



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación de las especies fitorremediadoras aplicadas en suelos agrícolas contaminados con pesticidas.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Acuña Medina, Yolivia Virginia (ORCID: 0000-000-5252-0102)

Céspedes Suarez, Juan Diego (ORCID: 0000-0001-8058-260X)

ASESOR:

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID:0000-0001-9146-7615)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta tesis va con todo mi corazón a mi madre y a mi padre ya que nunca dudaron de mis capacidades, ya que sin ellos no estaría donde ahora estoy, con su bendición que me protege y me lleva por el camino del bien, pese a todos los obstáculos que se me presentaron durante el camino y siempre estuvieron conmigo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos acompañado en todo momento, siempre guiándonos por el buen camino.

Agradecemos en especial gratitud a nuestro asesor de tesis, por la guía brindada, por la oportunidad que se nos volvió a brindar no solo en la elaboración de este proyecto de investigación, sino a lo largo de nuestra carrera universitaria donando su apoyo y atención en nuestro desarrollo profesional.

Agradecemos a nuestros amigos incondicionales que siempre estuvieron en los buenos y malos momentos, a mi familia que nunca dudo que lograría llegar hasta la recta final.

Agradecemos a las personas, que a pesar de todo nunca perdieron la fe en nosotros, a todos ellos, muchas gracias.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	1
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	1
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	1
3.3. Escenario de estudio.....	1
3.4. Participantes.....	1
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	1
3.6. Procedimiento	2
3.7. Rigor científico	4
3.8. Método de análisis de la información.....	4
3.9. Aspectos éticos.....	4
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
V. CONCLUSIONES.....	39
VI. RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS	41

ANEXOS.....78

Índice de tablas

Tabla 1: Interacción planta-microorganismo en diversos estudios de fitorremediación.....	1
Tabla 2: Mecanismos de fitorremediación.....	3
Tabla 3: Principales contaminantes en el suelo.	4
Tabla 4: Clasificación de plaguicidas según grupos.	6
Tabla 5: Ejemplo de plantas utilizadas en la fitorremediación.....	1
Tabla 6: Palabras clave de búsqueda de información.....	3
Tabla 7: Criterios de inclusión y exclusión.	3
Tabla 8: Especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados según el tipo de pesticida utilizado.	38
Tabla 9: Identificación de especies fitorremediadoras.	38
Tabla 10: Eficiencia de remoción de especies fitorremediadoras aplicadas a suelos agrícolas contaminados con pesticidas.....	38

Índice de figuras

Figura 1: Comportamiento de los plaguicidas en el medio ambiente.5

Figura 2: Procedimiento de la investigación.2

RESUMEN

La presencia de sustancias tóxicas en el suelo es una problemática de alta prioridad considerando que afectan la inocuidad de la cadena alimentaria y la presencia de pesticidas cobra vigencia por los volúmenes que se utilizan en las actividades económicas del sector agrícola. Es por ello, que se propuso el evaluar las principales especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados con pesticidas reportadas en la literatura científica indexada. Siendo una investigación de tipo básico, de acuerdo a su nivel de profundidad fue descriptivo, por el medio que se obtuvieron los datos fue documental, según el periodo en la que se desarrollo fue longitudinal. El diseño fue no experimental, ya que solo se realizó una revisión de artículos, recopilando información de un tema determinado. Los resultados mostraron que las especies fitorremediadoras de acuerdo al tipo de pesticida utilizado son *Helianthus annuus L.* y *Cucurbita pepo sp.*, ya que tuvieron gran capacidad fitoextractora de contaminantes como el DDT, DDE. Por otro lado, también se utilizó el *Canavalia ensiformes* para tratar herbicidas, es por ello que para la fitorremediación se debe tener en cuenta ciertas condiciones como T: 25 C, suelos son normalmente son francos arenosos, la inoculación de cepas como *Cepas Endofíticas* que ayudan a la fitorremediación, la humedad relativa según la bibliografía es de 60%, las plantas deben ser de rápido crecimiento y con alta producción de biomasa. De acuerdo a los resultados obtenidos por los diferentes autores se concluyó que el uso de especies fitorremediadoras son efectivas para tratar suelos contaminados con pesticidas, sobre todo si trabajan en simbiosis con una cepa o bacteria.

Palabras clave: Fitorremediación, plaguicidas, metales pesados, suelos contaminados, suelos agrícolas.

ABSTRACT

The presence of toxic substances in the soil is a high priority problem considering that they affect the safety of the food chain and the presence of pesticides is effective due to the volumes used in the economic activities of the agricultural sector. For this reason, it was proposed to evaluate the main phytoremediate species used in soils contaminated with pesticides reported in the indexed scientific literature. Being a basic type research, according to its level of depth it was descriptive, by means of which the data were obtained it was documentary, according to the period in which it was developed it was longitudinal. The design was non-experimental, since only a review of articles was carried out, collecting information on a specific topic. The results showed that the phytoremediate species according to the type of pesticide used are *Helianthus annuus* L. and *Cucurbita pepo* sp., Since they had a great phyto-extracting capacity of pollutants such as DDT, DDE. On the other hand, *Canavalia ensiformes* was also used to treat herbicides, which is why certain conditions such as T: 25 C must be taken into account for phytoremediation, soils are normally sandy loam, the inoculation of strains such as Endophytic Strains that help After phytoremediation, the relative humidity according to the bibliography is 60%, the plants must be fast growing and with high biomass production. According to the results obtained by the different authors, it was concluded that the use of phytoremediate species are effective to treat soils contaminated with pesticides, especially if they work in symbiosis with a strain or bacteria.

Keywords: Phytoremediation, pesticides, heavy metals, contaminated soils, agricultural soils.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los componentes esenciales para el desarrollo de la vida, su recuperación es difícil y se da en largos periodos de tiempo, debido al tiempo que tarda en formarse se considera un recurso no renovable. Por eso, la aplicación de grandes cantidades de desechos peligrosos a largo tiempo contamina el suelo. Los contaminantes pueden ser orgánicos e inorgánicos, dentro de ellos están los metales pesados, pesticidas, hidrocarburos que van afectar la calidad y función del suelo (Liu *et al.*, 2018, p. 206 – 219). Con el transcurso de los años la contaminación de los suelos ha sido una de las polémicas con más relevancia en el mundo, debido al crecimiento de grandes industrias que se potencializan y estabilizan en la sociedad, siendo estas que se dediquen a las actividades agroquímicas y entre otras presentes el mundo actual. (Dorronsoro, 2007)

El aumento de distintas actividades como la agricultura, ganadería en distintas zonas, ha generado que los suelos agrícolas disminuyan su capacidad; por lo cual, muchas especies oriundas están siendo afectadas en su desarrollo llevando consigo al desinterés de los pobladores en realizar las actividades agrícolas afectando también a la actividad ganadera de manera indirecta. Esta actividad crea intranquilidad por el uso de productos químicos sin estar bajo control profesional, ya que esto origina severas alteraciones en el ecosistema, sobre todo en zonas de escasez alfabética. (Castillo *et al.*, 2020, p. 2020)

El uso de los plaguicidas, tienen como finalidad que puedan prevenir, minimizar o controlar las plagas que puedan causar daños en la producción de materia como alimentos. Sin embargo, los impactos negativos que genera en el suelo han sido una gran fuente de investigación, donde al final son relacionados con los problemas de salud de acuerdo al nivel expuesto a esto. Las de mayores afecciones son las cuales están expuestos a dosis mínimas, ya que los efectos se dan a largo plazo. (Popp, Peto y Nagy, 2013, FAO y GTIS, 2017); (FAO, 2019)

Según el estudio que realizó (Zhang *et al.*, 2011, p. 20), indica que a nivel mundial un tercio de los productos agrícolas se producen implementando pesticidas. A nivel mundial en el año 1950 los pesticidas aumentaron a una tasa de alrededor del 11% por año, mientras que para el año 2000 aumento a más de 5 millones de

toneladas). Para el año 2012, se utilizaron cerca de 3,8 millones de toneladas de pesticidas químicos a los suelos agrícolas (Carvalho, 2017, p.10).

Según Castillo, B., *et al.* (2020), indica que los agricultores al ver expuesto sus cultivos, son ellos quienes emplean los plaguicidas con el fin de protegerlos de diferentes plagas que pueden contraer. Sin embargo, el 53.8% de agricultores tienen en cuenta que este va a generar problemática debido al uso por pesticidas, y un 8.8% de agricultores afirma que los pesticidas no son los que provocan la contaminación de los suelos que se dan en los campos de cultivos. (p.6)

La aplicación excesiva de plaguicidas y fertilizantes puede generar en el suelo una acumulación de nitratos y metales pesados siendo los principales Hg, Cd, As, Pb, Cu y Ni. Componentes ajenos a los compuestos del suelo significan una amenaza para la vida, por ello es muy relevante el desarrollo de métodos para remediar los daños ocasionados que sean económicos. Existen métodos, pero suelen ser costosos y en ocasiones afectan las propiedades del suelo. (Delgadillo, 2011, p.34)

Según Delgadillo López *et al.* (2011), indica que se puede reducir la presencia de estos contaminantes a partir de procesos bioquímicos a través del uso de plantas y microorganismos asociadas a ellas, definiéndola como fitorremediación pudiendo desarrollarla de manera in – situ o ex – situ. (p. 597-612). La ventaja de la fitorremediación es que su eficiencia es alta, se puede realizar a gran escala y es de baja contaminación, bajo costo, fácil disponibilidad, inofensiva para el ecosistema y alta aceptación pública, que se ha desarrollado ampliamente en la remediación de los suelos contaminados de metales pesados a causa del uso excesivo de pesticidas. (Zhang *et al.*, 2020)

