ISBN: 9788491987185

8. Limaymanta y Ochoa. Revisión sistemática: Técnicas para la remoción de metales pesados en humedales artificiales. Tesis (Titulado en Ingeniería ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020. 1 pp.

Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/61216/Limaymanta\\_PCJ-Ochoa\\_EKR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/61216/Limaymanta_PCJ-Ochoa_EKR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

9. Wang, Luo, Zeng, Wu, Li, Xu. Characteristics and in situ remediation effects of heavy metal immobilizing bacteria on cadmium and nickel co-contaminated soil. Ecotoxicology and Environmental Safety. [en línea] Vol. 192. N° 110294. 01 de abril 2020. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651320301330?via%3Dihub>

ISSN: 0147-6513

10. Metales pesados en tres variedades de *Solanum tuberosum* L. (papa) expendidos en el mercado mayorista de Santa Anita (Lima-Perú) por D. Leavit López [et al]. Ciencia e investigación [en línea]. 31 de Agosto de 2020, n° 1 [Fecha de consulta: 30 de Octubre].

Disponible

en:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/18719/15790>

ISSN: 1609-9044

11. Gayo Peláez, José Ignacio. Respuesta de las poblaciones microbianas de los suelos contaminados con metales pesados a tratamientos de descontaminación con nanopartículas Tesis (Magister en Biotecnología). Oviedo: Universidad de Oviedo. 25 de Julio de 2018. 25 pp.

Disponible

en:

[https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47859/TFM\\_Josel\\_ignacioGayoPelaez.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47859/TFM_Josel_ignacioGayoPelaez.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

12. TORRES, Yovana, ROJAS, Alfredo, SALAS, William, HINOJOSA, René. Fitorremediación de suelos contaminados por Metales Pesados. Scientific Research Journal CIDI [en línea]. Vol. 1 N° 1. 30 de julio de 2021. [Fecha de consulta: 02 de Noviembre de 2021]. Disponible en:

<http://srjournalcidi.org/index.php/ojs/article/view/43>

ISSN: 2789-2727

13. CEPEDA, Karen; MEJÍA, Bibiana; PÉREZ, Javier; NAVAS, Mariela; HONTORIA, Mariscal, Ignacio y MOLINER, Ana María. ¿Se puede utilizar electroimanes para remediar suelos contaminados por metales pesados? [en línea] España: [s.n], Mayo de 2021. [Fecha de publicación: 04 de noviembre]

ISBN: 9788418177095

Disponible en: [https://oa.upm.es/67271/1/INVE MEM 2021 335643.pdf](https://oa.upm.es/67271/1/INVE_MEM_2021_335643.pdf)

14. LARA, Benjamín. Evaluación de la Cannabis Sativa Industrializada L. (cáñamo industrial), en la restauración de suelos contaminados con metales pesados. (Técnico en Química Industrial). Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María, 2019. 25 – 29 pp.

Disponible en:  
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/46174/3560901550095UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

15. GARCIA, Alicia. Aspectos hidrogeológicos de las técnicas de remediación de suelos contaminados por metales pesados. (Magister en Hidrología y Gestión de Recursos Hídricos). España: Universidad de Alcalá, 2021. 4 pp.

Disponible en:  
[https://ebuah.uah.es/xmlui/bitstream/handle/10017/49385/TFM\\_GARCIA\\_BLANCO\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ebuah.uah.es/xmlui/bitstream/handle/10017/49385/TFM_GARCIA_BLANCO_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

16. CHIRIVÍ, Juan; FAJARDO, Carlos; GÓMEZ, Luz; DELGADO, Santiago. Revisión y Panorama Nacional de la Biorremediación Microbiana. [En línea] 2ª ed. Bogotá. Editorial UNAD. Diciembre 2019. [Fecha de consulta: 10 de Noviembre de 2021] Capítulo 3: Biorremediación de Metales Pesados.

Disponible en:  
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article/view/3992/3977>

ISSBN: 9789586517287

17. MENDOZA, Betty; TORRES, Duilio; MERÚ, Lué; GÓMEZ, Carlos; ESTANGA, Marisela; GARCÍA, Yelítza. Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. TecnoLógicas.

[En línea] Vol. 24. N° 51. 26 de febrero de 2021. [Fecha de consulta: 10 de Noviembre de 2021].

Disponible en:

<https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/1738/1907>

ISSN: 2256-5337

18. WONG, Cynthia; CARRANZA, Candy; ALONSO, Ángel; ILIZALITURRI, César. In situ PHYTOREMEDIATION IN MEXICO: A REVIEW. Fitotecnia México. [En línea]. Vol. 44. N° 2. 2021. [Fecha de consulta: 15 de Noviembre]. Disponible en:

[https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.085109438149&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=In+situ+PHYTOREMEDIATION+IN+MEXICO%3a+A+REVIEW&sid=d98f6fa3c69d5fb5129a7277f9a3506d&sot=b&sdt=b&sl=59&s=TITLEABSKEY%28In+situ+PHYTOREMEDIATION+IN+MEXICO%3a+A+REVIEW%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.085109438149&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=In+situ+PHYTOREMEDIATION+IN+MEXICO%3a+A+REVIEW&sid=d98f6fa3c69d5fb5129a7277f9a3506d&sot=b&sdt=b&sl=59&s=TITLEABSKEY%28In+situ+PHYTOREMEDIATION+IN+MEXICO%3a+A+REVIEW%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)

ISSN: 0187-7380

19. TORRES, Nely. EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS COMO As, Cu, Cd, Hg y Pb EN EL BOTADERO DE CANCHARANI DE LA CIUDAD DE PUNO. (Ingeniero Agronomo) Universidad Nacional del Altiplano. Puno, 2018. 71 pp. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9412/Torres\\_Quispe\\_Nely\\_Elma.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9412/Torres_Quispe_Nely_Elma.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

20. PILCO, Noe. Determinación de la influencia de los lixiviados en la concentración de metales pesados del suelo del botadero municipal de Moyobamba, 2020. (Ingeniero Ambiental) Universidad Nacional de San Martín. Moyobamba, 2021. 29 pp. Disponible en:

<https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4040/ING.%20AMBIENTAL%20-%20Noe%20Justo%20Pilco%20Isuiza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

21. MACKINLAY, Fernando; URREJOLA, Santiago; CAMESELLE, Claudio. Recuperación de suelos contaminados en campos de tiro por electroremediación y fitorremediación. (Ingenieros Mecánicos) Universidad de Vigo. España, 2017. 32 pp. Disponible en: <http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/handle/123456789/177/MackinlayLlanza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

22. COVARRUBIAS, Sergio; Peña, Juan. Environmental pollution by heavy metals in Mexico: Problems and phytoremediation strategies. Revista internacional de contaminación ambiental [En línea] Vol. 33. N° 7. 2017. [Fecha de consulta: 17 de Diciembre] Disponible en: [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85017387264&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=fitorremediacion&sid=2f286efbd60eb1d2f0ca852143a43960&spot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28fitorremediacion%29&relpos=9&citeCnt=20&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85017387264&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=fitorremediacion&sid=2f286efbd60eb1d2f0ca852143a43960&spot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28fitorremediacion%29&relpos=9&citeCnt=20&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)  
ISSN: 0188-4999

23. RAMIREZ, Kimberly; NAVARRETE, Karla. LAVADO DE SUELO CONTAMINADO CON PLOMO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO. (Ingeniera en Medio Ambiente). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ. Calceta, 2019. 25 pp. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/999/1/TTMA45.pdf>

