

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“EFICIENCIA DE *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS”:
una revisión de la literatura científica de los últimos 10 años

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

Autor:

Violeta Deberlyn Quiliche Raico

Asesor:

Dra. Mariela Núñez Figueroa

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres por haberme enseñado a nunca darme por vencida y perseguir mis sueños hasta alcanzarlos. Por su apoyo y amor incondicional, por inculcarme los mejores valores de la vida, por darme los mejores años de mi vida, por eso este trabajo es dedicado a ellos, por estar siempre en los momentos más importantes. Cada triunfo en mi vida está dedicado a ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mis padres por apoyarme durante estos años de universidad y haberme guiado por el camino de la vida. Agradecerles por estar siempre junto a mí y permitirme concluir una meta más.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS	14
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	35
CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN	36
REFERENCIAS.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Artículos de investigación seleccionados para el estudio de revisión sistemática.....	14
Tabla 2 Artículos científicos seleccionados según año de publicación	20
Tabla 3 Artículos científicos seleccionados según el país de origen	22
Tabla 4 Artículos científicos según el idioma de publicación	25
Tabla 5 Artículos científicos según el repositorio virtual	26
Tabla 6 Artículos científicos según las palabras claves de búsqueda	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Artículos científicos seleccionados según año de publicación	21
Gráfico 2	Artículos científicos seleccionados según el país de origen	23
Gráfico 3	Artículos científicos según el idioma de publicación	25
Gráfico 4	Artículos científicos según el repositorio virtual.....	27
Gráfico 5	Artículos científicos según las palabras claves de búsqueda.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Países de origen de los artículos seleccionados para la revisión sistemática

.....24

RESUMEN

La presente revisión sistemática se realizó para conocer más acerca de la eficiencia de *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) R.King & H.Rob. en su aplicación en suelos contaminados por metales pesados, estas especies, mediante el método de fitorremediación ofrecen una alternativa sostenible para solucionar problemas de contaminación en el suelo.

Para ello se ha seleccionado toda la información necesaria que sea de utilidad para ofrecer una información clara y concisa, es así que se escogieron 25 artículos de cinco repositorios y buscadores virtuales (Google Académico, ScienceDirect, Springer Link, Taylor & Francis y Redalyc), los cuales pertenecen a 19 países y están publicados en los idiomas español e inglés. Es así, que se ha tenido como objetivo conocer la eficiencia de *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) R.King & H.Rob. para la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados en los últimos 10 años (2010 – 2020). Es así que estudios realizados a *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) R.King & H.Rob. muestran su eficiencia para la fitorremediación de metales pesados, principalmente cadmio y plomo, de los cuales se han realizado más estudios, asimismo se considera que si estas plantas trabajan asociadas a otras plantas, microorganismos o enmiendas se obtienen mejores resultados. De esta manera se concluye que las dos especies estudiadas, ambas pertenecientes a la familia de Asteraceae son eficientes para la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados según los diversos estudios encontrados dentro del periodo 2010 – 2020.

PALABRAS CLAVES: *Helianthus annuus*, *Chromolaena odorata*, fitorremediación, metales pesados

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1970 se ha ido reconociendo la habilidad de las plantas para limpiar aguas y suelos contaminados. Sin embargo, es desde los años 90 que surgió el concepto de fitorremediación.

Se define a la fitorremediación como una “nueva tecnología simple, respetuosa y rentable con nuestro ambiente, además se considera rápida para eliminar metales pesados tóxicos y otros contaminantes que se puedan relacionar al suelo” (Khalid *et al.*, 2014).

Los problemas relacionados con la contaminación por metales pesados están muy dilatados y son peculiares en países en desarrollo. Es así que en un estudio realizado en Zambia donde se evaluó la efectividad del girasol (*Helianthus annuus* L.), para sustraer el plomo del suelo. Los suelos contaminados con plomo fueron recolectaron de Kabwe un lugar cercano a una antigua mina de plomo. Los resultados mostraron que la alta concentración de plomo en el suelo, trae como consecuencia un pobre crecimiento de las plantas, así como el bajo rendimiento de biomasa y un aumento de la acumulación de plomo en el tejido de la planta (Hamvumba *et al.*, 2014).

Por otro lado, en un estudio realizado en la India se encontró que *Helianthus annuus* L. presentó concentraciones de (575 $\mu\text{g g}^{-1}$ DW) en las raíces y (135 $\mu\text{g g}^{-1}$ DW) en los brotes, además de acumular Pb después de 28 días de exposición. De esta manera los datos respaldan la capacidad de *H. annuus* L. para acumular y tolerar una cantidad considerable de Pb. Esto debido a que la planta tiene la capacidad de combatir el estrés oxidativo producido por metales a través de una síntesis significativa de NP-SH, GSH y una alta actividad de GR, ya que proporcionaría suficiente GSH no solo para la síntesis de PC sino que también para la función antioxidante (Seth *et al.*, 2011).

Igualmente, en un estudio realizado en Nigeria, donde investigaron a *Helianthus annuus*, por su potencial para eliminar metales pesados del suelo. Los contaminantes que se agregaron en su experimento fueron nitrato de plomo y nitrato de zinc a 400 mg / kg. Este experimento mostró que estas plantas son capaces de acumular Pb y Zn sustanciales en sus hojas y tallos a las 4 semanas, sin embargo, esto disminuyó con el tiempo (Adesodun *et al.*, 2010).

Para el ámbito nacional, se encontraron resultados donde la especie *Helianthus annuus* obtuvo como resultado de absorción de metales pesados de 14.72 ppm para plomo y 1.83 ppm para cadmio en su biomasa radicular (Grandez, 2017).

Asimismo, en un estudio realizado en Ghana para la especie de *Chromolaena odorata* se encontró que la adaptabilidad de esta especie de planta, la cual está considerada como autóctona al estrés por metales pesados brinda información útil para su explotación selectiva en la fitorremediación de pasivos ambientales mineros (Fati, 2011).

Finalmente, en un estudio que tuvo lugar en Venezuela se identificó a la especie *Chromolaena odorata* en fosas petroleras las cuales están ubicadas en sabanas bien drenadas del oriente del país de Venezuela. Por esto, se ha asociado a esta especie y a otras de las fosas petroleras con capacidad para ser utilizadas en trabajos de fitorremediación de suelos que presenten contaminación por hidrocarburos de petróleo (Hernández-valencia *et al.*, 2017).

Con los antecedentes antes mencionados el presente trabajo tiene la importancia de dar a conocer una alternativa sostenible de remediación para suelos contaminados por metales pesados. Además, en este estudio se describe información acerca de la eficiencia de *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) especie perteneciente a la familia de Asteraceae, para su posible aplicación en futuros tratamientos de remediación. Asimismo,

con este estudio se busca dar soluciones a problemas de contaminación en suelos por la presencia y altas concentraciones de metales pesados, causados por las diferentes actividades antropogénicas dadas a lo largo de la historia.

Dicho esto, en este estudio se busca responder a la siguiente pregunta, ¿Es eficiente el uso de las especies *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) R.King & H.Rob. para la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados en los últimos 10 años?