Los diversos métodos que se han ido desarrollando en lo largo del tiempo, volviéndose factibles y de libre acceso debido a los avances tecnológicos los cuales permitieron resolver y reparar los medios contaminados por pesticidas, por lo cual el incremento de soluciones se basó en restaurar o prevenir los problemas que son generados por el hombre, lo que pone en una faceta inestable y debilita las fortalezas de los diversos ecosistemas de la sociedad (Batista y Sánchez, 2009, p.2). De esta manera, el uso de tecnologías más biológicas naturales o

enriquecidos genéticamente van a degradar, modificar o suprimir materiales peligrosos tanto orgánicos como inorgánicos que se encuentren en el agua, aire y suelo. Dichos avances van a permitir que la acumulación del contaminante sea más notable o que puede que estén por debajo de los límites permitidos. (Vivas, 2020, p. 2); (Batista y Sánchez, 2009, p.2)

Las sustancias nocivas que infiltran en el suelo se ven interrumpidas por las diversas técnicas de fitorremediación ya que estas afectan el movimiento y expansión, capturando en las plantas por las descargas de reacciones redox, solubilización de fosfatos, acidificación de suelo y agentes quelantes. La relación interna que se establece entre los agentes contaminantes presentes en el suelo, con el fin de realizar procesos de restauración, detoxificación o remoción accesible. (Batista y Sánchez, 2009, p.4)

El uso de estas fitociencias es de mucha importancia, sobre todo por la gran ventaja que esta proporciona por la existencia de la correlación con los tratamientos fisicoquímicos, ya que en la actualidad estas técnicas son las que se están empleando. (Delgadillo, *et al*, 2011, p.597)

Mostrando la verdadera problemática que se enfrenta nuestro planeta este trabajo de investigación tubo como base las diferentes investigaciones sobre las especies fitorremediadoras de suelos agrícolas contaminados con pesticidas, por ello la fitorremediación es una tecnología que se basa en el uso de plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir sustancias dañinas para el medio ambiente, por ello en la actualidad la fitorremediación es una alternativa rentable (Ashraf, *et al*, 2019, p. 718).

El propósito consistió en promover una alternativa de remediación para la problemática de contaminación de suelos que sea amigable con el medio ambiente. Por lo tanto, la fitorremediación es de una de las propuestas que más se adaptaría para contrarrestar la contaminación de ciertos contaminantes (pesticidas) en suelos, debido a las diversas actividades económicas que utilizan el recurso terrestre.

El planteamiento del uso de especies fitorremediadoras, presenta un alto índice de efectividad para ponerle una delimitación a la adsorción de elementos nocivos en los suelos. El potencial que presentan las plantas de adsorción en conjunto con microorganismos los cuales son de fácil acceso y están presentes en el suelo. (Vivas, 2020, p.3); (Amaya, Bazán, Rueda y Solano, 2018, p.28). Por lo tanto, ya expuesto la realidad problemática, se estableció como problema general de la investigación ¿Cuáles son las especies fitorremediadoras más efectivas en suelos agrícolas contaminados con pesticidas?

La investigación tuvo como objetivo general, el evaluar las principales especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados con pesticidas reportadas en la literatura científica indexada, Asimismo, se propusieron como objetivos específicos, en primer lugar, el analizar las especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados según el tipo de pesticida utilizado, en segundo lugar, Identificar las condiciones de aplicación de las especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados con pesticidas y por último, se optó por evaluar la eficiencia de remoción de especies fitorremediadoras aplicadas a suelos agrícolas contaminados con pesticidas.

II. MARCO TEÓRICO

La presente investigación cuenta con los siguientes ámbitos de estudios.

Por su lado, Shah y Daverey (2020), indagaron los beneficios de la fitorremediación, además, es una tecnología más barata, ecológica, viable, sostenible y mejora el paisaje. Sin embargo, aún se encuentra en la etapa de desarrollo y se requiere la reorientación de las actividades de investigación hacia su uso comercial. A continuación, el autor presenta que las especies: *Pteris vittata*, *Solanum nigrum*, *Bidens pilosa*, *Thalaspia caerulescens*, *Alysum murale*, *Sedumalfrediison*, son plantas que tienen gran capacidad para hiperacumular As, Cd, Zn y Ni en el orden respectivo. Además, muchos estudios sugirieron un papel sinérgico de plantas y microbios para la eliminación de contaminantes metálicos del suelo. El aumento de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas y microbios tolerantes a metales aumentó significativamente el proceso de fitorremediación. (p.7)

Tabla 1: Interacción planta-microorganismo en diversos estudios de fitorremediación.

Microorganismos	Planta (s) /Arbol	Metales remediados	Mecanismo /compuestos liberados	Referencias
<i>Pseudomonas brassicasterum</i> , <i>Rhizobium leguminosarum</i>	<i>Brassica juncea</i>	Zn	Secreción de ácidos orgánicos y aumenta la quelación de metales por fitoquelatinas.	Adediran y col. (2015)
<i>Streptomyces sp.</i>	<i>Salix dasyclados</i>	Zn, Cd y Pb	Producción de sideróforo	Złoch y col. (2017)
<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Rhodopseudomonas sp</i>	<i>Cicuta virosa</i>	Zn	Producción de ácido indol-3-acético (IAA) y sideróforos	Nagata y col. (2015)
<i>Arthrobacter sp.</i>	<i>Ocimum ratissimum</i>	Cd	Producción de exopolisacárido (EPS)	Prapagdee y Khonsue (2015)
<i>Chaetomium cupreum</i>	<i>Miscanthus sinensis</i>	Alabama	Producción de sideróforo (oospreína)	Haruma y col. (2019)
<i>Pseudomonas koreensis</i> AGB-1	<i>Miscanthus sinensis</i>	As, Cd, Cu, Pb y Zn	Producción de IAA y aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminasa	Babu y col. (2015)
<i>Pseudomonas sp. Lk9</i>	<i>Solanum nigrum</i>	Cd, Zn y Cu	Producción de biosurfactantes, sideróforos y ácidos orgánicos.	Chen y col. (2014b)

<i>Arthrobacter nicotinovorans</i>	<i>Alyssum pintodasilvae</i>	Ni	Producción de ácidos orgánicos y sideróforo.	Cabello-Conejo y col. (2014)
<i>Pseudomonas libanensis</i> , <i>Claroideoglomus claroideum</i>	<i>Helianthus annuus</i>	Ni	Mejora el crecimiento de las plantas mediante la producción de ACC, IAA, sideróforo, solubilización de fosfato y fitoestabilización de Ni mediante la producción de EPS	Ma et al. (2019)
<i>Simplicillium chinense</i>	<i>Phragmites communis</i>	Cd y Pb	Biosorción de Pb por EPS y Cd por formación de quelatos de Cd	Jin y col. (2019)
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Cr (VI), Fe, Mn, Zn, Cd, Cu y Ni	Producción de ACC, IAA, sideróforo y fosfato solubilizado.	Nayak y col. (2018)
<i>Bacteria endofítica E6S</i>	<i>Sedum plumbizincicola</i>	Zn, Cd y Pb	Producción de ACC e IAA, solubilización de fosfato, producción de ácido orgánico y limita la entrada de iones metálicos por biosorción.	Ma et al. (2016)
<i>Phialocephala fortinii</i> , <i>Rhizodermea veluwensis</i>	<i>Clethra barbinervis</i>	Cu, Zn y Pb	Producción de sideróforos y melanina	Yamaji y col. (2016)

Fuente: Vijendra Shah, Achlesh Daverey 2020, p.7.

Según Madalão *et al.*, (2012), se evaluaron ocho especies: *Arachis pintoi*, *Eleusinecoracana*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca*, *Cajanus cajan*, *Leucaena leucocephala*, *Stizolobium cinereum* y *Raphanus sativus*. El experimento se instaló en un invernadero, utilizando macetas con una capacidad de 6 dm³ llenas de porciones de suelo recolectadas a una profundidad de 0-20 cm. El diseño experimental fue un diseño de bloques al azar en una factorial de 8 × 5, con cuatro repeticiones, consistente en una combinación de especies y cinco dosis de sulfentrazona (0, 200, 400, 800 y 1.600 g ha⁻¹). Se evaluó la fitotoxicidad del herbicida, la altura de la planta y la materia seca de brotes y raíces. Como las especies *Cajanus cajan* y *Leucaena leucocephala* mostraron mayor tolerancia a sulfentrazona hasta una dosis de 400 g ha⁻¹, mostrando menos síntomas de fitotoxicidad y menor reducción de la altura de planta y acumulación de materia seca, tanto en brotes como en raíces, en relación al tratamiento control, lo que indica el uso potencial para más estudios de fitorremediación de sulfentrazona en el suelo. (p.2199-2213)

Según Fang *et al.*, (2012) realizó un estudio para recuperar suelos agrícolas contaminados con DDT y Cd, logrando disminuir 65,8% -71,8% y 14,1% -58,2% respectivamente. De esta manera decir *S. alfredii* mejora la eficiencia de la fitorremediación. Por otro lado, la simbiosis promovió una reducción de hasta un 65% en los herbicidas residuales del suelo. Por debajo de los 1200 g ha⁻¹ dosis, la inoculación promovió una mayor altura de la planta que en la planta sin inocular.

