

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE *Urtica urens L.*
EN LOS PROCESOS DE FITORREMEDIACIÓN DE
SUELOS CONTAMINADOS POR PLOMO EN LOS
ÚLTIMOS 15 AÑOS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autora:

Violeta Deberlyn Quiliche Raico

Asesor:

M. Sc. Gladys Sandi Licapa Redolfo

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mis padres, por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida, son ellos mi mayor ejemplo y es por su apoyo que he logrado culminar una meta más.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por apoyarme durante toda mi carrera universitaria, por su paciencia y amor incondicional.

A mi asesora de tesis, M. Sc. Gladys Sandi Licapa Redolfo, por guiarme de manera propicia durante el desarrollo de la presente tesis, por su apoyo constante y por compartir sus conocimientos conmigo.

A todos los docentes a quienes tuve el gusto de conocer durante los cinco años de carrera, quienes me aportaron sus conocimientos, permitiendo formarme como profesional.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad Problemática	9
1.2. Antecedentes	10
1.3. Definiciones conceptuales	15
1.4. Formulación del problema.....	17
1.5. Objetivos	17
1.6. Hipótesis.....	18
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	20
2.1. Tipo de investigación.....	20
2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)	20
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	23
2.4. Procedimiento	24
CAPÍTULO III. RESULTADOS	26

3.1.	Concentraciones de Pb en <i>Urtica urens L.</i> después de la fitorremediación de suelos.....	26
3.2.	Remoción de plomo por <i>Urtica urens L.</i>	30
3.3.	Condiciones en las que <i>Urtica urens L.</i> presenta mayor remoción de plomo en suelos.....	33
3.4.	Tipos de fitorremediación que realiza <i>Urtica urens L.</i>	35
3.5.	Comparación de las concentraciones de Pb en suelos con los ECA de Perú y Ecuador.....	36
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		41
4.1.	Discusión.....	41
4.2.	Conclusiones.....	43
REFERENCIAS.....		44
ANEXOS.....		49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Concentraciones de plomo en hojas y raíces de <i>Urtica urens L.</i> después de la fitorremediación de suelos.....	26
Tabla 2 Concentraciones de plomo en <i>Urtica urens L.</i> después de la fitorremediación de suelos	29
Tabla 3 Porcentaje de remoción de plomo por <i>Urtica urens L.</i> después de la fitorremediación de suelos.....	30
Tabla 4 Características del tratamiento donde <i>Urtica urens L.</i> presentó mayor remoción de plomo en suelos	34
Tabla 5 Tipos de fitorremediación de la especie <i>Urtica urens L.</i> en cada estudio.....	35
Tabla 6 Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso agrícola de Perú y Ecuador.....	37
Tabla 7 Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso Residencial / Parques de Perú y Ecuador	38
Tabla 8 Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso Comercial / Industrial / Extractivo de Perú y Ecuador.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento para la selección de documentos para la investigación.....	24
Figura 2. Concentraciones de plomo en hojas y raíces de <i>Urtica urens L.</i> después de la fitorremediación de suelos.....	28
Figura 3. Concentraciones de plomo (mg/kg) en <i>Urtica urens L.</i> después de la fitorremediación de suelos.....	29
Figura 4. Porcentaje de remoción de plomo por <i>Urtica urens L.</i> después de la fitorremediación de suelos.....	32
Figura 5. Tratamientos con porcentaje de remoción de plomo mayor al 50%	35
Figura 6. Tipos de fitorremediación de la especie <i>Urtica urens L.</i>	36
Figura 7. Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso agrícola de Perú y Ecuador.....	38
Figura 8. Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso Residencial / Parques de Perú y Ecuador	39
Figura 9. Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso Comercial / Industrial / Extractivo de Perú y Ecuador.....	40

RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de *Urtica urens L.* en la fitorremediación de suelos contaminados por plomo. De este modo, el tipo de investigación fue una revisión sistemática, se utilizó la técnica de análisis documental y se recolectaron los datos más importantes en fichas de registro. De esta manera, se obtuvo como resultados que la especie presenta concentraciones de plomo tanto en las raíces, como en las hojas. En este contexto, se encontró concentraciones de plomo de hasta 510 mg/kg en las raíces y 171 mg/kg en toda la estructura de la especie. Asimismo, la remoción de plomo del suelo llegó hasta el 70% en algunos estudios, mientras que en otros no se logró una alta remoción presentando porcentajes del 0%. Por otro lado, se identificó que la especie presenta mayor concentración de plomo cuando se le añade algún tipo de abono o la densidad poblacional es alta. Además, el tipo de fitorremediación que realizó la especie fue por medio de las técnicas de fitoextracción y fitoestabilización. Finalmente, al comparar con los ECA de Perú y Ecuador se determinó que muchos de los estudios después de la fitorremediación siguieron sobrepasando los ECA de ambos países.

Palabras clave: ortiga, remediación, bioacumulación, plomo, suelos

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El plomo es un metal pesado que en el suelo representa una gran problemática cuando los niveles de concentración son altos. Muchas veces este metal está asociado a los pasivos ambientales mineros. En el Perú se han identificado 7956 Pasivos Ambientales Mineros en el año 2020. Asimismo, en la provincia de Cajamarca ese mismo año se identificaron 23 Pasivos Ambientales Mineros (Ministerio de Energía y Minas, 2020). Estas y otras actividades antropogénicas que encontramos y se desarrollan en nuestro país, Latinoamérica y el mundo entero generan muchas veces impactos ambientales negativos que pueden volverse irreparables.

En los suelos de las zonas agrícolas y urbanas, muchas veces podemos encontrar una concentración de metales considerable, los mismos que pueden ser persistentes puesto que por su naturaleza son bastante inmóviles, no obstante, también pueden ser considerablemente móviles (Sherene, 2010).

Según estudios realizados, se ha determinado que el riesgo ambiental producto de la contaminación por metales pesados, entre ellos el plomo, se presenta en suelos cercanos a grandes industrias. De esta manera, Özkul (2016) en su estudio realizado en Tunçbilek, una de las principales centrales térmicas de la ciudad de Turquía, la misma que funciona con carbón, y de donde se recogieron 50 muestras de suelo con una profundidad de 0-20 cm en las zonas aledañas de esta central térmica. Estas muestras presentaron en los suelos concentraciones de plomo de 4.8 a 58.6 mg/kg. De esta manera, se puede decir que la contaminación por metales pesados está relacionada a las grandes industrias.

Por otro lado, en un estudio realizado en Cajamarca, donde, Gonzales (2019) concluyó que la minera Buenaventura, productora de oro a tajo abierto, misma que se encuentra ubicada en el distrito de Pulan, provincia de Santa Cruz – Cajamarca, ha ocasionado problemas ambientales de alta consideración, especialmente al caserío el Cedro, contaminando a la flora, fauna, causes y ríos, modificando los ciclos naturales de dicha zona, asimismo considera que la exposición a estas sustancias ha originado daños en la salud de los residentes del lugar.

Como una alternativa para este problema se tiene a la fitorremediación, el cual es un proceso que aprovecha la capacidad de bioacumular metales pesados en diversas plantas que estabilizan, metabolizan, absorben, o acumulan contaminantes presentes en el medio ambiente. Esta técnica puede ser aplicada extensivamente y su costo es bajo (Delgadillo *et al.*, 2011).

Considerando esta situación y las bondades técnicas antes descritas de la fitorremediación y de *Urtica urens L.* el presente trabajo tiene la importancia de dar a conocer una alternativa sostenible de remediación para suelos contaminados por plomo. Por este motivo, es necesario la investigación en temas de relevancia ambiental para brindar iniciativas que mejoren la calidad ambiental, en este sentido se plantea la presente investigación que estudia la eficiencia de *Urtica urens L.*, especie perteneciente a la familia de Urticaceae, para su posible aplicación en futuros tratamientos de remediación en pasivos ambientales con presencia y altas concentraciones de plomo.