En este sentido, el objetivo de la presente revisión sistemática es conocer la eficiencia de *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) R.King & H.Rob. para la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados en el periodo 2010 - 2020.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El presente estudio de revisión sistemática de la literatura, se define como; una recopilación de la evidencia de la cual se dispone, además en el que se realiza una revisión de aspectos cualitativos y cuantitativos de estudios, esto con la finalidad de resumir la información ya existente relacionada a un tema en particular, donde el investigador después de recolectar los artículos de utilidad; los analizan, y comparan toda la evidencia que puedan aportan con la de otros (Arias *et al.*, 2011).

La pregunta de investigación establecida es la siguiente; ¿Es eficiente el uso de las especies *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) R.King & H.Rob. para la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados en los últimos 10 años?

Para la presente investigación se incluyeron estudios cuyos países de origen sea cualquiera a nivel mundial. Asimismo, estas publicaciones debieron encontrarse dentro del periodo 2010 – 2020. Además, en el aspecto de idiomas solo fueron considerados los artículos publicados en los idiomas español e inglés. De esta manera, para la selección adecuada de dichos artículos se tuvo en cuenta que sean de alto interés para el estudio. Se descartaron aquellos estudios con una baja relación con el tema, o aquellos que se encontraban fuera del periodo de años establecida o publicaciones que no pertenecían al idioma español o inglés. De esta manera, se fueron seleccionando o descartando uno a uno los artículos. Estos criterios de inclusión y exclusión fueron establecidos con el fin de asegurar una información actual y de interés para el desarrollo de la presente revisión.

Las fuentes de información con las que se trabajó fueron repositorios y buscadores virtuales especializados en la búsqueda de contenido científico-académico. Para ello, se usaron 5 fuentes de obtención de información como lo son; Google Académico, ScienceDirect, Springer Link, Taylor & Francis y Redalyc. De estas cinco fuentes se

obtuvieron un total de 4134 artículos de los cuales solo se seleccionaron 25 artículos, los que presentaron una relación más íntima con el tema de estudio.

La estrategia de búsqueda de información para esta revisión sistemática, la cual se aplicó en los cinco buscadores, fue el uso de diferentes filtros en la búsqueda, para los años se estableció periodos entre los años 2010 – 2020. De igual modo, se usaron el conjunto de palabras claves, las cuales fueron; “*Helianthus annuus* para la fitorremediación de metales pesados”, “*Helianthus annuus* phytoremediation”, “*Chromolaena odorata* for phytoremediation of heavy metals” y “*Chromolaena odorata* para la fitorremediación” Asimismo, el idioma establecido para la búsqueda fue español e inglés.

Para la clasificación se seleccionaron solo aquellos que presentaban los criterios antes mencionadas. Asimismo, la lista de artículos científicos incluidos en este estudio fue guardada en una base de datos de elaboración propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Para el presente trabajo de revisión sistemática se seleccionaron 25 artículos. Para empezar, en el buscador de Google Académico se encontraron 1531 artículos relacionados al tema, sin embargo, después de aplicar los filtros establecidos se escogieron 12. De la misma forma, en el repositorio de Taylor & Francis se encontraron 846 artículos relacionados al tema, sin embargo, después de aplicar los filtros establecidos se escogieron 5 artículos. De igual modo, en el repositorio de Springer Link se encontraron 579 artículos relacionados al tema, sin embargo, después de aplicar los filtros establecidos se escogieron 4 artículos. Mientras tanto, en el repositorio de ScienceDirect se encontraron 641 artículos relacionados al tema, sin embargo, después de aplicar los filtros establecidos se escogió 3 artículo. Finalmente, en el repositorio de Redalyc se encontraron 537 artículos relacionados al tema, sin embargo, después de aplicar los filtros establecidos se escogió 1 artículo, haciendo un total de 25 artículos los que contenían información sobresaliente acerca de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados.

Tabla 1

Artículos de investigación seleccionados para el estudio de revisión sistemática

Autores	Título	País	Idioma	Repositorio virtual	Palabras Clave de búsqueda
Seth et al. (2011)	EDTA-enhanced lead phytoremediation in sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) hydroponic culture	India	Ingles	Springer Link	Helianthus annus phytoremediation
Marques et al. (2013)	Inoculating <i>Helianthus annuus</i> (sunflower) grown in zinc and cadmium contaminated soils with plant growth promoting bacteria – Effects on phytoremediation strategies	Portugal	Ingles	ScienceDirect	Helianthus annus phytoremediation
Adesodun et al. (2010)	Phytoremediation Potentials of Sunflowers (<i>Tithonia diversifolia</i> and <i>Helianthus annuus</i>) for Metals in Soils Contaminated with Zinc and Lead Nitrates	Nigeria	Ingles	Springer Link	Helianthus annus phytoremediation
Hamvumba et al. (2014)	Evaluation of Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.), Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> L.) and Chinese Cabbage (<i>Brassica chinensis</i>) for Phytoremediation of Lead Contaminated Soils	Zambia	Ingles	Google Académico	Helianthus annus phytoremediation

Mohammadzadeh et al. (2014)	Effects of nickel and PGPBs on growth indices and phytoremediation capability of sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Iran	Ingles	Taylor & Francis	<i>Helianthus annuus</i> phytoremediation
Forte & Mutiti (2017)	Phytoremediation Potential of <i>Helianthus annuus</i> and <i>Hydrangea paniculata</i> in Copper and Lead-Contaminated Soil	Georgia	Ingles	Springer Link	<i>Helianthus annuus</i> phytoremediation
Alaboudi et al. (2018)	Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (<i>Helianthus annuus</i>) plant	Australia	Ingles	ScienceDirect	<i>Helianthus annuus</i> phytoremediation
Mani et al. (2012)	Phytoremediation potential of <i>helianthus annuus</i> l in sewage-irrigated indo-gangetic alluvial soils	India	Ingles	Taylor & Francis	<i>Helianthus annuus</i> phytoremediation
Mukhtar et al. (2010)	Potential of sunflower (<i>helianthus annuus</i> l.) For phytoremediation of nickle (ni) and lead (pb) contaminated water	Pakistan	Ingles	Google Académico	<i>Helianthus annuus</i> phytoremediation
Cutright et al. (2010)	Simultaneous Hyperaccumulation of Multiple Heavy Metals by <i>Helianthus Annuus</i> Grown in a Contaminated Sandy-Loam Soil	Estados Unidos	Ingles	Taylor & Francis	<i>Helianthus annuus</i> phytoremediation

Liduino et al. (2018)	Biosurfactant-assisted phytoremediation of multi-contaminated industrial soil using sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Brasil	Ingles	Taylor & Francis	<i>Helianthus annuus</i> phytoremediation
Fulekar (2016)	Phytoremediation of Heavy Metals by <i>Helianthus annuus</i> in Aquatic and Soil environment	India	Ingles	Google Académico	<i>Helianthus annuus</i> phytoremediation
Govarthanan et al. (2018)	Myco-phytoremediation of arsenic- and lead-contaminated soils by <i>Helianthus annuus</i> and wood rot fungi, <i>Trichoderma</i> sp. isolated from decayed Wood	República de Corea	Ingles	ScienceDirect	<i>Helianthus annuus</i> phytoremediation
Chico-Ruiz et al. (2012)	Capacidad remediadora de la raíz de girasol, <i>Helianthus annuus</i> , cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo	Perú	Español	Google Académico	<i>Helianthus annuus</i> para fitorremediación de metales pesados
Gutiérrez-Espinoza et al. (2011)	Germinación del girasol silvestre (<i>Helianthus annuus</i> L.) en presencia de diferentes concentraciones de metales	México	Español	Google Académico	<i>Helianthus annuus</i> para fitorremediación de metales pesados