24. RODRIGUEZ, Orlando. Técnicas de remediación de suelos contaminados por metales pesados en la industria minera: una revisión sistemática entre los años 2008-2018. (Bachiller en Ingeniería de Minas) Universidad Privada del Norte. Trujillo, 2020. 14 pp. Disponible en: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26375/Trabajo%20de%20investigaci%3%b3n\\_Total.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26375/Trabajo%20de%20investigaci%3%b3n_Total.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
25. GAMBINI, Letty. Métodos de remediación de suelos contaminados por actividades mineras. (Bachiller en Ingeniería Ambiental). Universidad Científica. Lima, 2020. 10 pp. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1478/TB-Gambini%20L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
26. HERNANDEZ, Ismael; NAVAS, Gabriela; INFANTE, Carmen. Fitorremediación de *Megathyrus maximus* en suelos contaminados con crudo pesado. Revista internacional de contaminación ambiental. [En línea] Vol. 33. N° 3. 2017. [Fecha de Consulta: 18 de Diciembre] Disponible en: [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85026760751&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=fitorremediacion&sid=2f286efbd60eb1d2f0ca852143a43960&sot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28fitorremediacion%29&relpos=7&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85026760751&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=fitorremediacion&sid=2f286efbd60eb1d2f0ca852143a43960&sot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28fitorremediacion%29&relpos=7&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)  
ISSN: 0188-4999
27. GWENZI, Willis; MUSHAIKE, Colleta; NHAMO, CHaukura; TAVENGWA, Bunhu. Remoción de Trazas de Metales del Drenaje Ácido de Minas

Usando una Combinación Secuencial de Adsorbentes a Base de Ceniza de Carbón y Fitorremediación por Bunchgrass (Vetiver [Vetiveria zizanioides L]). Agua de mina y medio ambiente. [En línea] Vol. 36. N° 4. 1 de Noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 18 de Diciembre] Disponible en: [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013790732&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=fitorremediacion&sid=2f286efbd60eb1d2f0ca852143a43960&sot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28fitorremediacion%29&relpos=6&citeCnt=8&searchTerm=&featureToggles=FEATURE\\_NEW\\_DOC\\_DETAILS\\_EXPORT:1](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85013790732&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=fitorremediacion&sid=2f286efbd60eb1d2f0ca852143a43960&sot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28fitorremediacion%29&relpos=6&citeCnt=8&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)  
ISSN: 1025-9112

28. SOTO, Margarita; RODRIGUEZ, Liset; OLIVERA, Martha; AROSTEGUI, Victor; COLINA, César; GARATE, Jorge. Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonia Peruana. Scientia Aggropecuaria. [En línea] Vol. 11. N° 1. Enero – Marzo de 2020. [Fecha de consulta: 19 de Diciembre de 2021] Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172020000100049](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000100049)  
ISSN: 2077-9917

29. CASTEBLANCO, Javier. TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN DE METALES PESADOS CON POTENCIAL APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE CACAO. La Granja: Revista de la Vida. [En línea] Vol. 27. N° 1. 01 de Marzo de 2018. [Fecha de consulta: 3 de Enero] Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/lgr/v27n1/1390-3799-lgr-27-01-00021.pdf>  
ISSN: 1390-8596

30. TUAN, Huu; LIN, Chitsan; GIANG Hong; THANH Xuan; GIANG, Van; THANH Chi. Lavado de suelos para la remediación de suelos contaminados con dioxinas: una revisión. Sciencedirect [En línea] vol. 421. N° 2022. 30 de Julio de 2021. [Fecha de consulta: 4 de Enero] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389421017325>  
ISSN: 0304-3894
31. MARTINEZ, Laura; VARGAS, Yessica. EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL SUELO POR PLOMO Y CROMO Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVA DE REMEDIACIÓN EN LA REPRESA DEL MUÑA, MUNICIPIO DE SIBATÉCUNDINAMARCA. (Ingeniera Ambiental Y Sanitaria). Universidad de La Salle. Cundinamarca, 2017. 37 pp. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1387&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1387&context=ing_ambiental_sanitaria)
32. MARCIAL, Cindy; AYALA, María; MENDOZA, Paulina; VENCES, Jesús; ZETINA, Vanessa; MARTINEZ, O.; RAMOS, Margarita. Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. Vol. 20. 3 - 4 pp. N° 1. 30 de Junio de 2019  
ISSN: 1665-0204
33. HASANUZZAMAN, Mirza; VARA, Majeti; FUJITA, Masayuki. Cadmiun toxicity and tolerance in plants. [en línea] ed. 2019. SPi Global. India. 2018. [Fecha de consulta: 4 de Enero]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=gpp8DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=soil+contamination+by+cadmium&hl=es->



419&sa=X&ved=2ahUKEwiGhJXdi-  
n0AhUwK7kGHclFCvwQ6AF6BAgFEAl#v=onepage&q&f=true  
ISBN: 9780128148648

34. OBESO, Aida; VEJARANO, Ricardo. Cultivo de Geranio: uso potencial para remover arsénico (As), cadmio (Cd), y cobre (Cu) de suelos contaminados. LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. [En línea] Vol. 1. N° 1. 27 – 31 de Julio de 2020. [Fecha de consulta: 4 de Enero] Disponible en: [http://www.laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full\\_papers/FP144.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full_papers/FP144.pdf)

ISSN: 2414-6390

35. BULLON, Vladimir; QUISPE, Lourdes. EL MEDIO AMBIENTE Y EL COSTO - BENEFICIO DE LA DESCONTAMINACION DE LA LAGUNA DE PATARCOCHA Y ALREDEDORES, CERRO DE PASCO 2017. (Economista). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco, 2018. 74 – 75 pp. Disponible en: [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/548/1/LOURDES.QUISPE\\_VLADIMIR.BULLON.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/548/1/LOURDES.QUISPE_VLADIMIR.BULLON.pdf)

36. LONDOÑO, Franco; MUÑOZ, Tatiana. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. [En línea] Vol. 14 N° 2. Mayo, 2018 [Fecha de consulta: 7 de Enero] Disponible en: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/489/630>

0

ISSN: 1692-3561

37. ALI, Hazrat, KAN, Ezzat; SAJAD, Mohamed. Fitorremediación de metales pesados. Chemosphere. [En línea] Vol. 91. N° 869 – 881. Mayo, 2018.

[Fecha de consulta: 7 de Enero] disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653513001914>  
ISSN: 0045-6535

38. GALLARDO, Santiago. Propuesta de Fitorremediación en suelos contaminados con metales pesados mediante la utilización de *Helianthus annuus* L en Camilo Ponce Enríquez, Azuay, Ecuador. (Ingeniero Ambiental). Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, 2019. 37 pp.

Disponible en:  
<http://181.198.35.98/Archivos/GALLARDO%20QUINTEROS%20AHOMED%20SANTIAGO.pdf>

39. ARONES, Andrea; DEUDOR, Yackeline. Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados aplicando *Sedum alfredii* y *Helianthus annuus*. (Ingeniera Ambiental). Universidad Cesar vallejo. Lima, 2020. 24 pp.

Disponible en:  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72528/Arones\\_VAM-Deudor\\_CYM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72528/Arones_VAM-Deudor_CYM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

40. PEÑA, IVONNE. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL *HELIANTHUS ANNUUS*, COMO AGENTE FITORREMIADOR DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO. (Ingeniera Ambiental). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, 2019. 42 pp.

Disponible en:  
[http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/167/1/Pe%c3%b1a\\_Ivonne\\_Trabajo\\_Suficiencia\\_2019.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/167/1/Pe%c3%b1a_Ivonne_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf)

41. CUI, Xiaoying; MAO, Peng; SUN, Shuo; HUANG Rog; YINGXU, Fan; LI, Yongxing; ZHUANG, Ping; LIA, Zhian. Fitorremediación de suelos contaminados con cadmio por *Amaranthus Hypochondriacus*: Los efectos de las propiedades del suelo destacando la capacidad de intercambio catiónico. *Chemosphere*. [en línea] Vol. 283. N° 131067. noviembre de 2021. [Fecha de consulta: 9 de Enero]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521015393>  
ISSN: 0045-6535

42. FERRUUA, Schauny. Evaluación de la capacidad fitorremediadora de las especies “*Tradescantia Pallida*” y “*Pelargonium Hortorum*” en suelos contaminados con plomo de la zona de las Lomas de Carabayllo. (Ingeniera Ambiental). Universidad Peruana Unión. Lima, Abril, 2018. 22 – 28 pp.

Disponible en: [http://200.121.226.32:8080/bitstream/handle/20.500.12840/4445/Schauny\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://200.121.226.32:8080/bitstream/handle/20.500.12840/4445/Schauny_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

43. RÍOS, Flavia. COMPARACIÓN DE LAS EFICIENCIAS FITORREMEIADORAS DE LAS ESPECIES *Lolium perenne*, *Pelargonium hortorum* Y *Fuertesimalva echinata* EN LA REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN SUELOS AGRÍCOLAS DEL DISTRITO DE HUAMANTANGA, 2017. (Ingeniera Ambiental). Universidad Cesar Vallejo. Lima, 2017. 37 pp.

Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3591/Rios\\_RA\\_F.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3591/Rios_RA_F.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

44. PEREZ, Lucy; VICENTE, Brayam. Reducción de plomo, cadmio en suelos con plantas hiperacumuladoras *Brassica Oleracea*, *Juncea* y *Helianthus*

annuus, Huaral, Lima 2020. (Ingeniero Ambiental). Universidad Cesar Vallejo. Lima, 2019. 1 -2 pp.

Disponible en:  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66748/P%  
c3%a9rez\\_OLM-Vicente\\_SBD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/66748/P%c3%a9rez_OLM-Vicente_SBD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

45. MUNIVE, Rubén, LOLI, Oscar; AZABACHE, Leyton; GAMARRA, Gilberto. Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. *Scientia Agropecuaria*. [en línea] Vol. 9. N° 4. Octubre – Diciembre 2018. [Fecha de consulta: 13 de Enero]

Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172018000400011&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172018000400011&script=sci_arttext&tlng=pt)  
ISSN: 2077-9917

46. AMONES, Ruth; BARJA, Mirella. Capacidad de acumulación de plomo de las especies adventicias *Amaranthus quitensis*, *Chenopodium ambrosioides* y *Tagetes minuta* en diferentes tipos de suelos. (Ingeniera Ambiental). Universidad Peruana Unión. Lima, 2019. 33 pp.

Disponible en:  
[https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2980/Ruth  
Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2980/Ruth_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

47. MUNIVE, Rubén. RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS POR CONTAMINACIÓN CON METALES PESADOS EN EL VALLE DEL MANTARO MEDIANTE COMPOST DE STEVIA Y FITORREMEDIACIÓN. (Doctor en Ingeniería y Ciencias Ambientales). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú, 2018. 68 pp.

Disponible en:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3770/muni-ve-cerron-ruben-victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

48. DIAZ, Sandra; SIERRA, Claudia. FITORREMEDIACIÓN CON Artemisia absinthium Y Lupinus pubescens Benth. COMO ALTERNATIVA PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE ECOSISTEMAS ANDINOS Y ALTOANDINOS AMENAZADOS POR METALES PESADOS. (Magister en Ciencias Ambientales). Universidad de Bogotá. Bogotá, 2017. 8 pp.

Disponible en:  
<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/2397/Tesis%20Maestria%20en%20Ciencias%20Ambientales%20Sandra%20Milena%20Diaz%20Vargas%2c%20Claudia%20Helena%20Sierra%20Nova.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

49. HINOSTROZA, Siderlin. Fitoestabilización de Cadmio por Lupinus Mutabilis en un suelo contaminado del distrito El Mantaro, Jauja. (Ingeniera Ambiental). Universidad Continental. Huancayo 2018. 25 pp.

Disponible en:  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4918/2/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Hinostroza\\_Zarate\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4918/2/IV_FIN_107_TE_Hinostroza_Zarate_2018.pdf)

50. DIAZ, María; ORDONEZ, Eduardo. Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa. [en línea] Vol. II. No. 4. 18 de Mayo de 2017. [Fecha de consulta: 15 de Enero].

Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Ordenez-Gonzalez/publication/325273614\\_Arachis\\_pintoi\\_Una\\_especie\\_acumuladora\\_de\\_mercurio/links/5b032685aca2720ba098ff45/Arachis-pintoi-Una-especie-acumuladora-de-mercurio.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Ordenez-Gonzalez/publication/325273614_Arachis_pintoi_Una_especie_acumuladora_de_mercurio/links/5b032685aca2720ba098ff45/Arachis-pintoi-Una-especie-acumuladora-de-mercurio.pdf)

ISSN: 2477-9253

51. POMARI, Lizbeth; SAMBRANO, Ninfa. Evaluación de la capacidad fitoextractora de la alfalfa (*Medicago sativa*) y rábano (*Raphanus sativus*) sobre la remoción de Hg en suelos contaminados por actividad minera. (Ingeniero Ambiental). Lima. Universidad Peruana La Unión. 30 de Diciembre de 2019. 47 pp.

Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4848>

52. MARIN, Angie; HÉRNANDEZ, Elybe; FLORES, Jesús. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE DATOS CUALITATIVOS EN INVESTIGACIONES ORIENTADAS AL APROVECHAMIENTO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA. Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Educación, Turismo, Ciencias Sociales y Económica, Ciencias del Agro y Mar y Ciencias Exactas y aplicadas. Vol I. (N°1). Pp: 5. Ene – Julio, 2016.

ISSN:

2542-3088

# **ANEXOS**

## MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría		Criterio 1	Criterio 2	Unidad de análisis
<p>Describir los métodos que se utilizan para la descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio.</p>	<p>¿Cuáles son los métodos que se utilizan para la descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio?</p>	<p>Métodos de descontaminación de suelos</p>	<p>Físico - Químico</p>	<p>Lavado</p>	<p>De acuerdo al tipo de contaminante en el suelo</p>	<p>De acuerdo al nivel de concentración del metal pesado</p>	<p>Rivera et al, 2018 Cepeda et al 2018 Peña y Beltrán, 2017 Torres et al 2021 Argota et al 2017 Garzón et al, 2017 Wang Y. et al 2020 Covarrubias et al 2017 Martínez y Marrugo, 2021 Mendoza E. et al 2021 Wong A. et al 2021 Rodríguez 2020 Gambini V., 2020 Tran H. et al 2021 Martínez y Vargas, 2017</p>
				<p>Electrocinetica</p>			
				<p>Adición de enmiendas</p>			
			<p>Biológico</p>	<p>Biodegradación asistida</p>			
				<p>Biotransformación de metales</p>			
				<p>Fitorrecuperación</p>			
<p>Describir el método más empleado para la descontaminación de suelos por plomo, cadmio y mercurio.</p>	<p>¿Qué metodología es la más empleada en la descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio?</p>	<p>Metodología más empleada en descontaminación de suelos por Cd, Pb y Hg</p>	<p>Fitorremediación Biorremediación</p>		<p>De acuerdo a las ventajas y desventajas de las técnicas de descontaminación</p>	<p>De acuerdo a la eficiencia de la técnica</p>	<p>Rivera et al, 2018 Gayo 2018 Mendoza et al 2021 Hasanuzzaman et al 2018 García B. et al 2021 Gómez F, 2020</p>



<p>Describir la eficiencia de las especies vegetales en la remoción de Cd, Pb y Hg de suelos contaminados</p>	<p>¿Cuál es la eficiencia que plantea las especies vegetales en la remoción de Cd, Pb y Hg de los suelos contaminados?</p>	<p>Metales pesados</p>	<p>Cadmio Plomo Mercurio</p>	<p>De acuerdo a la capacidad de acumulación de los metales pesados</p>	<p>De acuerdo al tipo de actividad que se realiza en la zona</p>	<p>Peña y Beltrán, 2017 Argota et al 2017 Lara 2018 Obeso y Vejarano, 2020 Hernández et al 2017 Gwenzi et al 2017 Soto B., 2020 Tran H. et al 2021 Navarrete y Ramirez 2019 Gayo 2018 López et al 2020 Mackinlay et al 2017 Madrid y Marrugo, 2021 Garzón et al, 2017 Wang Y. et al 2020 Mendoza E. et al 2021 Gómez F, 2020 Covarrubias et al 2017 Torres 2018 Pilco 2020 Cepeda et al 2018 Argota et al 2017</p>
---	--	------------------------	--------------------------------------	--	--	--

				Wong A. et al 2021 Martínez y Vargas, 2017 Hasanuzzaman et al 2018 Rivera y Lázaro 2017 Argota et al 2017 Torres et al 2021 Cepeda et al 2021 Lara 2018 Hernández et al 2017 Obeso y vejarano 2020 Gwenzi et al 2017
--	--	--	--	---



Universidad César Vallejo

## FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

**TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:**

**BASE DE DATOS**

**AÑO DE  
PUBLICACION**

**LUGAR DE  
PUBLICACION**

**REVISTA:**

**AUTOR (ES):**

**PALABRAS CLAVES:**

**OBJETIVOS:**

**METODOLOGIA:**

**RESULTADOS:**

**CONCLUSIONES:**

**TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:**

Aplicación de la Fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la estación experimental El Mantaro

**BASE DE DATOS**

Prospectiva Universitaria

**AÑO DE PUBLICACION**

2017

**LUGAR DE PUBLICACION**

Estación "El Mantaro" UNPC

**REVISTA:**

Prospectiva Universitaria

**AUTOR (ES):**

Peña Riera Flor de María  
Beltrán Lázaro Moisés Enrique

**PALABRAS CLAVES:**

Fitorremediación, metales pesados

**OBJETIVOS:**

El objetivo del trabajo fue de Aplicar la tecnología de la Fitorremediación en la Estación Experimental "El Mantaro"; utilizando *Helianthus annuus* L. para erradicar la presencia de metales pesados.