La simbiosis entre los microorganismos metabolizadores de herbicidas y las plantas de fitorremediación puede ser una alternativa eficaz para remediar los suelos contaminados con sulfentrazona. La fitorremediación de suelos contaminados con sulfentrazona por simbiosis entre bacterias (*Bradyrhizobium sp.*) y frijol (*Canavalia ensiformis L.*). Se probaron cuatro dosis de sulfentrazona (0, 400, 800 y 1200 g ha⁻¹ ia) con y sin inoculación con *Bradyrhizobium sp.* BR 2003 (SEMIA 6156) Después de 80 días de cultivo, se cortaron las plantas y se recogió el suelo para la determinación de los niveles residuales de herbicida y el bioensayo de mijo. La concentración de sulfentrazona se redujo significativamente con la inoculación de la planta con *Bradyrhizobium sp.*: en

promedio, las concentraciones fueron 18,97%, 23,82% y 22,10% más bajas que en ausencia de inoculación a dosis de 400, 800 y 1200 g ha⁻¹, respectivamente. La simbiosis promovió una reducción de hasta un 65% en los herbicidas residuales del suelo. (Mielke, *et al.*, 2020, p.4)

Según Thangavel y Subharam (2004), dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones del sitio y el nivel de limpieza requerido; las tecnologías de fitorremediación se pueden utilizar como medio de contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) o eliminación (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización).

Fitoestabilización: inmoviliza al contaminante del suelo mediante la absorción y la acumulación en sus raíces, siendo así el proceso que reduce la movilidad de los contaminantes y evitar la migración a las aguas subterráneas o al aire. Este proceso es más eficiente en suelos de textura fina con alto contenido de materia orgánica. La ventaja de esta tecnología es ser económica, de fácil aplicación y estéticamente agradable. (Delgadillo *et al*, 2019, p. 20)

Fitoimobilización: aquí se producen compuestos químicos que en la interfaz suelo-raíz que van a ocasionar que las sustancias toxicas no se lleguen activar sin importar el proceso que se haya dado. (absorción, adsorción o precipitación); (Delgadillo *et al*, 2019, p. 22)

La fitorremediación por degradación: Fitodegradación, para esta técnica de tratamiento se utiliza plantas y/o microorganismos que van a degradar contaminantes orgánicos en productos inofensivos, o bien, mineralizarlos hasta CO₂ y H₂O. La fitodegradación se aplica para remover explosivos como el TNT, hidrocarburos halogenados, Bisfenol A, PAHs y pesticidas organoclorados y organofosforados.

Fitoextracción, las plantas utilizadas van a absorber los metales a través de las raíces y se acumulan en los tallos y hojas. Un subproducto de la aplicación de la fitoextracción son los residuos vegetales. Este tipo de plantas se caracterizan por presentar tasas de extracción, tolerancia a la toxicidad y transporte de gran

cantidad de contaminantes desde la raíz hasta los tallos. (Rodríguez, García, 2016, p. 30); (Delgadillo, et al, 2019, p. 20).

Fitovolatilización, las plantas o arboles utilizados absorben agua junto con contaminantes, cabe mencionar que los contaminantes podrían llegar hasta las hojas para así evaporarse o volatilizarse en la atmósfera, mediante este proceso se tratan contaminantes orgánicos volátiles (benceno, nitrobenceno, tolueno, etilbenceno y m-xileno), As, Se y Hg (Delgadillo, et al, 2019, p. 20).

Tabla 2: *Mecanismos de fitorremediación.*

Proceso	Mecanismo	Contaminantes
Fitoestabilización	Complejación	-Inorgánicos
		-Orgánicos
Fitoextracción	Hiperacumulación	-Inorgánicos
Fitovolatilización	Volatilización a través de las hojas	-Inorgánicos
		-Orgánicos
Fitoimmobilización	Acumulación en la rizosfera	-Inorgánicos
		-Orgánicos
Fitodegradación	Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes	-Orgánicos
Rizofiltración	Uso de raíces para absorber contaminantes del agua	-Inorgánicos
		-Orgánicos

Fuente: (Ghosh y Singh, 2005).

Tabla 3: Principales contaminantes en el suelo.

Contaminantes	Tipo	Compuesto	
-Inorgánicos	Metal / Metaloide	Cadmio (Cd) Plomo (Pb) Cobre (Cu) Zinc (Zn) Arsénico (As)	
	No metales	Cianuros Amonio Azufre	
-Orgánicos	Clorado	Alifáticos	Dioxinas
		Alquenos	HAP, DDT, PCB
	No clorados	Alifáticos	Benceno, etil benceno, xileno, tolueno
		Alquenos	Etano

Fuente: Swartjes, 2011; FAO, 2019, p.19.

Los plaguicidas en los suelos pueden llegar a ser un problema considerable debido a que su utilización es amplia y en un periodo largo de contaminación producto del desarrollo de las industrias y la agricultura La contaminación de suelos se ha ido agravando por el uso de plaguicidas y agroquímicos según estudios realizados (Hai, *et al*, 2012); (Lee, *et al*, 2019, p.1); (Sun, *et al*, 2017, p.2); (Xiao *et al*, 2017, p.1) y (Zhang, *et al*, 2020, p.1).

FAO (2020, p. 10) para conocer mejor que son los plaguicidas la FAO define plaguicidas como: cualquier sustancia o mezcla de sustancias que tengan en su composición químicos o biológicos con la finalidad de repeler, destruir o controlar cualquier plaga, o regular el crecimiento de las plantas.

Rodríguez *et al.* (2019) cabe mencionar que el uso de plaguicidas ayuda a que no se pierdan cosechas por el ataque de plagas como insectos, patógenos. La contaminación por plaguicidas se da inicios en los campos de agricultura ya que es donde se utilizan grandes cantidades de plaguicidas peligrosos (Silveira, *et al.*, 2018). Según las estimaciones, sin el uso de plaguicidas, las pérdidas de las cosechas oscilarían de 32% para los cereales al 78% en la producción de frutas (Cai, 2008). El uso de plaguicidas no solo es aplicado en suelos agrícolas; también tienen un alto impacto en el cuidado y protección de la salud humana, por ejemplo, para el control sanitario de plagas de enfermedades transmitidas por vectores. Por otro lado, también son utilizadas para mantener a las infraestructuras libres de insectos dañinos y malas hierbas, como sucede con la prevención del ataque de construcciones de madera por las termitas o para mantener las cunetas de las carreteras y las vías del tren limpias para ayudar a evitar accidentes (Aktar, Sengupta y Chowdhury, 2009) (FAO, 2019, p.22)

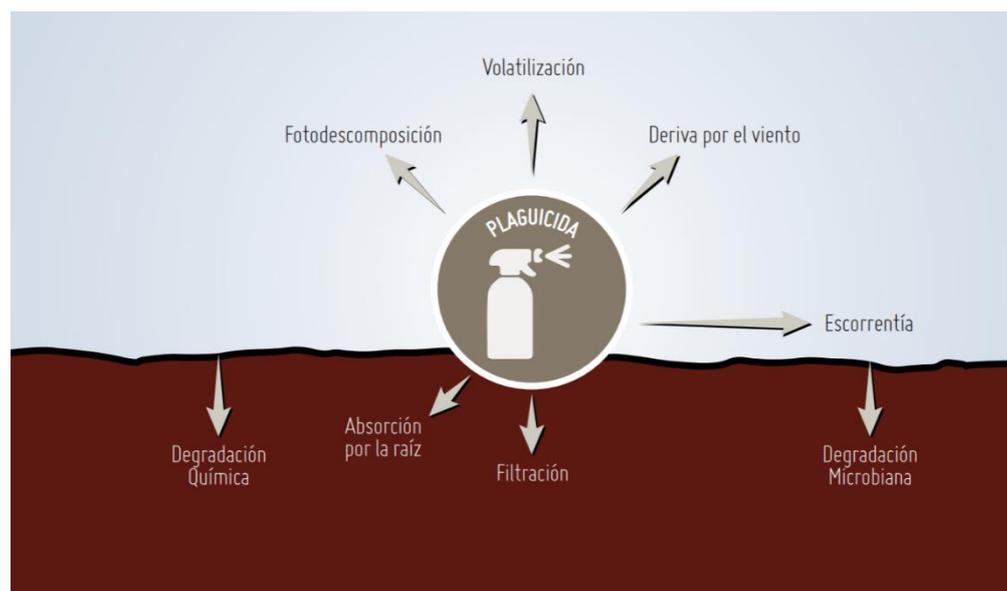


Figura 1: Comportamiento de los plaguicidas en el medio ambiente.

Fuente: Singh, 2012; FAO, 2019, p.25.

La clasificación de los pesticidas según su origen pueden ser plaguicidas químicos o biopesticidas (Abubakar *et al.*, 2020, p 10). Los pesticidas biológicos son específicos de un solo huésped; actúan solamente a una sola plaga y a organismos fuertemente relacionados, en cambio los plaguicidas químicos no son

específicos, es decir actúan en un grupo de organismos no objetiva. (Abubakar et al, 2020, p. 16)

Los plaguicidas pueden ser moléculas sintéticas orgánicas o inorgánicas. Se clasifican en base a sus estructuras químicas, su modo de acción, su forma de entrada al organismo y sus organismos objetivo. Sus efectos toxicológicos sobre las plagas dependen de su composición química, que a su vez afecta su interacción con los componentes del suelo (Singh, 2012) (FAO, 2019, p.24). De acuerdo con su estructura química, los plaguicidas pueden dividirse en doce grupos distintos, mencionando a continuación los principales plaguicidas en cada grupo:

Tabla 4: Clasificación de plaguicidas según grupos.