Atagana (2011)	Biorremediación de la co-contaminación de petróleo crudo y metales pesados en el suelo por fitorremediación utilizando <i>Chromolaena odorata</i> (L) King & HE Robinson	Sudáfrica	Ingles	Springer Link	Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals
Hamzah et al. (2012)	Siam weed (<i>Chromolaena odorata</i> L.) for phytoremediation of artisanal gold mine tailings	Indonesia	Ingles	Google Académico	Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals
Fati (2011)	Phytoremediation of heavy metal contaminated soil using <i>Chromolaena odorata</i> and <i>Lantana camara</i>	Ghana	Ingles	Google Académico	Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals
Hamzah et al. (2016)	Phytoremediation of Cadmium-contaminated agricultural land using indigenous plants	Indonesia	Ingles	Google Académico	Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals

Jampasri et al. (2016)	Phytoremediation of fuel oil and lead co-contaminated soil by <i>Chromolaena odorata</i> in association with <i>Micrococcus luteus</i>	Tailandia	Ingles	Taylor & Francis	Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals
Bansah & Addo (2016)	Phytoremediation Potential of Plants Grown on Reclaimed Spoil Lands	Ghana	Ingles	Google Académico	Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals
Ikhajiagbe & Akindolor (2016)	Comparative effects of pretreatment of stem cuttings of <i>Chromolaena odorata</i> (Siam weed) with sodium azide and hydroxylamide on the survival and phyoremediative performance in an oil-polluted soil	Benin	Ingles	Google Académico	Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals
Oseni et al. (2018)	Phytoremediation Potential of <i>Chromolaena odorata</i> (L.) King and Robinson (Asteraceae) and <i>Sida acuta</i> Burm. f. (Malvaceae) Grown in lead-Polluted Soils	Nigeria	Ingles	Google Académico	Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals

Grandez (2017)	Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del río Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol (<i>Helianthus annuus</i>) y maíz (<i>Zea mays</i>) usando enmiendas	Perú	Español	Google Académico	<i>Helianthus annuus</i> para fitorremediación de metales pesados
Hernández-valencia <i>et al.</i> (2017)	Plantas asociadas a suelos contaminados adyacentes a fosas petroleras ubicadas en los llanos orientales de Venezuela	Venezuela	Español	Redalyc	<i>Chromolaena odorata</i> para fitorremediación

En la tabla 1 se muestran todos los estudios seleccionados para el desarrollo de la presente revisión sistemática, siendo 25 los artículos elegidos exactamente, asimismo en la tabla podemos observar los títulos, autores, año de publicación, país de origen, idioma, repositorio virtual y las palabras claves de búsqueda que se emplearon.

Tabla 2

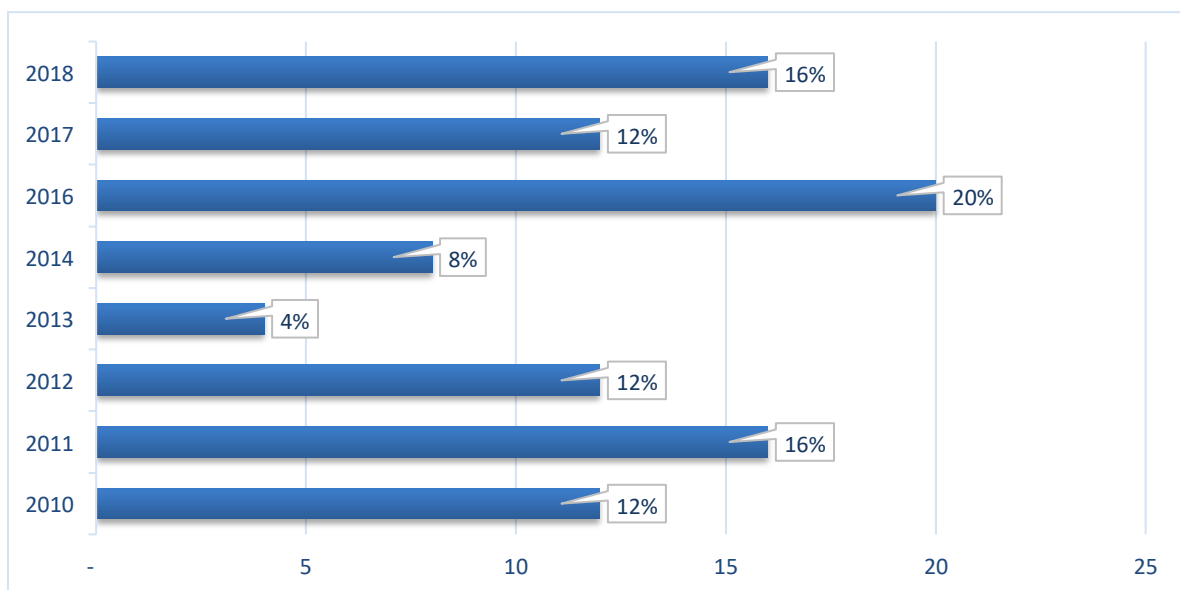
Artículos científicos seleccionados según año de publicación

Año	N° Artículos	Porcentaje
2010	3	12
2011	4	16
2012	3	12
2013	1	4
2014	2	8
2016	5	20
2017	3	12
2018	4	16
Total	23	100

En la tabla 2 los estudios elegidos estuvieron dentro del periodo 2010-2020, los estudios del año 2016 son los que más cantidad de artículos tiene, teniendo una cantidad de 5 artículos, le sigue las publicaciones de los años 2018 y 2011 con 4 artículos cada uno. Luego están las publicaciones de los años 2010, 2012 y 2017 con 3 artículos cada una. Después tenemos las publicaciones de 2014 con 2 artículos y finalmente las publicaciones realizadas en el año 2013 con 1 artículo exactamente.

Gráfico 1

Artículos científicos seleccionados según año de publicación



En el gráfico 3 observamos que los estudios elegidos estuvieron dentro del periodo 2010-2020, los estudios del año 2016 son los que más cantidad de artículos tiene, siendo representado por el 20 %, le sigue las publicaciones de los años 2018 y 2011 representadas por un 16 %, luego está las publicaciones de 2010, 2012 y 2017 con 12 % cada una. Después tenemos las publicaciones de 2014 con 8 % y finalmente las publicaciones realizadas en el año 2013 con 4% exactamente.