**METODOLOGIA:**

Muestreo de suelos

**RESULTADOS:**

Los resultados de la caracterización fisicoquímica del suelo contaminado, fue analizado en la Universidad Agraria La Molina nos reportó: pH 6,93, Conductividad eléctrica 0,58, Porcentaje de carbonato 6,0, Porcentaje de Materia Orgánica 3,31, Capacidad de intercambio catiónico 15,78 y la Textura. Suelo Franco. La concentración de metales pesados Fitoextraída por el *Helianthus annuus* L. fue analizado en Certificaciones del Perú, Laboratorio, el método utilizado fue el ICP-Masas y son: Raíz: Sb (2.00 ppm), As (10.27), Cd (2.61 ppm), Cu (18,97 ppm), Cr (2,735 ppm), Fe (3 519,0 ppm), Mn (204,88 ppm), Pb (17,45 ppm), y Zn (298,3) Hoja: Cd (1,72 ppm), Cu (29,22 ppm), Fe (256,85 ppm), Mn (129,435 ppm), Pb (0,899 ppm), y Zn ( 94,93). Tallo: Cu (5,582 ppm), Fe (276,05 ppm), Mn (32,135 ppm), Pb (0,3685 ppm), y Zn (100,135 ppm) Flor: Cu (43,90 ppm), Cr (10,23 ppm), Fe (9006,67 ppm), Mn (705,53 ppm), Pb (47,87 ppm), y Zn. Semilla: no se reporta concentración de metales pesados con excepción del Cd (0,228 ppm).

**CONCLUSIONES:**

La Fito extracción de metales pesados y metaloides por el *Helianthus annuus* L, fue absorbida por las raíces (arsénico, cadmio, cobre, fierro, manganeso, plomo y zinc), seguido de las hojas, tallos, flores y semillas. El Porcentaje de Fitoextracción de los tres lotes de terreno indica que en el primer año de instalación de *Helianthus annuus* L se nota un porcentaje de Fitoextracción medio en el lote A, para el cromo, zinc y fierro, en el lote B para el arsénico. y en el lote C se nota que la Fitoextracción es bajo, menor al 50%. Ello nos indica que se tiene que seguir cultivando *Helianthus annuus* L, por siete años. El coeficiente de Fitoextracción de metales pesados por el *Helianthus annuus* L nos indica que es una planta acumuladora de metales pesados. El factor de translocación nos indica finalmente que los metales pesados en el lote A: cadmio, cobre, manganeso, plomo y zinc, obtuvieron mejor translocación ya que alcanzaron un factor mayor que 1. En el lote B, cobre y en el lote C, cobre zinc.

<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Fitorremediación de Suelos Contaminados por Metales Pesados
---------------------------------	---

<b>BASE DE DATOS</b>	Scientific Research journal	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2021	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	Perú
----------------------	-----------------------------	---------------------------	------	-----------------------------	------

<b>REVISTA:</b>	Revista Científica del Centro de Investigación y Desarrollo intelectual
<b>AUTOR (ES):</b>	Torres et al 2021
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Fitorremediación Alopecurus magellanicus Muhlenbergia angustata Contaminación de suelo Plomo Cadmio
<b>OBJETIVOS:</b>	Demostrar la capacidad fitorremediadora de las plantas Alopecurus magellanicus var. Bracteatus y Muhlenbergia angustata en suelos adulterados por plomo y cadmio
<b>METODOLOGIA:</b>	Revisión Bibliográfica
<b>RESULTADOS:</b>	Los tratamientos obtuvieron óptimos resultados al analizar la capacidad fitorremediadora y al valorar los suelos después del tratamiento, encontrándose que el Alopecurus magellanicus var. Bracteatus, es la más efectiva para remover plomo y cadmio.
<b>CONCLUSIONES:</b>	El Alopecurus Magellanicus var. Bracteatus y la Muhlenbergia Angustata son plantas capaces de absorber contaminantes inorgánicos, constituyéndose en una tecnología de importantes ventajas con respecto a otros métodos convencionales de remediación de suelos contaminados con MP como el Pb y Cd. Aunque, se requiere mayor información sobre las interacciones planta y microorganismos rizosféricos, sobre las moléculas o metabolitos responsables del fenómeno de quelación de metales pesados al interior de las plantas, así como ciertas enzimas en el proceso de Fitorremediación.

<b>TITULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Coeficientes biológicos de Fitorremediación de suelos a plomo y cadmio utilizando <i>Alopecurus magellanicus bracteatus</i> y <i>M. angustata</i> (POACEAE), PUNO, PERÚ
---------------------------------	---

<b>BASE DE DATOS</b>	UNFV, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Escuela Profesional de Biología	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2017	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	Perú
----------------------	--	---------------------------	------	-----------------------------	------

<b>REVISTA:</b>	The Biologist
<b>AUTOR (ES):</b>	Argota-Pérez et al 2017
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Cd, exposición, Fitorremediación, Poaceae, Pb, suelo.
<b>OBJETIVOS:</b>	El objetivo del presente trabajo fue determinar los coeficientes biológicos de Fitorremediación en suelos por exposición a Pb y Cd utilizando a <i>A. magellanicus bracteatus</i> (Poaceae) y <i>M. angustata</i> (Poaceae) en el Distrito de Ananea, Puno-Perú.
<b>METODOLOGIA:</b>	Muestreo de suelos
<b>RESULTADOS:</b>	La Tabla 1, muestra las concentraciones asimilables en las 10 muestras de suelo para el Pb y Cd, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ellas ( $p < 0,05$ ). La Tabla 2, muestra las concentraciones de Pb y Cd en las raíces de las dos plantas. El Pb fue el elemento de mayor concentración, así como de mayor variación entre las muestras por suelo, donde este comportamiento fue similar para el órgano de las hojas (Tabla 3). La Tabla 4, muestra que tanto BT como RC no superaron el valor comparativo de 1, lo cual indica que la translocación desde las concentraciones presentes en las raíces hasta las hojas fue baja y que dicha concentración en este último órgano con relación a su contenido en el suelo, fue poco significativa, por lo que toda posible concentración de Pb y Cd, no está siendo absorbida por las plantas o solo es retenida en las propias raíces.

<b>CONCLUSIONES:</b>	Se concluye, que las especies <i>A. Bracteatus</i> y <i>M. angustata</i> , a pesar de encontrarse en un ambiente con presencia de Pb y Cd, evidenciaron un bajo potencial de Fitorremediación, no sugiriendo utilizarlas para la remediación ambiental en este tipo de suelo
----------------------	--

	<b>FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL</b>
---	-------------------------------------

<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible
---------------------------------	--

<b>BASE DE DATOS</b>	Sistema Institucional de Revistas Udenar	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2017	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	Bogotá, Colombia
----------------------	--	---------------------------	------	-----------------------------	------------------

<b>REVISTA:</b>	Revistas Udenar
<b>AUTOR (ES):</b>	Garzón et al 2017
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Desarrollo sostenible; contaminación ambiental; biotecnología; biorremediación
<b>OBJETIVOS:</b>	Revisión sobre la aplicación de la biorremediación y su aporte en el cumplimiento de uno de los objetivos de desarrollo sostenible.
<b>METODOLOGIA:</b>	Revisión documental
<b>RESULTADOS:</b>	Entre las principales tecnologías que se han registrado desde la década de 1970, la biorremediación ha demostrado ser rentable y eficiente en la remoción de determinados contaminantes.
<b>CONCLUSIONES:</b>	A pesar de los beneficios de las tecnologías de biorremediación, existen algunas dificultades en la aplicación debido a las restricciones impuestas por el sustrato y variabilidad ambiental, el potencial limitado de biodegradación y la viabilidad de los microorganismos de origen natural, entre otras.