Grupos de plaguicidas	Contaminantes
Compuestos Organoclorados	DDT, Metoxicloro, Clordano, Dicofol, BHC/HCH, Aldrin, Endosulfan, Heptacloro, Metoxicloro, Clordano, Dicofol.
Compuestos Organofosforados	Paration, Malation, Monocrotofós, Clorpirifos, Quinalfos, Forato, Diazinon, Fenitrotión, Acefato, Dimetoato, Fentión, Isofenfos, Fosfamidón, Temefos, Triazophos.
Carbamatos	Aldicarb, Oxamilo, Carbarilo, Carbofuran, Carbosulfán, Metomilo, Metiocarb, Propoxur, Primicarb.
Piretroides	Aletrinas, Deltametrina, Resmetrina, Cipermetrina, Permetrina, Fenvalerato, Piretro
Neonicotinoideos	Acetamiprid, Imidacloprid, Nitenpiram, Tiametoxan.
Compuestos de organoestaño	Acetato de Trifenilestaño, Cloruro de Trivenilestaño, Hidróxido de Tricilohehexilestaño; Azociclotina

Compuestos organomercuriales	Cloruro de Etilmercúrico, Bromuro de Fenil Mercurio.
Fungicidas ditiocarbamados	Zineb, Maneb, Mancozeb, Ziram.
Compuestos de benzimidazol	Benomil, Carbendazim, Tiofanato de Metilo.
Compuestos de clorfenoxi	2,4-D, TCDD, DCPA, 2,4,5-T, 2,4-DB, MCPA, MCPP
Dipiridilios	Paraquat, Diquat.
Diversos	DNOC, Bromoxilo, Simazina, v Triazamato

Fuente: Singh, 2012; FAO, 2019, p.24

Los pesticidas se clasifican en varias categorías, pero los más comunes son por el tipo de plaga o por su estructura química. (Bedmar, 2011, p. 16), También cabe mencionar que los plaguicidas por naturaleza se clasifican en organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, fenilamidas (carbanilatos, acilalanidas, toluidinas y acetamidas), fenoxialconatos, trazinas, derivados del ácido benzoico, benzonitrilos, ftalirimidas y derivados. Según el tipo de plaga, (Rodríguez *et al.* 2019, p. 50) hace referencia que dentro de los plaguicidas están, fungicidas, herbicidas, insecticidas, rodenticidas, molusquicidas, nematocidas, reguladores del crecimiento de las plantas, entre otros. (Rani *et al.*, 2020, p. 19).

Según propiedades físico-químicas: explosivos; comburentes; extremadamente inflamables; fácilmente inflamables. Formulaciones: formulaciones sólidas (polvo seco, granular, cebo); formulaciones líquidas (concentrados emulsionables, suspensiones concentradas o floables, soluciones concentradas, concentrados líquidos para aplicaciones de ultra bajo volumen y aerosoles) y formulaciones gaseosas (Huanhuayo, 2017, p. 30).

Tabla 5: Ejemplo de plantas utilizadas en la fitorremediación.

Especies de plantas	Fitoextracción	Fitoimmobilización	Fitovolatilización	Fitodegradación	Fitoestabilización
Un girasol anual Girasol común (<i>Helianthus annuus</i>)	X			X	
Hierba marfil Pennisetum (<i>Pennisetum sp.</i>)	X				X
Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)		X			
Colza Canola (<i>Brassica napus L.</i>)				X	
Álamo (<i>Populus spp.</i>)			X		
Sauce (<i>Salix spp.</i>)	X				
Lino real Linaza (<i>Linum usitatissimum</i>)	X				X

Fuente: elaboración propia.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo básico, de acuerdo a su nivel de profundidad fue descriptivo, por el medio que se obtuvieron los datos fue documental, según el periodo en la que se desarrollo fue longitudinal.

El diseño fue no experimental, ya que solo se realizó una revisión de artículos, recopilando información de un tema determinado.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

La matriz de categorización apriorística, se caracterizó por diseñarse con anterioridad a la recopilación de los documentos, iniciando con la misma investigación y la toma identificación de los manuscritos relevantes para la investigación, esta contiene el objetivo principal del estudio, así como sus objetivos y problemas específicos, seguidos de su categoría, subcategoría, criterios de inclusión y exclusión (ver **anexo 1**).

3.3. Escenario de estudio

En la presente iniciativa, el escenario de estudio se delimitó a las bases de datos de revistas indexadas y repositorios de donde se recopiló la información necesaria, tesis y documentos en línea.

3.4. Participantes

Los participantes fueron cada uno de los documentos apartados requeridos para dar lugar a la presentada revisión, contándose con 20 manuscritos seleccionados de un total de 97; siendo estos ubicados en las siguientes plataformas Scopus, ScienceDirect, Redalyc, Dialnet y Repositorios.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica aplicada fue el análisis documental de los artículos y documentos de investigación, extraídos de fuentes indexadas y repositorios, tomando en cuenta los criterios de exclusión e inclusión impuestos por los autores (ver **figura 2**), siendo los instrumentos aplicados: la ficha matriz de análisis de contenido, y la ficha de recolección de datos, adaptados de Chiguala y Vega (2020, p. 92 – 95), (ver **anexo 2, 3 y 4**).

3.6.Procedimiento

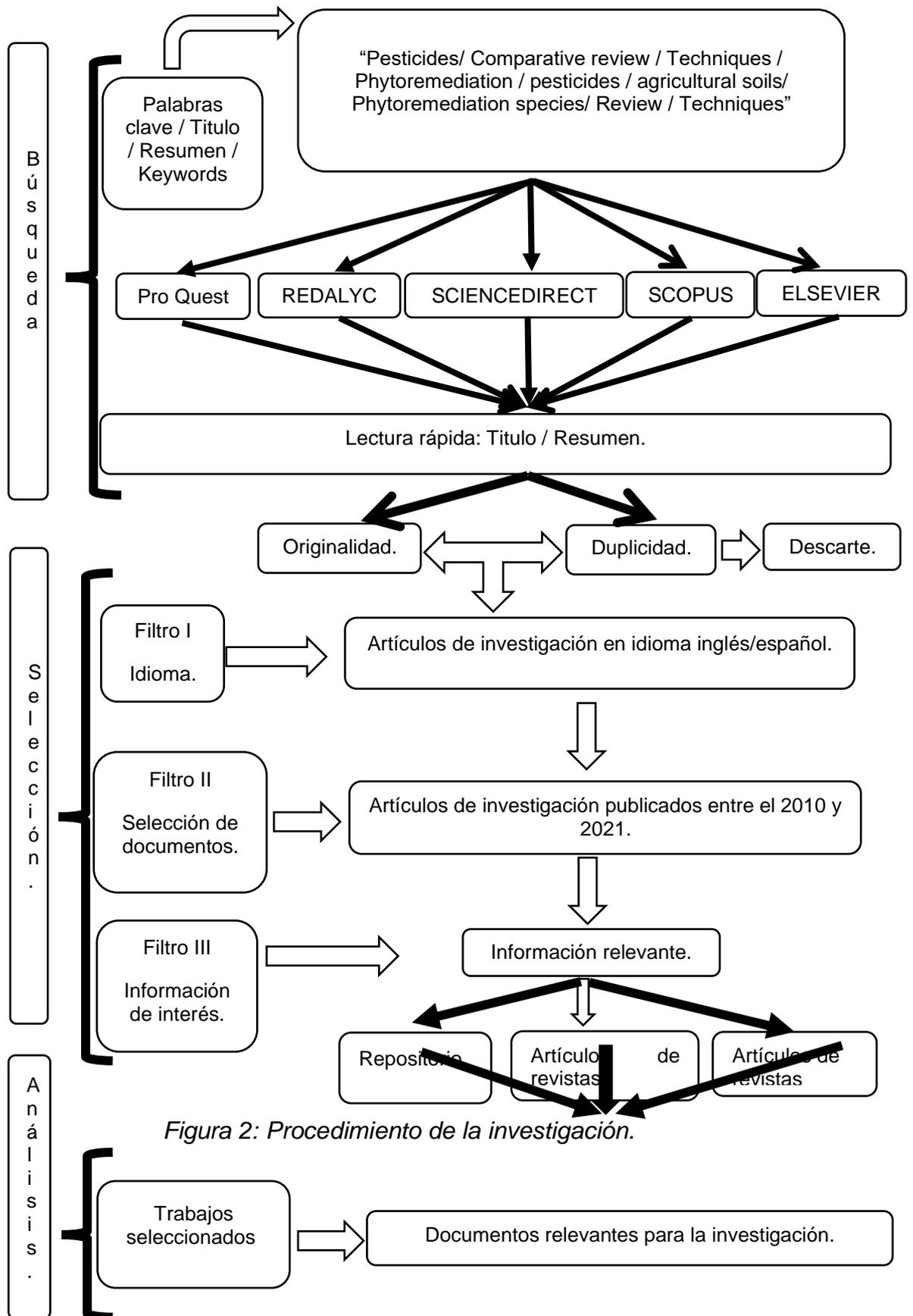


Figura 2: Procedimiento de la investigación.

Tabla 6: *Palabras clave de búsqueda de información.*

Base de datos	Palabras clave	Idioma de búsqueda
Pro quest	Phytoremediation/ pesticidas.	Ingles.
Redalyc	"Phytoremediation / Phytoremediation species.	Ingles / español.
Sciencedirect	Comparative review / Techniques / Phytoremediation / pesticidas / agricultural soils/ Phytoremediation species.	Ingles.
Scopus	Review / Techniques / Phytoremediation.	
Elsevier	Phytoremediation/ Contaminated soils.	

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra la tabla con los criterios de inclusión.

Tabla 7: *Criterios de inclusión y exclusión.*

Criterios	Inclusión
Idioma	Ingles
Periodo de tiempo	2017 – 2021
Disponibilidad	Acceso libre
Tipo de literatura	Artículos científicos

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Rigor científico

En cuanto al rigor científico de esta investigación se basó en la recopilación de artículos científicos extraídos de revistas indexadas que son de acceso libre por ello la información es confiable y así garantizando su veracidad de datos utilizados en esta investigación.