Tabla 3

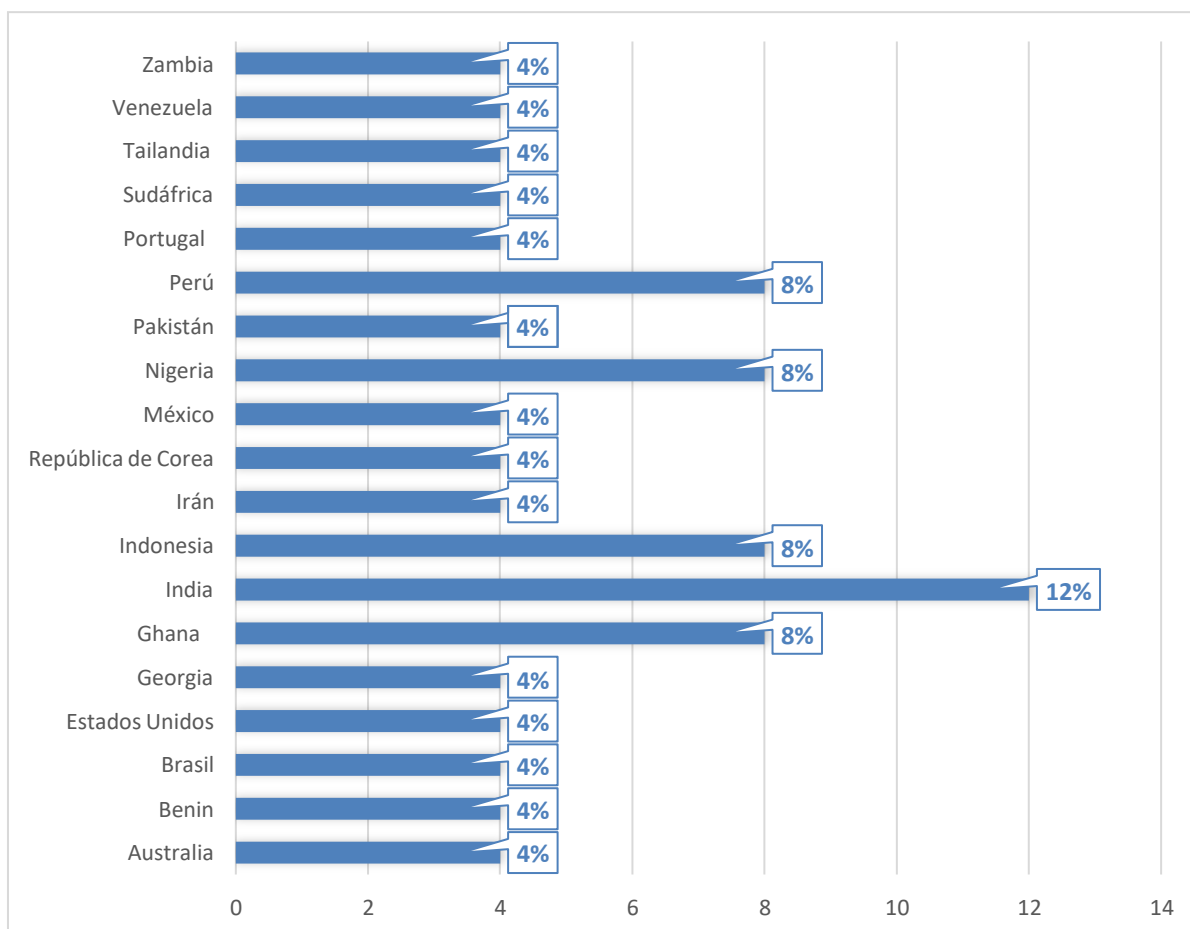
Artículos científicos seleccionados según el país de origen

País	N° Artículos	Porcentaje
Australia	1	4
Benín	1	4
Brasil	1	4
Estados Unidos	1	4
Georgia	1	4
Ghana	2	8
India	3	12
Indonesia	2	8
Irán	1	4
República de Corea	1	4
México	1	4
Nigeria	2	8
Pakistán	1	4
Perú	2	8
Portugal	1	4
Sudáfrica	1	4
Tailandia	1	4
Venezuela	1	4
Zambia	1	4
Total	25	100

En la tabla 3 se muestran los artículos según el país de origen, haciendo un total de 19 países donde se realizaron los diferentes estudios, es así que, India es el país con mayor número de artículos elegidos, teniendo un total de 3 artículos, le sigue Ghana, Indonesia, Nigeria y Perú con 2 artículos seleccionados cada uno. Finalmente, los países de; Australia, Benín, Brasil, Estados Unidos, Georgia, Irán, República de Corea, México, Pakistán, Venezuela, Portugal, Sudáfrica, Tailandia y Zambia con 1 artículo seleccionados cada uno.

Gráfico 2

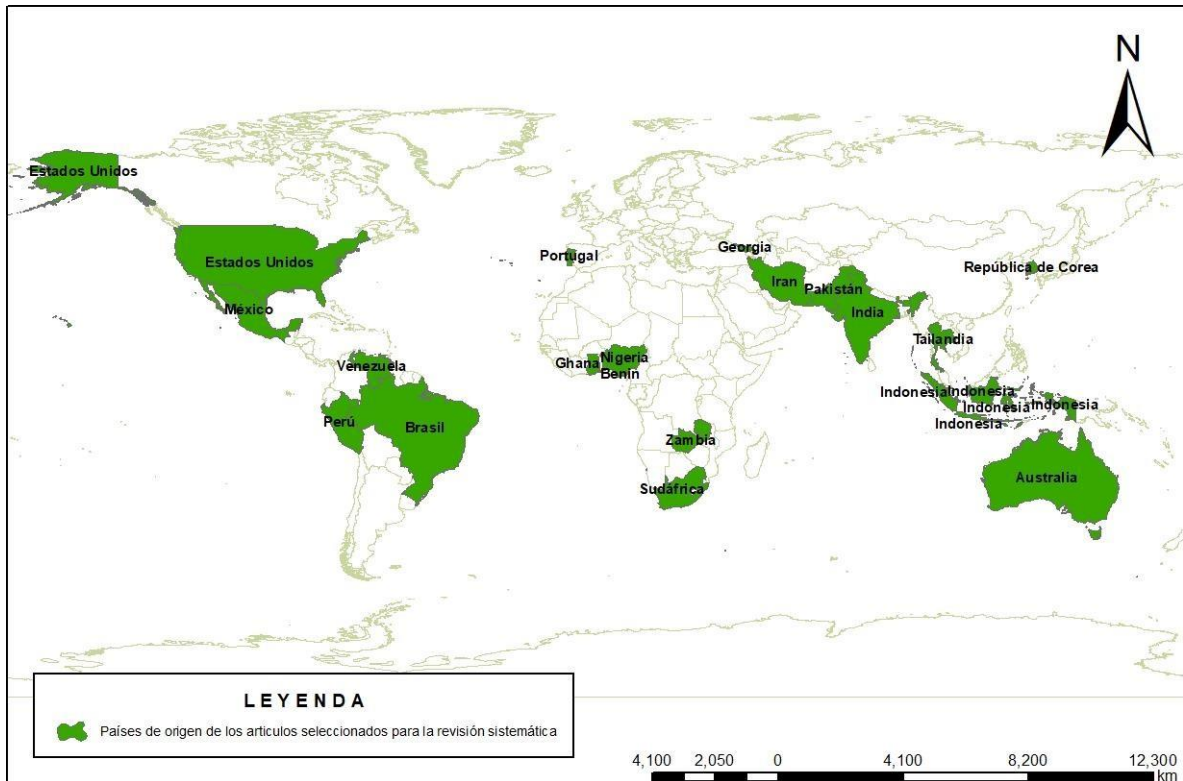
Artículos científicos seleccionados según el país de origen



En el gráfico 2 se muestran los artículos según el país de origen, haciendo un total de 19 países donde se realizaron los diferentes estudios, es así que, India es el país con mayor número de artículos elegidos, siendo representada con un 12%, le sigue Ghana, Indonesia, Nigeria y Perú con un 8 % de artículos seleccionados. Finalmente, los países de; Australia, Benín, Brasil, Estados Unidos, Georgia, Irán, República de Corea, México, Pakistán, Venezuela, Portugal, Sudáfrica, Tailandia y Zambia están representados por el 4% de artículos seleccionados.