<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Characteristics and in situ remediation effects of heavy metal immobilizing bacteria on cadmium and nickel co-contaminated soil
---------------------------------	---

<b>BASE DE DATOS</b>	Sciencedirect	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2020	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	China
----------------------	---------------	---------------------------	------	-----------------------------	-------

<b>REVISTA:</b>	Ecotoxicology Environmental safety
<b>AUTOR (ES):</b>	Wang Y. et al 2020
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Heavy metal, Bacteria, Characteristic, Immobilization, Soil
<b>OBJETIVOS:</b>	The objectives of this study are to: (1) isolate bacteria resistant to high Cd and Ni concentrations; (2) characterize the isolated strains; (3) investigate individual and associative remediation effects of the isolated indigenous strains on Cd and Ni co-contaminated soil with different inoculation frequencies; (4) determine the influence of the indigenous strains on soil ecology.
<b>METODOLOGIA:</b>	Bacteria isolation
<b>RESULTADOS:</b>	The pot experiment indicated that the concentrations of HOAc-extractable Cd and Ni in soil reduced 6.26–15.33% and 13.31–19.53% with the inoculation of L5 and L6. In addition, the immobilization rates on Cd and Ni improved 61.27–128.50% and 23.69–39.66% with re-inoculation of strains L5 and L6 at 30 days, respectively. After inoculation of strains L5 and L6 for 60 days, the activities of FDA hydrolysis, acid phosphatase, urease, invertase and dehydrogenase in soil increased obviously.
<b>CONCLUSIONES:</b>	In conclusion, the strains with the capacities of both tolerating and immobilizing high concentrations of Cd and Ni have been isolated from the combined contaminated soil. Pot experiment with the initial Cd and Ni contaminated soil indicated that the contents of bio-available heavy metals in soil were decreased and soil ecology including soil enzyme activities and bacterial diversity was ameliorated with the inoculation of the isolated strains, individually and associatively. Additionally, the combined inoculation of strains L5 and L6 was propitious to reduce heavy metal bioavailability in soil and alleviate the stress of metals to soil ecology. Our study suggested that inoculation of heavy metal resistant and immobilizing bacteria was a promising method to solve co-heavy metal polluted soil problems.

**FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL**

<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR METALES PESADOS EN MÉXICO: PROBLEMÁTICA Y ESTRATEGIAS DE FITORREMEDIACIÓN
---------------------------------	--

<b>BASE DE DATOS</b>	Scopus	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2017	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	Guanajuato, México
----------------------	--------	---------------------------	------	-----------------------------	--------------------

<b>REVISTA:</b>	Rev. Int. Contam. Ambie. 33 (Especial Biotecnología e ingeniería ambiental)
<b>AUTOR (ES):</b>	Covarrubias y Peña 2017
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	remediación, microorganismos, suelos
<b>OBJETIVOS:</b>	Analyze the problem of contamination by heavy metals in Mexico, focusing on those more abundant and discuss the use of microorganism-assisted phytoremediation as a biological alternative to help solve this problem
<b>METODOLOGIA:</b>	Revisión Bibliográfica
<b>RESULTADOS:</b>	Bacterias de los géneros Rhizobium, Agrobacterium, Arthrobacter, Microbacterium, Curtobacterium, Rhodococcus, Xanthomonas y Pseudomonas, han mostrado resultados promisorios al ser empleados en estos tratamientos, así como el uso de hongos micorrízicos arbusculares específicamente del género Glomus. Sin embargo, son necesarios más estudios para optimizar los sistemas de tratamiento basados en la selección de las mejores plantas y bacterias endémicas de los sitios contaminados.
<b>CONCLUSIONES:</b>	Contamination by heavy metals in Mexico is an issue that has received little coverage from the authorities, despite the magnitude and the sources of alert derived from the studies of risk areas. However, the number of scientific reports that illustrate the relevance of the application of biotechnology in bioremediation studies has recently increased.

<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Efecto de la adición de enmiendas en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia
---------------------------------	--

<b>BASE DE DATOS</b>		<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2021	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	Colombia
----------------------	--	---------------------------	------	-----------------------------	----------

<b>REVISTA:</b>	Ciencia y Tecnología agropecuaria
<b>AUTOR (ES):</b>	Martínez y Marrugo, 2021
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	biochar, biodisponibilidad, contaminantes, fitotoxicidad, vermicompost
<b>OBJETIVOS:</b>	Evaluar la inmovilización de metales pesados (mercurio, plomo, cadmio y arsénico) en suelos contaminados por actividades mineras provenientes del sur de Bolívar, mediante el uso de enmiendas (biochar: D1 = 0,5 %, D2 = 2 %, D3 = 4 %; vermicompost: D1 = 5 %, D2 = 10 %, D3 = 15 %, y cal: D1 = 0,5 %, D2 = 1 %, D3 = 2 %).
<b>METODOLOGIA:</b>	Muestreo de suelos
<b>RESULTADOS:</b>	Los resultados mostraron que el plomo, el cadmio y el mercurio son altamente retenidos por el suelo con enmiendas de vermicompost y cal. Se determinó que la enmienda más efectiva para retener el arsénico en el suelo fue la cal.
<b>CONCLUSIONES:</b>	En este estudio, los suelos iniciales presentaron altos contenidos de metales pesados por su exposición a la minería artesanal de oro. El Cd, el Pb y el As son los metales con mayor movilidad, incluso tras la adición de enmiendas orgánicas como el biochar y el vermicompost; el Cd es el de mayor fracción biodisponible con respecto a la concentración total. El metal con mayor porcentaje de biodisponibilidad es el Cd (>80 %) para el suelo control, seguido por el Pb, el As y el Hg, con porcentajes menores de 2,1 %. El uso de enmiendas, especialmente de biochar y vermicompost, muestra un efecto positivo sobre la inmovilización de los metales en estos suelos, lo que indica una baja probabilidad de que el contaminante se movilice en los compartimentos ambientales e interactúe con los organismos mostrando toxicidad en estos.

**TITULO DE INVESTIGACIÓN:**

Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza

**BASE DE DATOS**

Instituto Tecnológico Metropolitano

**AÑO DE PUBLICACION**

2021

**LUGAR DE PUBLICACION**

Venezuela

**REVISTA:**

Tecnológicas

**AUTOR (ES):**

Mendoza et al 2021

**PALABRAS CLAVES:**

Contaminación del suelo, deterioro ambiental, suelos agrícolas, medidas de suelo

**OBJETIVOS:**

Evaluar la concentración de metales pesados en suelos y los riesgos de fitotoxicidad asociado a la presencia de los mismos.

**METODOLOGIA:**

Muestreo de suelos

**CONCLUSIONES:**

La acumulación de metales pesados en suelos de Turén, tanto en el sistema de labranza convencional como en el de siembra directa, son producto del uso continuo de agroquímicos, en particular de la fertilización fosfatada. Asimismo, la acumulación de metales pesados estuvo relacionada a una mayor acumulación de arcillas y CIC en las posiciones fisiográficas bajas, pues los valores más altos de metales pesados fueron encontrados en la napa baja, debido a un mayor contenido de arcilla y materia orgánica, aumentando la retención de nutrientes y el contenido de cationes. Por otra parte, la mayor acumulación de zinc y níquel se asocia a mayores valores en contenido de arcilla y CIC en el suelo, lo cual mantiene a los metales pesados fuertemente adsorbidos en la micela coloidal. De igual forma, las altas concentraciones de cobalto, níquel y cadmio estuvieron por encima de lo permitido en la mayoría de las normas internacionales, lo que representa un riesgo de fitotoxicidad para los cultivos sembrados en la zona, por lo que se recomienda tomar medidas de biorremediación para su eliminación del suelo y evitar los problemas de contaminación que a largo plazo contaminen las aguas y puedan afectar la salud de las poblaciones cercanas.

**TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:** In situ PHYTOREMEDIATION IN MEXICO: A REVIEW

<b>BASE DE DATOS</b>	Scopus	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2021	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	México
----------------------	--------	---------------------------	------	-----------------------------	--------

<b>REVISTA:</b>	Revista Fitotecnia Mexicana
<b>AUTOR (ES):</b>	Wong et al 2021
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Pollution, phytoremediation, potentially toxic elements, plants
<b>OBJETIVOS:</b>	This review provides information about the potential plant species to accumulate As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Se, Pb and Zn
<b>METODOLOGIA:</b>	Bibliographic search
<b>RESULTADOS:</b>	Eighty-five percent of the studies corresponded to sites contaminated with trace metals by mining activities. Plants with potential to be used as accumulators or hyperaccumulators of potentially toxic elements are described, such as <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> , <i>Parietaria pensylvanica</i> and <i>Commelina diffusa</i> for Zn; <i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> and <i>Simsia amplexicaulis</i> for Cu; <i>Nicotina glauca</i> , <i>Flaveria angustifolia</i> and <i>Flaveria trinervia</i> for As, and <i>Buddleja scordioides</i> for phytoremediation of soils contaminated by Pb.
<b>CONCLUSIONES:</b>	Native plants should be considered as a good strategy for remediation and reclamation of soil and water contaminated with PTE. This review clearly demonstrates that more studies are needed with flora from Mexico to evaluate their use in phytoremediation. There are several crop species (i.e. <i>Amaranthus hybridus</i> and <i>Zea mays</i> ) that present tolerance to heavy metal contamination. Some of these plants could be metal excluders. In addition, the molecular mechanisms by which plants hyperaccumulate toxic elements remain to be explored.

**TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:**

Técnicas de remediación de suelos contaminados por metales pesados en la industria minera: una revisión sistemática entre los años 2008-2018

**BASE DE DATOS**

Repositorio  
Institucional  
UPN

**AÑO DE  
PUBLICACION**

2020

**LUGAR DE  
PUBLICACION**

Perú

<b>REVISTA:</b>	Repositorio Institucional UPN
<b>AUTOR (ES):</b>	Rodríguez 2020
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Suelos contaminados, técnicas de remediación, metales pesados.
<b>OBJETIVOS:</b>	¿Cuáles son las técnicas de remediación de suelos contaminados por metales nocivos producto de la industria minera?
<b>METODOLOGIA:</b>	Revisión sistemática
<b>RESULTADOS:</b>	En la presente revisión sistemática se logró seleccionar un total de 20 artículos de las 560 publicaciones encontrados en las diferentes bases de datos utilizados. Asimismo, se extrajo el lugar donde fue publicado, año de publicación, título y diseño de la investigación utilizada
<b>CONCLUSIONES:</b>	Según estudios los tipos de técnicas empleadas en la remediación de suelos contaminados son: Físico- Químicos, Biológicos y Mixtos, asimismo, teniendo en cuenta su lugar de aplicación pueden ser in situ y ex situ.

<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Soil washing for the remediation of dioxin-contaminated soil: A review
---------------------------------	--

<b>BASE DE DATOS</b>	Science Direct	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2021	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	Taiwán
----------------------	----------------	---------------------------	------	-----------------------------	--------

<b>REVISTA:</b>	Journal of Hazardous Materials
<b>AUTOR (ES):</b>	Tran H. et al 2021
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans Physical separation Chemical extraction Surfactants Solvents Treatment cost
<b>OBJETIVOS:</b>	summarize critical information on dioxin-contaminated soil washout treatment
<b>METODOLOGIA:</b>	Bibliographic review
<b>RESULTADOS:</b>	Entre las tecnologías de remediación disponibles para suelos contaminados con dioxinas, el lavado de suelos es realmente prometedor ya que ha demostrado una alta eficiencia de eliminación (66–99 % en diferentes escalas de remediación) con un costo razonable (46–250 USD por tonelada métrica).
<b>CONCLUSIONES :</b>	Dioxin-contaminated soil is one of the top environmental concerns worldwide. Soil washing (removal efficiency 66–99%) is a promising remediation technology for dioxin-contaminated soil. This review aims at summarizing critical information about soil washing treatment of dioxin-contaminated soil (e.g. current status of dioxin contamination in soil, description, advantages and limitations of current washing technologies and cost feasibility). Soil washing involves physical separation and chemical extraction. The main factors affecting the selection of physical separation techniques are operational and maintaining conditions, energy consumption, upscaling, and cost feasibility. Chemical extraction is the use of solvents/surfactants such as organic solvents, edible oils, and surfactants to increase the dissolubility of PCDD/Fs, thereby enhancing their removal from contaminated soil.

<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Evaluación de la contaminación en el suelo por plomo y cromo y planteamiento de alternativa de remediación en la represa del esa del Muña, municipio de Sibaté-Cundinamarca
---------------------------------	---

<b>BASE DE DATOS</b>	Repositorio Universidad de La Salle	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2017	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	Colombia
----------------------	-------------------------------------	---------------------------	------	-----------------------------	----------

<b>REVISTA:</b>	Ciencia La Salle
<b>AUTOR (ES):</b>	Martínez y Vargas, 2017
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Fitorremediación, cromo, plomo
<b>OBJETIVOS:</b>	Evaluar la contaminación en el suelo debido a cromo y plomo, planteando una alternativa de remediación para mitigar el impacto en puntos estratégicos seleccionados en suelos de la Represa del Muña
<b>METODOLOGIA:</b>	Muestreo de suelos
<b>RESULTADOS:</b>	Según los resultados de los análisis fisicoquímicos y de los metales plomo y cromo, se encontraron altos niveles de plomo que sobrepasan los rangos monitoreados en el año 2011, cuando se realizó una EVALUACIÓN DE CONTAMINACIÓN EN AGUA, SUELO Y SEDIMENTOS, ASOCIADA A PLOMO Y CADMIO EN LA SUBCUENCA EMBALSE DEL MUÑA, RÍO BOGOTÁ, específicamente en dos de los puntos: i) RÍO BOGOTÁ (entrada al sistema río Bogotá - Represa del muña. ii) TORRE GRANADA (Efluente de la Represa del Muña, torre Granada); adicional a esto, se determinó la presencia de cromo, lo que permitió establecer antecedentes en la zona para posteriores investigaciones. Referente al tercer punto de muestreo denominado iii) Punto Medio-Represa (cultivo), se llevó a cabo en un área de cultivo de tomate de árbol y maíz, donde fueron encontrados los niveles de plomo y cromo más altos
<b>CONCLUSIONES:</b>	Respecto a los parámetros relacionados y evaluados en el proyecto se observa aumento en los niveles de contaminación; donde la materia orgánica aumenta en todos los puntos debido a la adición de fertilizantes y abonos orgánicos propios de la actividad agrícola observada, variando así mismo el pH dependiendo del aumento de descargas y vertimientos del Río Bogotá. Dentro de



valores normales se encontró que la conductividad eléctrica del suelo corresponde a suelos normales y por lo tanto no existe alteración alguna durante los últimos cinco años. Los valores que realmente se vieron más significativos son los de plomo en los diferentes puntos que se muestrearon comparados con la tesis de Torres & Colmenares, donde han sobrepasado también por altos rangos la norma de la Unión Europea (2 mg/Kg). Para cromo, se encuentran altos niveles, lo cual se atribuye a los factores agroindustriales descritos en el desarrollo del proyecto. Cabe mencionar que para cromo también se sobrepasan los niveles establecidos por la norma de Canadá (87 mg/Kg).