3.8. Método de análisis de la información

En el método de análisis del presente proyecto de investigación, se emplearán fichas de análisis de contenido, a fin de sintetizar la información más relevante de los estudios encontrados, sin embargo, para la correcta categorización de la información hallada, se adicionará una base de datos contenida en una hoja de cálculo, permitiéndonos filtrar la data recabada, según la naturaleza del contenido de los documentos, tomando en cuenta el tema central de cada documento.

3.9. Aspectos éticos

En el presente estudio, uno de los parámetros más considerados fue la confiabilidad de la información adquirida, extrayéndose así de bases de datos confiables, con el objetivo de no perjudicar la autoría de los estudios precedentes, citando cada uno de los autores integrados a lo largo del documento, acordes a los lineamientos de la Universidad César Vallejo.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el proceso de la investigación de revisión sistemática, para la recolección de datos se establecieron criterios específicos los cuales permitieron tener acceso a la información solicitada, de los 97 artículos encontrados, 20 fueron seleccionados para elaborar los resultados y discusiones.

De acuerdo al primer objetivo tenemos analizar las especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados según el tipo de pesticida utilizado.

Tabla 8: *Especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados según el tipo de pesticida utilizado.*

Especies		Contaminante		Autor
Nombre común	Nombre científico	Grupo de Plaguicidas	Compuesto contaminante	
Girasol	<i>Helianthus annus L.</i>	Compuestos organometalicos	Cadmio, plomo y arsénico.	Peña y Beltrán
habas	<i>Vicia faba L. (LXYC)</i>		Cadmio	Tang, <i>et al.</i>
pasto Napier	<i>Pennisetum purpureum</i>		Cadmio	Wiangkham y Prapagdee
Caléndula azteca	<i>Tagetes erecta L.</i>		Cadmio	Minisha, <i>et al.</i>
Caoba de Lagos	<i>Khaya ivorensis</i>		Cadmio	Pereira, <i>et al.</i>
Pasto Lambe Lambe	<i>Leersia hexandra Swartz</i>		Cadmio	Lin, <i>et al.</i>
Helecho temblón	<i>Pteris cretica</i>		As / Pb	Eze y Harvey
Calabaza Howden	<i>pepo cv. Howden</i>		Organoclorados	DDT
Ricino	<i>Ricinus communis</i>	DDT		Huagang Huang, <i>et al</i>
Dulcarama	<i>Solanum dulcamara</i>	DDT		Nurzhanova, Kalugin y Zhambakin
Calabacín Tomate	<i>cultivar Gris cultivar Platense</i>	DDT y DDE		Mittona, <i>et al.</i>
Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i>	DDT		Surmita, Rutter y Zeeb
Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i>	DDE		Eevers, <i>et al.</i>

Raigrás	<i>Lolium perenne</i>		DDT y DDE	Xie, Zhu y Wang
Girasol	<i>Helianthus annuus L</i>		Contaminantes orgánicos (DDT, DDE)	Marcos V
Kiwicha	<i>Amaranthus cruentus mexicano,</i> <i>Amaranthus caudatus peruano,</i> <i>Amaranthus cruentus don león</i>		Parlar 44, parlar 50, Parlar 39/40	Mejia y Herrera
Pirí	<i>M.x giganteus (pirí)</i>		DDT	Divino, <i>et al.</i>
Alfalfa, mostaza india, Girasol	<i>Medicago sativa, Brassica juncea,</i> <i>Helianthus annus L.</i>		DDT	Ndubueze
frijoles	<i>Canavalia ensiformis</i>	Herbicida	sulfentrazona	Mielke, <i>et al.</i>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 8 se muestran las especies utilizadas para la fitorremediación de suelos contaminados con pesticidas y compuestos organo-metálicos. Se presenta una lista de especies fitorremediadoras para diferentes contaminantes como son insecticidas, herbicidas y organo – metálicos. También, se identificó que las especies más utilizadas es la *Cucurbita pepo*, al igual que el *Helianthus annus L.* Según los autores estas especies tienen gran capacidad fitoextractora de contaminantes como el DDT, DDE. Sin embargo, Tabraj (2020) reportó que *curcubita pepo* puede extraer contaminantes órgano- metálicos como Cd, reportó que en las raíces llega a acumular 0,30 mg/ Kg de Cd y en sus tallos acumulaba hasta 0,04 mg/Kg de Cd y en sus hojas hasta 0,10 mg/kg de Cd. Demostrando que *curcubita pepo* es una planta fitorremediadora de compuestos organoclorados y también de órgano metálicos. Asimismo se muestra que *Helianthus annus L.* lo utilizaron para recuperar suelos contaminados con Organo - metálicos y también para insecticidas. en la tabla se muestra que Mielke *et al*, (2020) utilizó *Canavalia ensiformis* para recuperar suelos contaminados contaminados con herbicidas (Sulfentrazona) en la cual obtuvo una eficiencia de 65%, resultando una planta útil para la fitorremediación, del mismo modo Meldalao *et al*, (2020) utilizó *Arachis pintoii*, *Eleusinecoracana*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria ochroleuca*, *Cajanus cajan*, *Leucaena leucocephala*, *Stizolobium cinereum* y *Raphanus sativus* para recuperar suelos contaminados con sulfentrazona logrando obtener resultados eficientes con las especies *Cajanus cajan* y *Leucaena leucocephala* en la cual estas especies mostraron mayor tolerancia al contaminando hasta dosis de 400 g ha⁻¹ y también presentaron menos síntomas de toxicidad al herbicida.

Como se mostró en la tabla una variedad de especies utilizadas para la fitorremediación, también existen múltiples estudios con diferentes especies, ampliando la lista de especies, tenemos a Shah y Daverey (2020) quien evaluó la capacidad fitorremediadora de las siguientes especies *Pteris vittata*, *Solanum nigrum*, *Bidens pilosa*, *Thalaspia caerulescens*, *Alysum murale*, *Sedum alfredii*, de tal manera demostró que estas especies tienen gran capacidad de hiperacumular Cd. De acuerdo al segundo objetivo tenemos: Identificar las condiciones de aplicación de las especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados con pesticidas.

Tabla 9: Identificación de especies fitorremediadoras.

Especies		Condiciones			Autor
N. Científico	N. Común	Tipo De Suelo	Cepas	pH, Temperatura Y Otros	
Calabaza Howden	<i>pepo cv.</i>	Franco arenoso	Cepas Endofíticas	T: 25 C	Lunney, Rutter Y Zeeb
Ricino	<i>Ricinus communis</i>	Franco arenoso	No requerido	Se sembraron a cielo abierto para simular el campo	Huagang Huang, <i>et al</i>
Dulcamara	<i>Solanum dulcamara</i>	-	No requerido	T:25c	Nurzhanova, Kalugin y Zhambakin
Calabacín Tomate	<i>cultivar Gris cultivar Platense</i>	Franco arenoso	No requerido	Las plantas se cultivaron en invernadero a una temperatura de 10–26 ° C bajo luz solar natural	Mittona, <i>et al.</i>
Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i>	Arenoso	No requerido	Tolerancia a la sequía y las inundaciones.	Surmita, Rutter y Zeeb
Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i>	Franco arenoso	Cepas Endofíticas	-	Eevers, <i>et al.</i>
Raigrás	<i>Lolium perenne</i>	-	Stenotrophomonas sp. la cepa DXZ9	-	Xie, Zhu y Wang

Girasol	<i>Helianthus annuus L</i>	-	No requerido	La temperatura fue de 25 ± 2 ° C por 8 h de luz solar sin sombra y una humedad relativa del 60%	Marcos V
Pirí	<i>M.x giganteus</i>	-	No requerido	Deben ser plantas que crezcan bien a nivel local con lluvias y temperaturas normales para el área.	Divino, <i>et al.</i>
Alfalfa, mostaza india, Girasol	<i>Medicago sativa, Brassica juncea, Helianthus annus L.</i>	Arena arcillosa	No requerido	-	Ndubueze
Frijoles	<i>Canavalia ensiformis</i>	Franco arenoso	Bradyrhizobium sp	de rápido crecimiento con alta producción de biomasa	Mielke, <i>et al.</i>

Fuente: elaboración propia

En la tabla 9 se identificaron las condiciones de aplicación de las diferentes especies fitorremediadoras y entre ellas se encuentra el tipo de suelo, si quiere inoculación para mejorar su efectividad y también la humedad, temperatura u otras condiciones de selección. Los estudios encontrados, mostrados en la tabla los suelos son de tipo franco arenosos, también algunas especies requieren inoculación para mejorar su efectividad.

De esta manera coincidiendo con otros estudios donde utilizaron la inoculación de cepas para mejorar la eficiencia de la planta como lo hizo Ma, *et al.*, (2016) utilizó la *Pseudomonas libanensis* con la planta *Brassica oxyrrhina* para tratar contaminantes como *Cu*, *Zn* aumentando así en un 61% de contenido de *Cu* que el grupo control, la utilización de cepas (*Pseudomonas brassic cerarum*, *Rhizobium leguminosarum*), por otro lado Ali y col (2017) utilizaron bacteria *Streptomyces pactum* para mejorar la absorción de *Zn* (40, 14%) y *Pb* (82, 15%) en brotes y raíces de *Brassica juncea*. Sin embargo, De Almeida (2018) y Ndubueze (2018) utilizaron la especie *Helianthus annuus* para recuperar suelos contaminados con insecticidas, pero no realiza inoculación de ninguna cepa, pese a ello los investigadores obtuvieron eficiencias de 87% y 40% respectivamente. Sin embargo, Ma *et al*, (2019) utilizó *Helianthus annuus* para recuperar suelos contaminados con *Ni* en la cual agregó *Pseudomonas libanensis* TR1, *Claroideoglopus claroideum* BEG210 de tal manera que la planta aumento significativamente la acumulación de *Ni* un 38-82%. Por lo tanto, en algunas ocasiones la planta necesita la ayuda de cepas para mejorar su eficiencia, esto dependerá en ocasiones del contaminante a tratar.