Figura 1

Países de origen de los artículos seleccionados para la revisión sistemática



En la Figura 1 observamos la distribución en el mundo de los países en donde se realizaron los estudios para la presente revisión sistemática.

Tabla 4

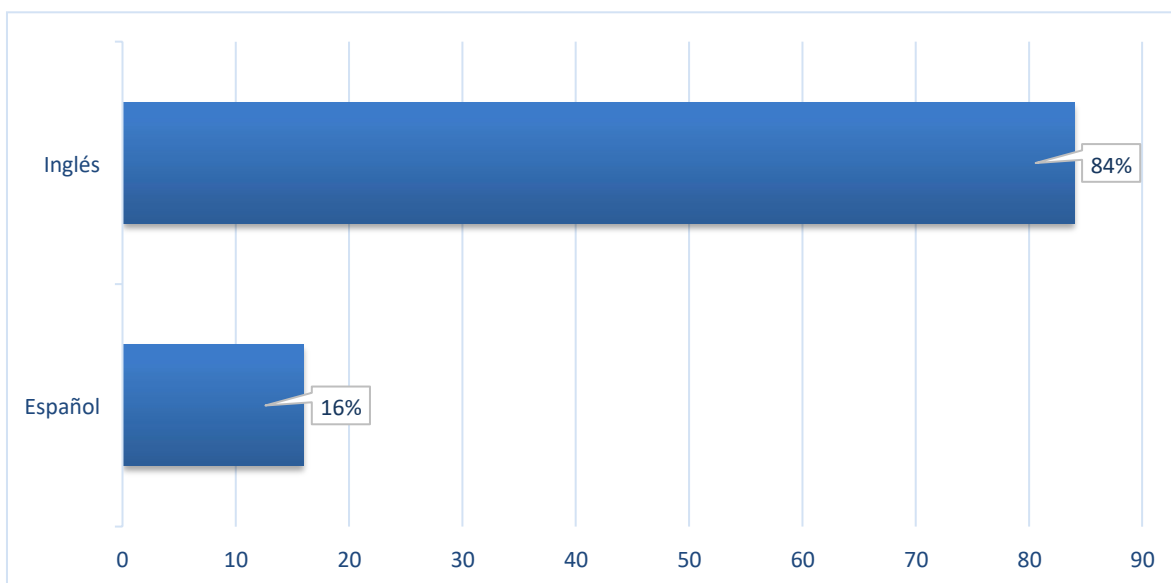
Artículos científicos según el idioma de publicación

Idioma	N° Artículos	Porcentaje
Español	4	16
Inglés	21	84
Total	25	100

En la tabla 4 se muestran los idiomas de los artículos elegidos que fueron español e inglés, para el idioma español se seleccionaron 4 artículos y para el idioma inglés se seleccionaron 21 artículos.

Gráfico 3

Artículos científicos según el idioma de publicación



En el gráfico 3 se muestran los idiomas de los artículos elegidos que fueron español e inglés en donde los artículos en el idioma español representan el 16% y los artículos en el idioma inglés representan el 84%.

Tabla 5

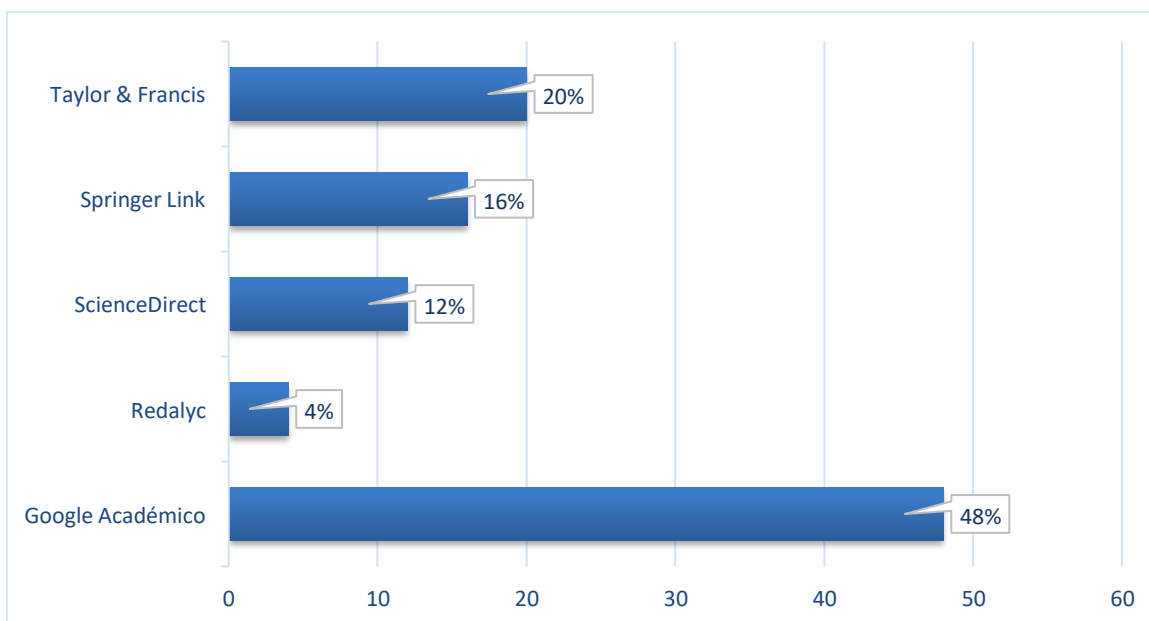
Artículos científicos según el repositorio virtual

Repositorio virtual	N° Artículos	Porcentaje
Google Académico	11	48
Redalyc	1	4
ScienceDirect	3	12
Springer Link	4	16
Taylor & Francis	5	20
Total	25	100

En la tabla 5 se muestran los resultados de la cantidad de artículos elegidos en cada repositorio. De Google Académico se eligieron 12 artículos. De ScienceDirect se eligieron 3 artículos. De Springer Link se eligieron 4 artículos. De Taylor y Francis se eligieron 5 artículos. Finalmente, de Redalyc se seleccionó 1 artículo, haciendo un total de 25 artículos seleccionados para el estudio.