<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Respuesta de las poblaciones microbianas de los suelos contaminados con metales pesados a tratamientos de descontaminación con nano partículas
---------------------------------	--

<b>BASE DE DATOS</b>	Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2018	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	España
----------------------	---	---------------------------	------	-----------------------------	--------

<b>REVISTA:</b>	Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo
<b>AUTOR (ES):</b>	Gayo 2018
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Biorremediación, Medio Ambiente, Biotecnología, Nano partículas
<b>OBJETIVOS:</b>	Caracterizar microbiológicamente diferentes suelos de Asturias, contaminados con metales pesados.
<b>METODOLOGIA:</b>	Muestreo de suelos
<b>RESULTADOS:</b>	Las NPs fueron más eficaces para la fijación del Pb que del Zn, obteniéndose la reducción máxima a los tres días de tratamiento, aunque las nZVI fueron más eficientes que la goethita en la eliminación del Zn y esta última más eficiente en la eliminación del Pb. En el caso del Zn los descensos fueron inferiores a los del Pb. La goethita también se mostró relativamente eficaz en la eliminación del Cu y menos del Cd. Respecto a los controles sin NPs, se observó una cierta inhibición del número de células bacterianas a los tres días en presencia de goethita y nZVI, recuperándose el nivel a los 30 días, coincidiendo con la disminución de los metales pesados
<b>CONCLUSIONES:</b>	Las nano partículas de hierro son efectivas para la nano-remediación de altas concentraciones de Pb y Zn en los suelos analizados, aunque actúan más eficientemente con el Pb, especialmente la goethita. En el caso del Zn, las nano partículas de hierro cero Valente fueron más eficientes que la goethita, y ambas fueron también eficaces en la eliminación del Cu y en menor medida del Cd. De los tres suelos estudiados se aislaron bacterias altamente resistentes a As (V), y muy pocas a Hg y As (III). Dos de ellas, <i>Chryseobacterium indologenes</i> , resistente a As(V) y Hg, y <i>Streptomyces</i> spp, resistente a As(V), utilizan el diésel y naftaleno, respectivamente, como fuentes de carbono, por lo que presentan interés como agentes biológicos potencialmente útiles para la nano biorremediación de suelos contaminados simultáneamente con esos metales e hidrocarburos, y para desarrollar estrategias de

remediación “a la carta” más eficientes, sostenibles y adaptadas a las características biogeoquímicas particulares de los distintos emplazamientos.

<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants: From Physiology to Remediation
---------------------------------	--

<b>BASE DE DATOS</b>	Google Books	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2018	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	India
----------------------	--------------	---------------------------	------	-----------------------------	-------

<b>REVISTA:</b>	Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants: From Physiology to Remediation
<b>AUTOR (ES):</b>	Hasanuzzaman et al 2018
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Abiotic stress, accumulation, cadmium, heavy metals, phytoremediation, toxicity
<b>OBJETIVOS:</b>	Summarizes the effects of Cd toxicity on plant growth and other related physiological and metabolic processes, including an overview of phytoremediation technologies to clean up Cd contamination in the environment.
<b>METODOLOGIA:</b>	Bibliographic review
<b>RESULTADOS:</b>	bioremediation of environmental contaminants is carried out by combining plants and microorganisms with, or as a substitute for, conventional clean-up technologies, such as mechanical and chemical remediation, that often require high capital inputs and consume a great deal of energy. although heavy metals in the soil can be removed by phytoremediation, it is a slow and time-consuming process.
<b>CONCLUSIONES:</b>	Cd concentration in the soil has increased in recent years due to anthropogenic activities. Cd alters physiological and biochemical activities in plants, which eventually hampers plant growth. The damaging effects of Cd in agricultural land can be mitigated by implementing feasible strategies to counteract the deleterious effects of Cd.

<b>TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:</b>	Aspectos hidrogeológicos de las técnicas de remediación de suelos contaminados por metales pesados
---------------------------------	--

<b>BASE DE DATOS</b>	Ebuah	<b>AÑO DE PUBLICACION</b>	2021	<b>LUGAR DE PUBLICACION</b>	España
----------------------	-------	---------------------------	------	-----------------------------	--------

<b>REVISTA:</b>	Aspectos hidrogeológicos de las técnicas de remediación de suelos contaminados por metales pesados
<b>AUTOR (ES):</b>	García B. et al 2021
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Cubierta superficial, encapsulamiento, solidificación/estabilización, vitrificación, barreras permeables reactivas, Soil flushing, Soil washing, extracción electrocinética, biorremediación y fitorremediación
<b>OBJETIVOS:</b>	El presente trabajo pretende realizar una revisión del estado del conocimiento sobre, por un lado, los condicionantes hidrogeológicos de las técnicas más importantes en la remediación de suelos y aguas contaminadas por metales pesados; y por otro, sobre los efectos generados por las técnicas en el sistema hidrogeológico.
<b>METODOLOGIA:</b>	Revisión bibliográfica
<b>RESULTADOS:</b>	En la remediación ex situ (SW, solidificación), la excavación como parte del proceso supone el mayor impacto en el sistema, por la eliminación del suelo y modificación de los flujos subterráneos de agua y del nivel freático. Por ello, es importante una reintroducción de nuevo material y preferentemente el establecimiento de una cubierta vegetal que ayude en su estabilización y recuperación de la funcionalidad. Es común a todas las técnicas de contención física (CS, encapsulamiento, vitrificación) la pérdida de la funcionalidad del suelo, tanto por la persistencia de la contaminación, como por la impermeabilización de la matriz edáfica, resultando inapropiadas si se quiere minimizar el impacto en el sistema hidrogeológico. Las técnicas de lavado y estabilización química tienen efectos en condiciones químicas como el pH, además de suponer un potencial contaminante los aditivos utilizados o dispersión de la contaminación. La disminución de la permeabilidad o la modificación de los flujos subterráneos son algunos de los efectos físicos asociados a estas tecnologías y sus complementarias (ej. Pump and Treat)

**CONCLUSIONES:**

El tipo y nivel de contaminación, así como la extensión de área afectada, son aspectos fundamentales a la hora de decidir la viabilidad de una técnica. Mientras que, en términos de factores hidrogeológicos, aquellos más influyentes y comunes a la mayoría de las técnicas de remediación son: la profundidad de la zona saturada, la textura (y por consiguiente la permeabilidad) y las condiciones químicas del suelo. - La profundidad del nivel freático limitará por un lado la viabilidad técnica (contención física, BRP, lavado químico, etc.), y por el otro, el riesgo de propagación de la contaminación hacia las aguas subterráneas.



## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a):

**MAG. JORGE LUIS FLORES LOPEZ**

**Presente:**

**Asunto: "Validación de instrumento a través de Juicio de expertos"**

Me es grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo Bachiller de Ingeniería Ambiental de la Universidad Alas Peruanas, en la sede de Piura, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación, gracias a la cual optaré el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El título de mi proyecto de investigación es "**Revisión Sistemática: Análisis de Métodos de descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio**" y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

1. **Anexo N°01:** Matriz de categorización.
2. **Anexo N°02:** Diagrama de flujo
3. **Anexo N°03:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos
4. **Anexo N°04:** Ficha de análisis documental

Expresándole mi sentimiento de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente

**Moreno Navarro Jennifer C.**

DNI: 71094969

**Rojas Vilela Luis Fernando**

DNI: 72654897





## MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN

Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría		Criterio 1	Criterio 2	Unidad de análisis
			Físico - Químico	Lavado			
Describir los métodos que se utilizan para la descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio.	¿Cuáles son los métodos que se utilizan para la descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio?	Métodos de descontaminación de suelos	Físico - Químico	Electrocinefítica	De acuerdo al tipo de contaminante en el suelo	De acuerdo al nivel de concentración del metal pesado	Rivera et al, 2018
				Adición de enmiendas			Cepeda et al 2018
			Biológico	Biodegradación asistida			Peña y Beltrán, 2017
				Biotransformación de metales			Torres et al 2021
				Fitorrecuperación			Argota et al 2017
Describir el método más empleado para la descontaminación de suelos por plomo, cadmio y mercurio.	¿Qué metodología es la más empleada en la descontaminación de suelos contaminados por plomo, cadmio y mercurio?	Metodología más empleada en descontaminación de suelos por Cd, Pb y Hg	Fitorremediación Biorremediación		De acuerdo a las ventajas y desventajas de las técnicas de descontaminación	De acuerdo a la eficiencia de la técnica	Garzón et al, 2017
			Wang Y. et al 2020				
							Covarrubias et al 2017
							Martínez y Marrago, 2021
							Mendoza E. et al 2021
							Wong A. et al 2021
							Rodríguez 2020
							Gambini V., 2020
							Tran H. et al 2021
							Martínez y Vargas, 2017
							Rivera et al, 2018
							Gayo 2018
							Mendoza et al 2021
							Hasanuzzaman et al 2018
							García B. et al 2021
							Gómez F., 2020