Según la tabla los estudios muestran que la temperatura en la cual se desarrollan las plantas es de 25 C a cielo abierto, según De Almeida (2018) quien utilizó el *Helianthus annuus L* consideró la humedad relativa de 60%, para Divino et al (2020) quien utilizó *M.x giganteus* señala que es importante que la planta sea de rápido crecimiento ya que una de las desventajas de la fitorremediación es que los resultados se observan a largo plazo, coinciden con Nuñez et al, (2004) quien indicó que es importante tener en cuenta los criterios de selección de las especies fitorremediadoras, ya que no todas las especies se desarrollan con igual temperatura, no todas las especies son rápido crecimiento.

Según el último objetivo tenemos: Evaluar la eficiencia de remoción de especies fitorremediadoras aplicadas a suelos agrícolas contaminados con pesticidas.

Tabla 10: Eficiencia de remoción de especies fitorremediadoras aplicadas a suelos agrícolas contaminados con pesticidas.

Especies		Contaminante	Eficiencia %	Autor
N. Científico	N. Común			
Ricino	Ricinus communis	DDT	95,6 -99,4	Huagang Huang, et al
Dulcarama	Solanum dulcamara	Organoclorados	30- 80	Nurzhanova, Kalugin y Zhambakin
Calabacín	Cucurbita pepo	DDE	5,47	Eevers, <i>et al.</i>
Raigrás	Lolium perenne	DDT y DDE	81 y 55	Xie, Zhu y Wang
Girasol	Helianthus annuus L	Contaminantes orgánicos (DDT, DDE)	87	Marcos V
Kiwicha	Amaranthus cruentus mexicano, Amaranthus caudatus peruano, Amaranthus cruentus don león	Parlar 44, parlar 50, Parlar 39/40	79,16; 48,69;40,97	Mejia y Herrera
Pirí	M.x giganteus (pirí)	DDT	76,9	Divino, <i>et al.</i>
Alfalfa, mostaza india, Girasol	Medicago sativa, Brassica juncea, Helianthus annus L.	DDT	40	Ndubueze
frijoles	Canavalia ensiformis	sulfentrazona	65	Mielke, <i>et al.</i>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10 se muestra una eficiencia de 95,6% -99,4% al utilizar *Ricinus communis*, para tratar suelos contaminados con DDT, coincidiendo con Ponte y Saenz quien obtuvo una eficiencia de 70% al utilizar *Ricinus communis*, confirmando la efectividad de dicha especie para recuperar suelo contaminados con plaguicidas. De la misma manera se muestra la efectividad de 87% al utilizar el *Helianthus annuus* para recuperar suelos contaminados con insecticidas, sin embargo, Peña y Beltran (2019) obtuvieron una eficiencia de 48% para ambos contaminantes al utilizar el *Helianthus annuus* para recuperar suelos contaminados con Cd y As. Por otro lado, Mleczek et al (2017) utilizó *Quercus robur* para recuperar suelos contaminados con Cd en la cual obtuvo una eficiencia de 69%.

Según la tabla muestra resultados eficientes que van de 30 – 80% para *Solanum dulcamara* al tratar organoclorados, demostrando que dicha especie es una planta útil para la fitorremediación, del mismo modo Puhui et al (2011) obtuvo resultados similares al usar la misma especie para recuperar suelos agrícolas contaminados con Cd, logró remover un 87% de contaminante.

Se muestra en la tabla el tratamiento del herbicida (sulfentrazone) utilizando a especie *Canavalia ensiformis* El cual obtuvo una eficiencia de 65%, el cual representa una cantidad significativa removida, demostrando que dicha especie tiene gran capacidad de Fito-extraer plaguicidas, sin embargo, Meldalao et al (2020) Evaluó 8 especies para recuperar suelos contaminados con sulfentrazone, resultando solo 2 especies (*Cajanus cajan* y *Leucaena leucocephala*) capaces de tolerar hasta dosis de 400 g ha⁻¹ de contaminante, siendo también las especies que menos síntomas de toxicidad al herbicida presentaron; por lo tanto .

V.CONCLUSIONES

Según el tipo de pesticida aplicado en suelo, las especies fitorremediadoras son la *Curcubita pepo*, *Helianthus annuus*, los cuales muestran también capacidad de remoción de Cd.

El tipo de suelo generalmente utilizado es el arenoso, en donde se utilizan especies fitorremediadoras en simbiosis con microorganismos como la *pseudomonas libanensis*, *pseudomonas brassic cerarum*, *Rhizobium leguminosarum* que mejoran la eficiencia fitorremediadora de pesticidas y metales asociados a ellas

Las especies de mayor capacidad de fitorremediadora en suelos agrícolas contaminados con pesticidas, son *Ricinus communis* (95,6-99,4% en el caso del DDT); la *Solanum dulcamara* (30% - 80%) en la eliminación de pesticidas organoclorados de suelos, así como de *Canavalia ensiformis* (alrededor del 65%) para el herbicida sulfentrazone.

VI.RECOMENDACIONES

Evaluar estudios que muestran el mecanismo de degradación de los pesticidas en las especies fitoremediadoras para optimizar dicho proceso de degradación.

Realizar una evaluación integral de toda la información disponible considerando las bases de acceso limitado a fin de proponer conclusiones más generales así como específicas.

Es necesario realizar más estudios sobre el uso de especies fitoremediadoras para que sea aplicada a gran escala, debido a que la mayoría de los estudios solamente se realizaron a pequeña escala y de manera sistemática, por lo tanto, se debe concientizar a los futuros investigadores para que retomen el estudio y realicen un trabajo minucioso y muy detallado.

REFERENCIAS

ABUBAKAR, Y., [et al]. Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control. Chapter 3, Pesticides, History, and Classification. Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control. [en línea]. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819304-4.00003-8>

AKTAR, W., Sengupta, D. & Chowdhury, A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, [en línea] 2(1): 1–12. 2009. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>

ALMEIDA, Marcos [et al]. In vitro phytoremediation of persistent organic pollutants by *helianthus annuus l.* plants. *Scielo* [en línea]. Vol. 41, n,^a 3, marzo 2018 [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://www.scielo.br/j/qn/a/NsVGpcmFdH4KgDdvVNyXzyC/?lang=en>

ISSN: 2013-6463.

AMAYA, Bejar, BAZÁN Paredes, RUEDA Feijoó, y SOLANO Cruz. Capacidad de adsorción de metales pesados por *Saccharomyces cerevisiae* en un efluente minero de Shorey, distrito de Quiruvilca, La Libertad. Tesis (Magíster en Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018, 63 p.

AMJAD, Ali. [et al]. Role of *Streptomyces pactum* in phytoremediation of trace elements by *Brassica juncea* in mine polluted soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. [en línea]. Volume 144, October 2017, Pages 387-395. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651317303810>

ASHRAF, Babar Hussain [et al]. Cadmium stress in paddy fields: Effects of soil conditions and remediation strategies. *Science of The Total Environment*. [en línea]. Volume 754, 1 February 2021, 142188. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972035717X>

BATISTA, Ramón, SÁNCHEZ, Ayixson. Fitorremediación de metales pesados y microorganismos. La Habana: Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente, 2009, n° 16, p. 1-6. Disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/16.02.pdf>

ISSN: 1683-8904

BEDMAR, F. Informe especial sobre plaguicidas agrícolas. Buenos Aires. Argentina. [en línea]. Revista Ciencia Hoy. 21 (122): 10-16. 2011. Disponible en: <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Usotierra/CH%20Plaguicidas%20fin.PDF>

CAI, D.W. Understand the role of chemical pesticides and prevent misuses of pesticides. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 1: 36–38. 2008.

CARVALHO, F.P. Pesticides, environment, and food safety. Food and Energy Security, 6(2): 48–60, 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/fes3.108>

CASTILLO, Bessy; RUIZ, Jose; MANRIQUE, Manuel y POZO, Carlos. Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). Revista espacios. [en línea]. Vol. 41 n°10, 2020, p11. Disponible en: revistaespacios.com/a20v41n10/20411011.html

CHIGUALA, Miguel y VEGA, Charlotte. Revisión sistemática de los métodos de aprovechamiento aplicados en el subproducto piel y escamas del pescado. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2020.

Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/62866/Chiguala_DM A-Vega_PCD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/62866/Chiguala_DM_A-Vega_PCD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

DELGADILLO, [et al]. Tropical and Subtropical Agroecosystems. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14(2), 597–612 (2011). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93918231023>

DIVINE, Tarla [et al]. Phytoremediation and Bioremediation of Pesticide-Contaminated Soil. Applied Sciences [en línea]. Febrero 2020 [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/4/1217>

ISSN: 2076-3417.

DORRONSORO FERNANDEZ, Carlos (2007). Edafología y química agrícola. En línea Universidad de Granada, España, 2007.

Disponible en: <http://edafologiaugr.es/conta/tema10/import.htm>.

EEVERS, Nele [et al]. Endophyte-enhanced phytoremediation of DDE-contaminated using Cucurbita pepo: A field trial. *International Journal of Phytoremediation* [en línea]. Vol. 20, n,^a 4, marzo 2021 [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29584464/>

ISSN: 1549-7879

EZE, Valentine y HARVEY, Adam. Extractive recovery and valorisation of arsenic from contaminated soil through phytoremediation using *Pteris cretica*. *Chemosphere* [en línea]. Vol. 208, octubre 2018 [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653518311007>

FANG [et al]. Combined remediation of DDT congeners and cadmium in soil by Sphingobacterium sp. D-6 and Sedum alfredii Hance [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23505871/>

ISSN 0045-6535.