Gráfico 4

Artículos científicos según el repositorio virtual



En el gráfico 4 se observa que el repositorio de Google Académico representa el 48% de los artículos incluidos. En segundo lugar, está ScienceDirect con 12%, le sigue Springer Link con 16% de artículos seleccionados. Luego está Taylor y Francis con 20% de artículos incluidos. Finalmente, Redalyc con 4% de los artículos seleccionados

Tabla 6

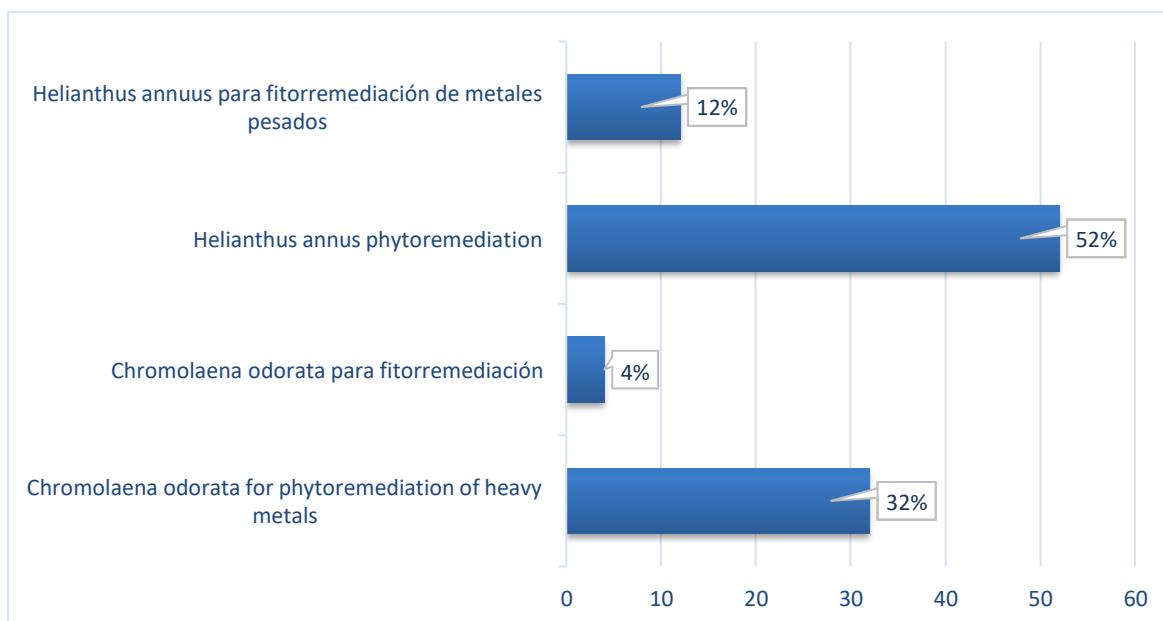
Artículos científicos según las palabras claves de búsqueda

Palabras claves	N° Artículos	Porcentaje
Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals	8	32
Chromolaena odorata para fitorremediación	1	4
Helianthus annuus phytoremediation	13	52
Helianthus annuus para fitorremediación de metales pesados	3	12
Total	25	100

En la tabla 6 se muestran los artículos seleccionados de acuerdo a las palabras claves con las que se realizaron las búsquedas, de esta manera observamos que de las búsquedas realizadas con las palabras "Chromolaena odorata for phytoremediation of heavy metals" se eligieron 8 artículos. De las búsquedas con las palabras "Helianthus annuus phytoremediation" se eligieron 13 artículos. De las búsquedas realizadas con las palabras "Helianthus annuus para fitorremediación de metales pesados" se eligieron 3 artículos. Finalmente, las búsquedas realizadas con las palabras "Chromolaena odorata para fitorremediación", se eligió 1 artículo.

Gráfico 5

Artículos científicos según las palabras claves de búsqueda



En el gráfico 5 se muestran los artículos seleccionados de acuerdo con las palabras claves con las que se realizaron las búsquedas, de esta manera observamos que las búsquedas que se realizaron con las palabras “*Chromolaena odorata* for phytoremediation of heavy metals” están representadas por un 32%. Las búsquedas con las palabras “*Helianthus annuus* phytoremediation” representan el 52%. Las búsquedas realizadas con las palabras “*Helianthus annuus* para fitorremediación de metales pesados” representan el 12%. Finalmente, las búsquedas realizadas con las palabras “*Chromolaena odorata* para fitorremediación” está representada por el 4% del total de las búsquedas con palabras claves realizadas.

Según Fulekar (2016) ha considerado que para la fitorremediación se utiliza una gran variedad de plantas con el fin de estabilizar, transferir, eliminar y/o degradar los contaminantes presentes en el ambiente, puede ser del agua o del suelo. Es así, que ofrece una alternativa rentable, ecológica, segura y atractiva como técnica de limpieza

convencional, aprovechando la capacidad de ciertas especies de plantas para biorremediar (p. 392).

Además, Fati (2011) considera que "las plantas a utilizar deben ser elegidas cuidadosamente para la recuperación de suelos contaminados".

Por otro lado, Cutright *et al.* (2010) nos dice que la fitorremediación es una tecnología prometedora para el tratamiento de contaminación que se deriva de los derrames de metales pesados. Es así que, Chico-Ruiz *et al.* (2012) mencionan que con la fitorremediación podemos captar metales contaminantes por las raíces de las diferentes plantas, metales que luego se acumulan en tallos y hojas. Las plantas seleccionadas se pueden emplear para sustraer los metales de sedimentos, del suelo y del agua. Asimismo, entre los tipos de fitorremediación encontramos la fitoextracción la cual según Alaboudi *et al.* (2018) es una biotecnología emergente para lograr una remediación beneficiosa que se vale de las plantas para eliminar del suelo los metales que contaminan, además, se considera eficiente.

En un estudio realizado en Australia obtuvieron como resultados que *H. annuus* presenta la capacidad de almacenar plomo y cadmio en sus tejidos. Sin embargo, la acumulación de cadmio en el brote de *H. annuus* fue más favorable que el Pb. El valor del factor de bioconcentración para Cd fue superior a 1 para los tratamientos de cadmio por debajo de 20 mg kg^{-1} esto indica su capacidad para la acumulación de iones metálicos. Además, el factor de bioconcentración de Pb para diferentes tratamientos no sobrepasó 1. El factor de translocación resalta la capacidad de *H. annuus* para acumular enormes cantidades de Cd frente al Pb. Sin embargo, se necesitan más estudios para investigar la eficiencia de la fitorremediación de *H. annuus* para metales pesados (Alaboudi *et al.*, 2018, p. 123).

Por otro lado, en India, un estudio realizado a *H. annuus* L., se identificó que es altamente sensible al Cr y Zn respecto a la contaminación metálica; además que puede usarse como especie indicadora. Para la fitorremediación con Cr, en el tratamiento donde se utilizó ácido húmico a 500 ml/acre produjo la acumulación de Cr en las raíces ($p < 0.007$) y en los brotes ($p < 0.015$), de esta manera se registró 3.16 y 3.21 mg / kg en los brotes y la raíz de *H. annuus* L, respectivamente. Es así que se sugiere que *H. annuus* L tiene la capacidad de bioacumular ácido húmico de suelos que se riegan con aguas residuales contaminadas con Cr a través de los procesos rizosféricos de la especie (Mani *et al.*, 2012).

Además, en un estudio realizado en Pakistán se obtuvo como resultado que la concentración y acumulación total de Pb fue más que Ni en el girasol. Es así que el estudio llegó a la conclusión que el uso del quelante sintético intensificó la absorción y la translocación de metales pesados en la biomasa y podría mejorar la fitorremediación de Ni y Pb a partir de agua contaminada (Mukhtar *et al.*, 2010).

Mientras tanto, en el ámbito nacional, en un estudio realizado por Chico-Ruiz *et al.* (2012) concluyeron que la mayor concentración en *H. annuus* se da en las raíces secundarias y que es capaz de tolerar concentraciones de 500 mg/l de plomo.