  
 .....  
 Ing. Jorge Luis Flores López Lic.  
 CIP 102774





<p>Describir la eficiencia de las especies vegetales en la remoción de Cd, Pb y Hg de suelos contaminados</p>	<p>¿Cuál es la eficiencia que plantea las especies vegetales en la remoción de Cd, Pb y Hg de los suelos contaminados?</p>	<p>Metales pesados</p>	<p>Cadmio Plomo Mercurio</p>	<p>De acuerdo a la capacidad de acumulación de los metales pesados</p>	<p>De acuerdo al tipo de actividad que se realiza en la zona</p>	<p>Peña y Beltrán, 2017 Argola et al 2017 Lara 2018 Obeso y Vejarano, 2020 Hernández et al 2017 Gwanzi et al 2017 Soto B., 2020 Tran H. et al 2021 Navarrete y Ramirez 2019 Gayo 2018 López et al 2020 Mackinlay et al 2017 Madrid y Marrugo, 2021 Garzón et al, 2017 Wang Y. et al 2020 Mendoza E. et al 2021 Gómez F, 2020 Covarrubias et al 2017 Torres 2018 Pilco 2020 Cespeda et al 2018 Argola et al 2017 Wong A. et al 2021</p>
---	--	------------------------	--------------------------------------	--	--	--

  
Dr. Jorge Luis Flores López Mac  
CIP 102774

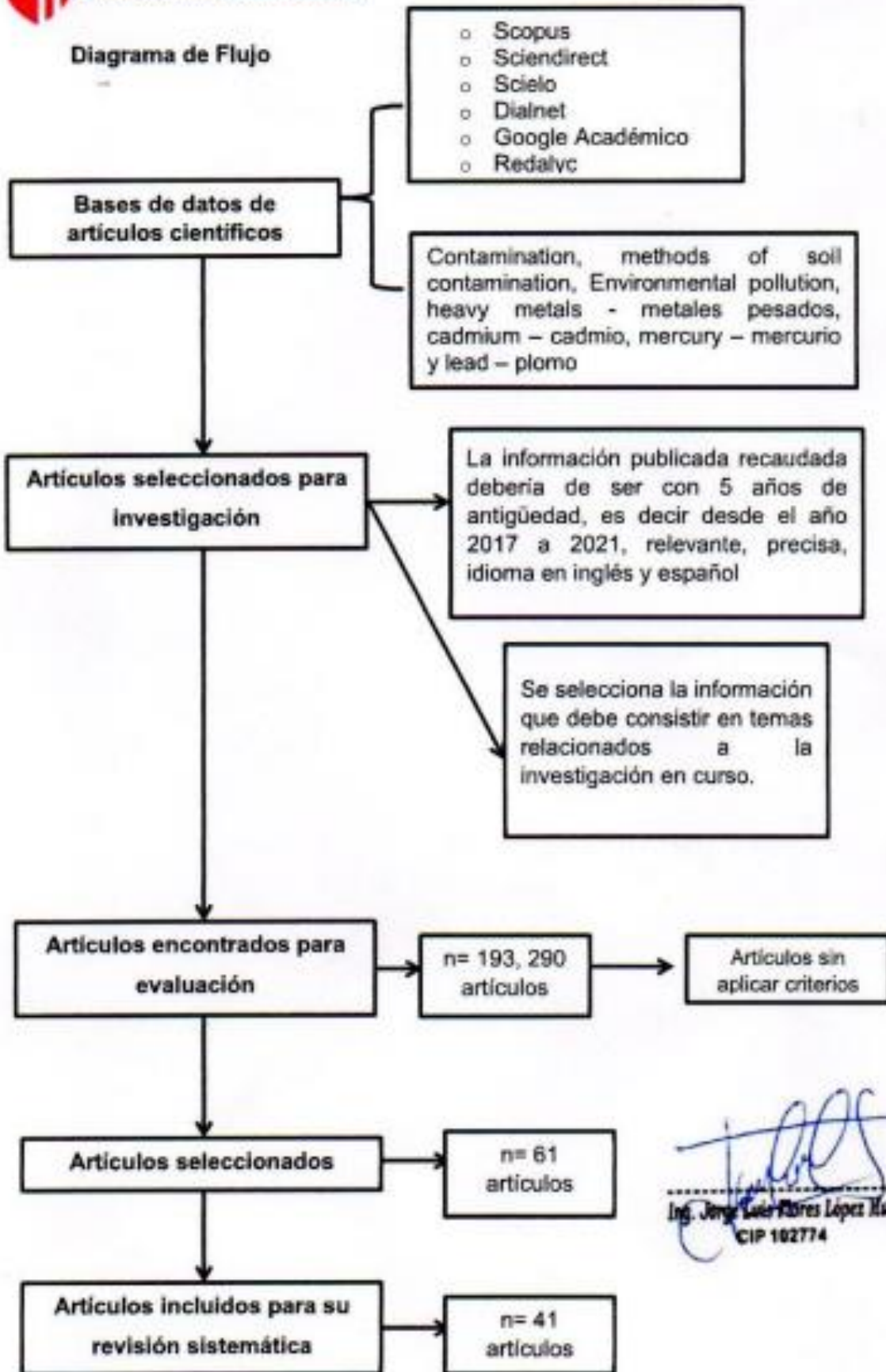


						Martínez y Vargas, 2017 Hasanuzzaman et al 2018 Rivers y Lázaro 2017 Argola et al 2017 Torres et al 2021 Cepeda et al 2021 Lara 2018 Hernández et al 2017 Obeso y vejarano 2020 Gwenzi et al 2017
--	--	--	--	--	--	--

  
Ing. José Luis Torres Lopez Mac  
CIP 162774



### Diagrama de Flujo



Ing. Jorge Luis Flores López Mac  
CIP 182774

**ANEXO N° 03: CERTIFICADO DE VALIDACION DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN****I. DATOS GENERALES**1.1 Apellidos y Nombres del validador: MAG. JORGE LUIS FLORES LOPEZ1.2 Cargo e institución donde labora: UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS1.3 Especialidad del validador : MAGISTER EN INGENIERIA AMBIENTAL

1.4 Nombre del instrumento: \_\_\_\_\_

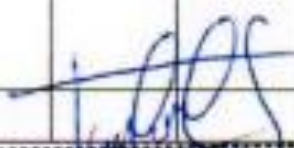
1.5 Título de la investigación: **"Revisión Sistemática: Análisis de Métodos de Descontaminación de suelos contaminados por Plomo, Cadmio y Mercurio"**

1.6 Autor del instrumento: Moreno Navarro Jennifer Carolina

Rojas Vilela Luis Fernando

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				79	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.				78	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				76	
4. Organización	Existe una organización lógica.				77	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				78	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				77	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				78	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				77	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				78	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				77	
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>					77.5	



Ing. Jorge Luis Flores Lopez Mac  
CIP 102774





### III. FICHA DE CONTENIDO DE DATOS

o **Primera categoría:**

Categoría	Criterio 1	Criterio 2	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Métodos de descontaminación de suelos	De acuerdo al tipo de contaminante en el suelo	De acuerdo al nivel de concentración del metal pesado	X		

o **Segunda categoría:**

Categoría	Criterio 1	Criterio 2	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Metodología más empleada en descontaminación de suelos por Plomo, Cadmio y Mercurio	De acuerdo a las ventajas y desventajas de las técnicas de descontaminación	De acuerdo a la eficiencia de la técnica	X		

o **Tercera categoría:**

Categoría	Criterio 1	Criterio 2	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Metales pesados	De acuerdo a la capacidad de acumulación de los metales pesados	De acuerdo al tipo de actividad que se realiza en la zona	X		

  
Ing. Jorge Luis Flores López Mac  
CIP 102774

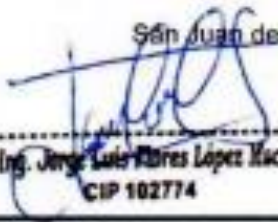


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:  %

- (  ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.  
(  ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 15 de febrero de 2022

  
-----  
Ing. Jorge Luis Flores Lopez Mac  
CIP 102774

\_\_\_\_\_  
Firma del experto informante

DNI N°: 40302936 Teléfono N°: 945200431