FAO. La contaminación del suelo una realidad oculta. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA – “Alianza mundial por el suelo”. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

ISBN 978-92-5-131639-9

GHOSH, M., Singh, S. P. 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by-products. *Applied Ecology and Environmental Research*. 3: 1- 18. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

HARO, Juan [et al]. Evaluación de la fitorremediación en suelos agropecuarios, con altas concentraciones de azufre, La Matriz, Guano, Provincia Chimborazo. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional* [en línea]. Vol. 5, noviembre 2020 [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7659343>

ISSN: 2550-682X.

HAI, F. [et al]. Pesticide removal by a mixed culture of bacteria and white-rot fungi. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 43, 459- 462. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2011.11.002>

HUANG, Huagang [et al]. The phytoremediation potential of bioenergy crop *Ricinus communis* for DDTs and cadmium co-contaminated soil. *Bioresour Technol* [en línea]. Vol. 102, 2011 [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021].

Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/51713771_The_phytoremediation_potential_of_bioenergy_crop_Ricinus_communis_for_DDTs_and_cadmium_co-contaminated_soil

ISSN: 1873-2976.

HUANHUAYO, K. El uso de plaguicidas químicos en el cultivo de papa (*solanum tuberosum* L), su relación con el medio ambiente y la salud. 2017. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2867>

LEE, Y., Lee, Y., Jeon, C. Biodegradation of naphthalene, BTEX, and aliphatic hydrocarbons by *Paraburkholderia aromaticivorans* BN5 isolated from petroleum-contaminated soil. [en línea]. *Sci Rep* 9, 860. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36165-x>

LIN, Hua [et al]. Phytoremediation potential of *Leersia hexandra* Swartz of copper contaminated soil and its enhancement by using agronomic management practices. *Ecological Engineering* [en línea]. Vol. 127, febrero 2019 [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2021].

Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857418300867>

ISSN 0925-8574.

LIU, [et al]. A PDRMIP Multimodel Study on the Impacts of Regional Aerosol Forcings on Global and Regional Precipitation. China: Journal of Climate, 01 Jun 2018. Disponible en: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/31/11/jcli-d-17-0439.1.xml>

LUNNEY, Alissa, RUTTER, Allison y ZEEB, Barbara. Effect of Organic Matter Additions on Uptake of Weathered DDT by *Cucurbita pepo* ssp. *pepo* cv. Howden. *International Journal of Phytoremediation* [en línea]. Vol. 12, n,^a 4, febrero 2010 [Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2021].

Disponible en:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15226510903051773?journalCode=bijp20>

ISSN: 1549-7879.

M.Govarthananab, R.Mythilib, T.Selvankumar, S.Kamala-Kannan, H.Kima. Myco-phytoremediation of arsenic- and lead-contaminated soils by *Helianthus annuus* and wood rot fungi, *Trichoderma* sp. isolated from decayed wood. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. [en línea]. Volume 151, 30 April 2018, Pages 279-284.

Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651318300277>

MADALÃO, J. [et al]. (2012). Selection of species tolerant to the herbicide sulfentrazone with potential for phytoremediation of contaminated soils.

Semina: Ciencias Agrarias, 33(6), 2199–2213. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n6p2199>

MADERA, Carlos. Fitorremediación: Técnica aplicada a la recuperación de suelos agrícolas contaminados por plaguicidas. Tesis (Ingeniero Químico), Argentina: Universidad de Córdoba, 2020.

Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3906/Madera%20Sarmiento%20Carlos%20Andres.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MEJIA, Ramón y HERRERA, Denis. Utilización de plantas de amaranto como alternativa de fitorremediación en suelos contaminados con plaguicidas organolorados en la comunidad de Tejana, Municipio el Viejo, Departamento de Chinandega en el periodo 2007-2009. Tesis (Licenciados en Química), Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2012.

Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/4927/>

MITTON, Francesca [et al]. DDTs-induced antioxidant responses in plants and their influence on phytoremediation process. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. Agosto 2019 [Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2021].

Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319301663_DDTs-induced_antioxidant_responses_in_plants_and_their_influence_on_phytoremediation_process

ISSN: 0147-6513.

MINISHA, Thalikulangara [et al]. Application of Aztec Marigold (*Tagetes erecta L.*) for phytoremediation of heavy metal polluted lateritic soil. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology* [en línea]. Vol. 3, 2021 [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259018262030031X>

ISSN 2590-1826.

MIELKE, Kamila [et al]. Does *Canavalia ensiformis* inoculation with *Bradyrhizobium* sp. enhance phytoremediation of sulfentrazone-contaminated soil? *Chemosphere*. [en línea]. Volume 255, septiembre 2020, 127033. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653520312261>

MLECZEK, M. Phytoextraction of potentially toxic elements by six tree species growing on hazardous mining sludge. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 22183-22195. (2017). Disponible en: <https://doi:10.1007/s11356-017-9842-3>

NDUBUEZE, Ezinne. Potential of Five Plant Species for Phytoremediation of Metal-PAH-Pesticide Contaminated Soil. *Electronic Thesis and Dissertation Repository* [en línea]. Abril 2018 [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://ir.lib.uwo.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=7320&context=etd>

ISSN 2310-807X.

NUÑEZ, Roberto; VONG, Yunny; BORGES, Raúl; OLGUIN, Eugenia. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Revista Ciencia*. [en línea]. 2004. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf

NURZHANOVA, Asil, KALUGIN, Sergey y ZHAMBAKIN, Kabl. Obsolete pesticides and application of colonizing plant species for remediation of contaminated soil in Kazakhstan. *Environ Sci Pollut Res Int*. [en línea]. Vol. 4, abril 2020 [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22890508/>

ISSN: 0944-1344

PEÑA, Flor y BELTRAN, Moises. Aplicacion de la fitorremediacion en suelos contaminados por metales pesados utilizando *helianthus annuss l.* en la estación

experimental el Mantaro. *Prospectiva Universitaria* [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021].

Disponible en:
<https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva/article/download/34/32/32>

ISSN: 1990-7044.

PEREIRA, Watilla [et al]. Phytoremediation potential of *Khaya ivorensis* and *Cedrela fissilis* in copper contaminated soil. *Journal of Environmental Management* [en línea]. Vol. 268, agosto 2020 [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021].

Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720306654>

ISSN 0301-4797.

POPP, J., Pető, K. & Nagy, J. Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1): 243–255.
<https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>

PONTE, Manual y SAENZ, Alexander. Capacidad fitorremediadora de *Ricinus communis* “Higuerilla” sobre Arsénico y Plomo de suelos contaminados del sector La Porfía Pataz, 2019. Universidad César Vallejo. [en línea]. Repositorio UCV, Trujillo – Perú, 2019. Disponible en:
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47891/Barrios_PMF-Garcilazo_SAJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PUHUI, Ji. [et al]. Strategies for enhancing the phytoremediation of cadmium-contaminated agricultural soils by *Solanum nigrum* L. *Environmental Pollution*. [en línea]. Volume 159, Issue 3, March 2011, Pages 762-768. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749110005403?via%3Dihub>

RANI, Komal. [et al]. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*. [en

línea]. Volume 283, 10 February 2021, 124657. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620347016>

RODRÍGUEZ, Natalia, MCLAUGHLIN, Michael y PENNOCK, Daniel. La contaminación del suelo: Una realidad oculta. [en línea]. Roma: Alianza Mundial por el Suelo, 2019 [Fecha de consulta: 07 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

ISBN 978-92-5-131639-9.

SILVEIRA, María. [et al]. Agricultural pesticides: a framework for health risk evaluation in rural communities in the mexican state of Sonora. Revista internacional de contaminación Ambiental – Scielo. [en línea]. vol.34 n.1 Ciudad de México feb. 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992018000100007

Singh, D.K., ed. Toxicology: Agriculture and Environment: Pesticide Chemistry and Toxicology. BENTHAM SCIENCE PUBLISHERS. [en línea]. Vol. 1. Disponible en: <http://www.eurekaselect.com/50654/volume/1>

SURMITA, Paul, ALLISON, Rutter y BARBARA, Zeeb. Phytoextraction of DDT-Contaminated Soil at Point Pelee National Park, Leamington, ON, Using Cucurbita pepo Cultivar Howden and Native Grass Species [2015]. *Journal of environmental quality* [en línea]. 2015 [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US202000054571>

ISSN: 0047-2425.

SUN, S., Yang, [et al]. Biodegradation of the neonicotinoid insecticide acetamiprid in surface water by the bacterium *Variovorax boronicumulans* CGMCC 4969 and its enzymatic mechanism. [en línea]. RSC Issue 41, 2017, Issue in Progress. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/c7ra01501a>

SWARTJES, F.A., ed. 2011. Dealing with Contaminated Sites. Dordrecht, Springer Netherlands. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/978-90-481-9757-6>

THANGAVEL, P., Subhram, C. V. 2004. Phytoextraction – Role of hyper accumulators in metal contaminated soils. Proceedings of the Indian National Science Academy. Part B. 70(1):109-130.

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

TANG, Lin [et al]. Characterization of fava bean (*Vicia faba L.*) genotypes for phytoremediation of cadmium and lead co-contaminated soils coupled with agro-production. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. Vol. 171, abril 2019 [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651318313812>

ISSN 0147-6513.

TRABAJ, Rosales. Concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en Cucurbita pepo. Tesis. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020.

Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6066/T010_403784_02_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VIVAS, Maryori. 2019. "Fitorremediación de metales pesados como Cd y Pb. Lima - Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57111>

VIJENDRA Shah y ACHLESH Daverey. Phytoremediation: A multidisciplinary approach to clean up heavy metal contaminated soil. *Environmental Technology & Innovation*. [en línea]. Volume 18, May 2020, 100774. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186419308107>

WIANGKHAM, Nongnuch y PRAPAGDEE, Benjaphorn. Potential of Napier grass with cadmium-resistant bacterial inoculation on cadmium phytoremediation and its

possibility to use as biomass fuel. *Chemosphere* [en línea]. Vol. 201, abril 2018 [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653518304478>

ISSN 0045-6535.

XIAO, L., Jia, H., Jeong, I., Ahn, Y., Zhu, Y. Isolation and characterization of 2,4-D butyl ester degrading acinetobacter sp. ZX02 from a Chinese ginger cultivated soil. [en línea]. *J. Agric. Food Chem.* DOI: 10.1021/acs.jafc.7b02140. Disponible en: <http://pubs.acs.org> on August 6, 2017.

XIE, Hui, ZHU, Lusheng, WANG, Jun. Combined treatment of contaminated soil with a bacterial *Stenotrophomonas strain DXZ9* and ryegrass (*Lolium perenne*) enhances DDT and DDE remediation. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. Vol. 25, noviembre 2018 [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021].

Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29354855/>

ISSN: 1614-7499.

YING Ma, MANI Rajkumar, Rui S. Oliveira, Chang Zhang, Elena Freitas. Potential of plant beneficial bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of metal-contaminated saline soils. *Journal of Hazardous Materials*. [en línea]. Volume 379, 5 November 2019, 120813. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389419307666>

ZHANG, H., Yuan, X., Xiong, T., Wang, H., Jiang, L., 2020. Bioremediation of cocontaminated soil with heavy metals and pesticides: Influence factors, mechanisms and evaluation methods Hanyan. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125657>

ZHONGMIN, Jin. [et al]. Application of *Simplicillium chinense* for Cd and Pb biosorption and enhancing heavy metal phytoremediation of soils. *Science of The Total Environment*. [en línea]. Volume 697, 20 December 2019, 134148. Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719341257?via%3Dihub>

b

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de categorización apriorística.

Fuente: elaboración propia.

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
<p>Evaluar las principales especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados con pesticidas reportadas en la literatura científica indexada.</p>	<p>Analizar las especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados según el tipo de pesticida utilizado.</p>	<p>¿Qué especies fitorremediadoras son utilizadas en suelos contaminados según el con pesticidas?</p>		<p>○</p>
	<p>identificar las condiciones de aplicación de las especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados con pesticidas.</p>	<p>¿Cuáles son las condiciones de aplicación de las especies fitorremediadoras utilizadas en suelos contaminados con pesticidas?</p>		
	<p>Evaluar la eficiencia de remoción de especies fitorremediadoras aplicadas a suelos agrícolas contaminados con pesticidas.</p>	<p>¿Cuál es la eficiencia de remoción de especies fitorremediadoras aplicadas a suelos agrícolas contaminados con pesticidas??</p>		<p>○</p>

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
PLATAFORMA DE BUSQUEDA	
LINK DE ACCESO	
OBJETIVOS	
CONCLUSIONES	

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3. Instrumento de análisis de contenido (ficha matriz).

ID	AUTOR	PALABRAS CLAVE	AÑO	PAIS	TITULO	TIPO DE SUELO	ESPECIE DE PLANTA (NOMBRE CIENTIFICO Y NOMBRE COMUN)	REQUIERE INOCULACION/NECESITA SIMBIOSIS (SI O NO) QUE TIPO DE BACTERIA, HONGO, ETC	GRUPO DE PLAGUICIDAS	COMPUESTO CONTAMINANTE	TASA DE REMOCION		CANTIDAD REMOVIDA
											%	mg*kg ⁻¹	
1	Peña y Beltrán;	CadmiumCo-contami	2017	Perú	APLICACION DE LA FITOR		Helianthus annus L.	-		Cadmio, plomo y arsénico.	cd:48,83% Pb:28,25% As:54,46%	-	
2	Tang, et al., 2019		2019	China	Characterization of fava	Agrícola	habas (Vicia faba L.) LXYC	-		Cadmio	14.41	-	
	Wiangkham y Prapagdee		2018	Tailandia	Potential of Napier grass		pasto Napier	SI		Cadmio		50.4	
4	Minisha, et al., 2020	Tagetes erecta, L.Bioc	2020	India	Application of Aztec Mar	suelos late	caléndula azteca (Tagetes erecta L.	-		Cadmio		160	
5	Pereira, et al., 2020	Metal pesadoContam	2020	Brasil	Phytoremediation poter		Khaya Ivorensis	-		Cadmio		600	
6	Lin, et al., 2019	Leersia hexandra Swa	2019	China	Phytoremediation potential of Leer		Leersia hexandra Swartz	-		Cadmio		480	
8	Eze y Harvey	PhytoremediationHy	2018	Reino un	Extractive recovery and		Pteris cretica	-		As / Pb	200 / 170	-	
9	Haro, et al., 2020		2020	Ecuador	Evaluación de la fitorrem	agropecuar	col,	-		Azufre		1327.62	
1	Alissa Lunney , Allison Rutter Y Barbara Zeeb	FITORREMEDIACION	2010	Canada	Effect of Organic Matter Additions on Uptake of Weathered DDT by Cucurbita pepo ssp. pepo cv. Howden	Franco arenoso	pepo cv. Howden(calabaza Howden)	cepas endofíticas	Organoclorados	DDT	1,4%	1100 ng	
3	Huagang Huang, et al	FITORREMEDIACION	2011	China	The phytoremediation potential of bioenergy crop Ricinus communis for DDTs.	Franco arenoso	Ricinus communis (ricino)	no	Organoclorados	DDT	0,35 mg kg ⁻¹ de DDT 0,42 mg kg ⁻¹ de Cd 95,6% -99,4%		
4	Asil Nurzhanova y Sergey Kallugia y Kati Zhambakina	Fitorremediacion, organoclorados	2019	Kazajis tán	Obsolete pesticides and application of colonizing plant species for remediation of		S. dulcamara	no	Organoclorados	Organoclorados	30% y us 80%		

Fuente: elaboración propia.

Asil Nurzhanova y Sergey Kalugin y Kabi Zhambakina	Fitorremediacion, organoclorados	2013	Kazajistán	Obsolete pesticides and application of colonizing plant species for remediation of		S. dulcamara	no	Organoclorados	Organoclorados		30% y un 80%	
Francesca M. Mittona, ET AL	Fitorremediacion, organoclorados	2017	Brazil	DDTs-induced antioxidant responses in plants and their influence on phytoremediation process	Franco arenoso	cultivar Gris (calabacín) cultivar Platense (tomate)	no	Organoclorados	DDT y DDE			559 y 141 ng/g en raíces y tejidos aéreos DDT de 2075 y 1075 ng/g-1 dw para y aéreo
Surmita Paul, Allison Rutter y Barbara A. Zeeb		2015	Canada	Phytoextraction of DDT-Contaminated Soil at Point Pelee National Park, Leamington, ON, Using Cucurbita pepo	Arenoso	Cucurbita pepo Howden	NO	Organoclorados	DDT			brotos de plantas raíces de 16.60 y 45.000 ng/g, respectivamente
Eevers et al		2018	EE UU	Endophyte-enhanced phytoremediation of DDE contaminated soil using Cucurbita pepo: A field trial	Franco arenoso	Cucurbita pepo	cepas endofíticas	Organoclorados	DDE		5,47%	
Hui Xie1,2 & Lusheng Zhu1,2 & Jun Wang1,2		2018		Combined treatment of contaminated soil with a bacterial Stenotrophomonas		Raigrás	Stenotrophomonas sp. la cepa DX29	Organoclorados	DDT y DDE		81% para el DDT y al 55% para el DDE	
Marcos V		2018	Brazil	IN VITRO PHYTOREMEDIATION OF PERSISTENT ORGANIC		Helianthus annuus L (girasol)		Organoclorados	Contaminantes organicos (DDT, DDE)		87%	
Laster Ramon Mejia, Denis Antonio Herrera Ramirez		2012	Nicaragua	Utilización de plantas de Amarantho como alternativa de fitorremediacion en suelos contaminados con plaguicidas organoclorados en la comunidad La Tejana, municipio el viejo, departamento de Chinandega en el periodo 2007 - 2009		Amaranthus cruentus mexicano (Kwicha) Amaranthus caudatus peruano Amaranthus cruentus don león			Parlar 44, parlar 50, Parlar 39/40		79,16%, 48,69%,40,97% Parlar 50 = 48,69% Parlar 39/40 = 40,97% Parlar 44 = 79,16% Parlar 50 = 48,69% Parlar 39/40 = 40,97% Parlar 44 = 79,16% Parlar 50 = 48,69% Parlar 39/40 = 40,97%	
Divino, et al		2020	EEUU	Phytoremediation and Bioremediation of Pesticide-Contaminated Soil		M.x giganteus (piñ)		Organoclorados	DDT		76,9 %	
Ndubueze		2018	EEUU	Potential of Five Plant Species for Phytoremediation of MetalPAH-Pesticide Contaminated Soil	Arena arcillosa	Alfalfa, mostaza india, Girasol		Organoclorados	DDT		40, 38,30	
Mielke et al		2020		FITORREMEDIACIÓN: TÉCNICA APLICADA A LA RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS CONTAMINADOS POR PLAGUICIDAS.	Franco arenoso	Canavalia ensiformis	Bradyrhizobium sp		sulfentrazona			65