En estudios realizados a *Chromolaena odorata* (L) en Sudáfrica donde Atagana (2011) mostró en sus resultados que *C. odorata* (L) tiene la capacidad de prosperar y fitoacumular metales pesados en suelos contaminados al tiempo que facilita la eliminación del petróleo crudo contaminante. También muestra que la capacidad de la planta para mediar la extracción de petróleo crudo en el suelo contaminado no se ve afectada significativamente por las concentraciones de metales en el suelo.

Por otro lado, Hamzah *et al.* (2012) en su estudio realizado en Indonesia notaron que la absorción total de Hg en plantas de *Chromolaena odorata* varió de 5.8 a 8.7 mg kg⁻¹ y Pb de 55 a 61 mg kg⁻¹ en los sustratos modificados.

Asimismo, en un estudio realizado por Hamzah *et al.* (2016) en la ciudad de Batu, Java Oriental, Indonesia, en un centro de producción agrícola. Obtuvieron como resultado del análisis que las reducciones de Cd por *Chromolaena odorata* fue del 22.1%.

Sin embargo, en un estudio realizado en Tailandia por Jampasri *et al.* (2016) donde investigaron la eliminación simultánea de TPH y Pb en un experimento que se llevó a cabo en maceta durante un periodo de 90 días. Consiguieron resultados donde *C. odorata* junto con *M. luteus* y diferentes microorganismos de la rizosfera es considerado un buen candidato que promete mucho para lograr la eliminación de Pb y TPH en suelos contaminados.

Del mismo modo en un estudio realizado en Ghana por Bansah & Addo (2016), se encontró que *Chromolaena odorata*, presentó concentraciones de acumulación significativas de metales pesados y se considera adecuada para la limpieza de sitios contaminados con hierro, cobre, plomo, manganeso y cadmio (p. 67).

Por otro lado, en un estudio realizado en Benín donde Ikhajiagbe & Akindolor (2016) utilizaron *Chromolaena odorata* expuesta a NaN₃ y NH₂. Los resultados que obtuvieron mostraron que se presentó una disminución significativa en los componentes del suelo con presencia de metales pesados e hidrocarburos poli aromáticos. Asimismo, la eficiencia de remediación de hidrocarburos poli aromáticos fue más alta (89.88 - 90.99%).

Finalmente, en un estudio realizado en Nigeria por Oseni *et al.* (2018) donde se estudió las habilidades de *Chromolaena odorata* para translocar y bioacumular plomo. Su experimento tuvo una combinación factorial de plomo a 5 niveles de concentraciones en un

estudio totalmente al azar. Los resultados obtenidos mostraron que el uso del fertilizante orgánico mejoró ampliamente la biodisponibilidad de Pb, ya que todas las plantas analizadas presentaron una mayor absorción de Pb. Las plantas se adueñaron fácilmente de las concentraciones de plomo del suelo y se retuvieron en la raíz y solo una pequeña porción se translocó a los brotes (p. 355).

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

Con la revisión de la literatura científica realizada hemos encontrado que las dos especies estudiadas muestran eficiencia para la absorción de diferentes metales expuestas a contaminantes en diferentes concentraciones y en diferentes lugares.

De esta manera, y de acuerdo con la revisión sistemática de literatura científica tenemos que, los resultados obtenidos por Alaboudi *et al.* (2018) *H. annuus* presenta la capacidad de almacenar cadmio en sus tejidos. Alaboudi *et al.* (2018) y Chico-Ruiz *et al.* (2012) concluyeron que la mayor concentración de plomo en *H. annuus* se da en las raíces secundarias. Mani *et al.* (2012) sugiere que *H. annuus* L tiene la capacidad de bioacumular ácido húmico de suelos que se riegan con aguas residuales contaminadas con Cr. Mukhtar *et al.* (2010) el uso del quelante sintético intensifica la absorción y la translocación de metales pesados en la biomasa.

Por otro lado, en los resultados sostenidos por Jampasri *et al.* (2016), Hamzah *et al.* (2012), Oseni *et al.* (2018) y Bansah & Addo (2016) *Chromolaena odorata* está considerada como un buen candidato para la eliminación de plomo y otros metales de sitios contaminados. Estos autores también mencionan que el uso de fertilizante orgánico mejora ampliamente la biodisponibilidad de Pb, asimismo, la relación con otras plantas y organismos rizosféricos mejora considerablemente el tratamiento.

CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN

Se concluye que las especies de *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) *R.King & H.Rob.*, ambas pertenecientes a la familia de Asteraceae son eficientes para la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados ya que según los diversos estudios encontrados dentro del periodo 2010 – 2020 muestran la capacidad de absorber metales, tales como cadmio y plomo principalmente, tanto en su parte aérea como en sus raíces, haciendo evidente la eficiencia de estas dos especies para la fitorremediación en suelos contaminados por diversos metales pesados. Asimismo, los metales más estudiados son el plomo y cadmio, además se considera que se pueden obtener mejores resultados cuando las plantas usadas en este método trabajan asociadas a microorganismos u otras plantas o se les agrega enmiendas. La fitorremediación es una biotecnología que cada vez tiene una mayor acogida por considerarse sostenible y se espera pueda ser usada de una manera más comercial para dar solución a este tipo de problemas.

De igual manera se recomienda que para estudios futuros se tengan en cuenta más países, más repositorios virtuales e incluso muchos más idiomas con el fin de tener una visión más amplia del estudio y la aplicación de la fitorremediación con las especies *Helianthus annuus* (L.) y *Chromolaena odorata* (L.) *R.King & H.Rob.*, e incluso muchas otras especies de las cuales aún no se tienen muchos datos.

REFERENCIAS

- Adesodun, J. K., Atayese, M. O., Agbaje, T., Osadiaye, B. A., Mafe, D., & Soretire, A. A. (2010). Phytoremediation Potentials of Sunflowers (*Tithonia diversifolia* and *Helianthus annuus*) for Metals in Soils Contaminated with Zinc and Lead Nitrates. *Water, Air, and Soil Pollution*, 207(1-4), 195-201. <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0128-3>
- Alaboudi, K. A., Ahmed, B., & Brodie, G. (2018). Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. *Annals of Agricultural Sciences*, 63(1), 123-127. <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2018.05.007>
- Arias, E., Astudillo, P., Claros, N., & Manterola, C. (2011). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Atagana, H. I. (2011). Biorremediación de la co-contaminación de petróleo crudo y metales pesados en el suelo por fitorremediación utilizando *Chromolaena odorata* (L) King & HE Robinson. *Water, Air, & Soil Pollution*, 215, 261–271. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0476-z>
- Bansah, K. J., & Addo, W. K. (2016). Phytoremediation Potential of Plants Grown on Reclaimed Spoil Lands. *Ghana Mining Journal*, 16(1), 67-75. Obtenido de <https://www.ajol.info/index.php/gm/article/view/138987>
- Chico-Ruiz, J., Cerna-Rebaza, L., Rodríguez- Espejo, M., & Guerrero-Padilla, M. (2012). Capacidad remediadora de la raíz de girasol,. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas*, 32(2), 13-19. Obtenido de

https://www.researchgate.net/profile/Julio_Chico2/publication/327212302_Remedial_capacity_of_sunflower_root_when_submitted_to_different_concentrations_of_lead/links/5b806493a6fdcc5f8b647d80/Remedial-capacity-of-sunflower-root-when-submitted-to-different-c

Cutright, T., Gunda, N., & Kurt, F. (2010). Simultaneous Hyperaccumulation of Multiple Heavy Metals by *Helianthus Annuus* Grown in a Contaminated Sandy-Loam Soil. *International Journal of Phytoremediation*, 12(6), 562-573.
<https://doi.org/10.1080/15226510903353146>

Fati, A. (2011). Phytoremediation of heavy metal contaminated soil using *Chromolaena odorata* and *Lantana camara*. *tesis presentada a la Facultad de Estudios de Posgrado*. Ghana.
http://ir.knust.edu.gh/bitstream/123456789/4714/1/AZIZ%20FATI_.pdf

Forte, J., & Mutiti, S. (2017). Phytoremediation Potential of *Helianthus annuus* and *Hydrangea paniculata* in Copper and Lead-Contaminated Soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(2). <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3249-0>

Fulekar, M. (2016). Phytoremediation of Heavy Metals by *Helianthus annuus* in Aquatic and Soil environment. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(7), 392-404. Obtenido de <https://www.ijcmas.com/5-7-2016/M.%20H.%20Fulekar.pdf>

Govarathan, M., Mythili, R., Selvankumar, T., Kamala-Kannan, S., & Kim, H. (2018). 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, 151, 279-784.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.020>

Grandez Argomeda, M. G. (2017). "Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del río mantaro, junin, mediante fitorremediación con girasol (*helianthus annus*) y maíz (*zea mays*) usando enmiendas". *Tesis para título profesional de: ingeniería ambiental*.

Lima, Perú. Obtenido de

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3537/Grandez_AMGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gutiérrez-Espinoza, L. R., Melgoza-Castillo, A., Alarcón-Herrera, M. T., Ortega-Gutiérrez,

J. A., Prado-Tarango, D. E., & Cedillo-Alcantar, M. E. (2011). Germinación del girasol silvestre (*Helianthus annuus* L.) en presencia de diferentes concentraciones de metales. *Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal*, 2(1), 49-6. Obtenido de

https://www.researchgate.net/profile/Maria_Alarcon-Herrera/publication/267298061_Germinacion_del_girasol_silvestre_Helianthus_annuus_L_en_presencia_de_diferentes_concentraciones_de_metales/links/55988edd08ae21086d23703c/Germinacion-del-girasol-silvestre-H

Hamvumba, R., Mataa, M., & Mweetwa, A. (2014). Evaluation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.), Sorghum (*Sorghum*). *Environment and Pollution*, 3(2), 65-73.

<http://dx.doi.org/10.5539/ep.v3n2p65>

Hamzah, A., Hapsari, R., & Wisnubroto, E. (2016). Phytoremediation of Cadmium-contaminated agricultural land using indigenous plants. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 2(1), 8-14. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Erwin_Wisnubroto/publication/324744062_Phytoremediation_of_Cadmium-](https://www.researchgate.net/profile/Erwin_Wisnubroto/publication/324744062_Phytoremediation_of_Cadmium-contaminated_agricultural_land_using_indigenous_plants)

contaminated_agricultural_land_using_indigenous_plants/links/5adfdb3aca272fda
f8b5239/Phytoremediation-of-Cadmium-contaminated-agricultural-land-using-

Hamzah, A., Kusuma, Z., Utomo, W. H., & Guritno, B. (2012). Siam weed (*Chromolaena odorata* L.) for phytoremediation of artisanal gold mine tailings. *Journal of tropical Agriculture*, 50(1), 88-91. Obtenido de <http://www.jtropag.kau.in/index.php/ojs2/article/view/275>

Hernández-valencia, I., Malaver, N., & Zamora, A. G. (2017). Plantas asociadas a suelos contaminados adyacentes a fosas petroleras ubicadas en los llanos orientales de venezuela. *Acta Botanica Venezuelica*, 40(1), 31-51. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/862/86254887002.pdf>

Ikhajiagbe, B., & Akindolor, A. (2016). Comparative effects of pretreatment of stem cuttings of *Chromolaena odorata* (Siam weed) with sodium azide and hydroxylamide on the survival and phyoremediative performance in an oil-polluted soil. 31, 27-39. <http://dx.doi.org/10.4314/njb.v31i1.5>

Jampasri, K., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M., Ounjai, P., & Kumsopa, A. (2016). Phytoremediation of fuel oil and lead co-contaminated soil by *Chromolaena odorata* in association with *Micrococcus luteus*. *International Journal of Phytoremediation*, 18(10), 994-1001. <https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1183568>

Khalid, H., Muhammad, S., Munir, O., & Ahmet, M. (2014). *Soil Remediation and Plants*. Obtenido de <https://www.elsevier.com/books/soil-remediation-and-plants/hakeem/978-0-12-799937-1>

Liduino, V. S., Servulo, E. F., & Oliveira, F. J. (2018). Biosurfactant-assisted phytoremediation of multi-contaminated industrial soil using sunflower (*Helianthus*

- annuus* L.). *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 53(7), 609616.
<https://doi.org/10.1080/10934529.2018.1429726>
- Mani, D., Sharma, B., Kumar, C., Pathak, N., & Balak, S. (2012). Phytoremediation potential of *helianthus annuus* l in sewage-irrigated indo-gangetic alluvial soils. *International Journal of Phytoremediation*, 14(3), 235-246.
<https://doi.org/10.1080/15226514.2010.498844>
- Marques, A., Moreira, H., Franco, A., Rangel, A., & Castro, P. M. (2013). Inoculating *Helianthus annuus* (sunflower) grown in zinc and cadmium contaminated soils with plant growth promoting bacteria – Effects on phytoremediation strategies. *Chemosphere*, 92(1), 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.02.055>
- Mohammadzadeh, A., Tavakoli, M., Chaichi, M. R., & Motesharezaadeh, B. (2014). Effects of nickel and PGPBs on growth indices and phytoremediation capability of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(12), 1765-1778.
<https://doi.org/10.1080/03650340.2014.898839>
- Mukhtar, S., Bhatti, H. N., Khalid, M., Ul, H. M., & Shahzad, S. M. (2010). Potential of sunflower (*helianthus annuus* l.) For phytoremediation of nickle (ni) and lead (pb) contaminated water. *Pak. J. Bot*, 42(6), 4017-4026. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Haq_Bhatti/publication/268435748_Potential_of_sunflower_Helianthus_annuus_l_for_phytoremediation_of_nickle_Ni_and_lead_Pb_contaminated_water/links/551832c20cf2d70ee27b1856/Potential-of-sunflower-Helianthus-annuus-l-for
- Oseni, O., Dada, O., Okunlola, G., & Ajao, A. (2018). Phytoremediation Potential of *Chromolaena odorata* (L.) King and Robinson (Asteraceae) and *Sida acuta* Burm. f.

(Malvaceae) Grown in lead-Polluted Soils. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 11(4), 355-360. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Gideon_Okunlola/publication/327416727_Phytoremediation_Potential_of_Chromolaena_odorata_L_King_and_Robinson_Asteraceae_and_Sida_acuta_Burm_f_Malvaceae_Grown_in_lead-Polluted_Soils/links/5b8e2f6c299bf114b7f07622/Phytore

Seth, C. S., Misra, V., Singh, R. R., & Zolla, L. (2011). EDTA-enhanced lead phytoremediation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hydroponic culture. *Plant and Soil*, 347(1-2), 231-242. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0841-8>