1.2. Antecedentes

En el ámbito internacional, Murtic *et al.* (2019) en su investigación evaluaron el potencial de fitoextracción de tres especies de plantas silvestres principales: ortiga

anual (*Urtica urens L.*), margarita fleabane (*Stenactis annua (L.) Ness.*) y milenrama (*Achillea millefolium L.*) que crecen espontáneamente en áreas contaminadas cerca de la central térmica en Kakanj, Bosnia y Herzegovina. Analizaron el contenido de Pb en muestras de suelo y plantas usando el método de espectrofotometría de absorción atómica. Sus resultados para suelo mostraron que la concentración inicial fue de 145.27 mg/kg para plomo. Por otro lado, la concentración final de plomo en *Urtica urens L.* fue de 0.21 mg/kg. Las especies estudiadas no mostraron una alta eficiencia en la absorción y acumulación de metales pesados de suelos contaminados, y por lo tanto estas plantas no se consideran como fitorremediadores potenciales de suelos en el área examinada. Además, los resultados del estudio confirman indudablemente el hecho de que el contenido total de metales pesados en los suelos no es un parámetro suficiente para estimar la toxicidad de plomo en los suelos y, en consecuencia, para su transferencia y acumulación en plantas.

Por otro lado, Abou *et al.* (2007) realizaron un estudio en Egipto de plantas que crecen en sitios contaminados por metales pesados para examinar el alcance y la magnitud de contaminación del suelo y para conocer la existencia de flora nativa capaz de acumular altas concentraciones de metales en su estructura. Recogieron muestras de suelos y especies de *Urtica urens L.* de ocho zonas que incluyeron el noroeste y sureste de Egipto y del Delta del Nilo. Analizaron plomo entre otros metales. Para concentraciones de plomo en el suelo encontraron 61 mg/kg y para *Urtica urens* concentración de plomo de 43 mg/kg.

Por otro lado, Buskunova & Ibulova (2019) analizaron las características de acumulación de plomo en *Urtica dioica L.* y *Urtica urens L.* Llevaron a cabo su estudio en 5 sitios de prueba. PP 1 está ubicado en las cercanías de la aldea de

Abdulkrimovo, distrito de Baimaksky; PP 2 en Ishmurzino de la región de Baymak; PP 3 - Ciudad de Baymak, región de Baymak; PP 4 - Aldea de Khasanovo, distrito de Baimaksky; PP 5 en Tavrichanka del distrito de Alsheevsky. De estos lugares extrajeron 30 plantas en total. *Urtica urens L.* presentó en sus hojas 0.016 mg/kg de plomo y en sus raíces 23.8 mg/kg de plomo. Las especies estudiadas tienen diferentes capacidades de acumular metales pesados y contener varios de ellos.

En el ámbito nacional, en un estudio realizado en la Oroya, Díaz (2017) analizó el suelo de este lugar, contaminado por emisiones de plomo del Complejo Metalúrgico Doe Run. Encontró presencia de plomo de 1119.51 mg/kg en el análisis inicial de muestra de suelo y en el análisis final la concentración del metal fue de 1010.046 mg/kg. Asimismo, la concentración final de plomo en las hojas de *Urtica Urens* fue de 84.34 mg/kg y en las raíces fue de 25.06 mg/kg, habiendo una pérdida de 0.064 mg/kg exactamente. Es así que concluyó que *Urtica urens* tiene la capacidad de acumular Pb del suelo de la Oroya, esta especie presentó para plomo un nivel de eficiencia del 10%. Esto indica que *Urtica Urens* puede acumular plomo. Asimismo, la especie presentó cambios morfológicos los cuales fueron que el crecimiento fue de 12 cm aproximadamente, además el número de hojas aumentó, teniendo 15 hojas aproximadamente por planta, esto durante dos meses. El aumento de hojas habría facilitado la absorción de plomo en las hojas. Además, se ha considerado que si *Urtica urens* está presente por más tiempo en la zona contaminada podría presentar concentraciones más altas de dicho metal.

Por su parte, Bernabé y Medina (2018) en Shiracmaca, Huamachuco, estimaron la aptitud de *Urtica urens* para fitorremediar suelos contaminados por diferentes metales pesados, entre ellos el plomo. La metodología establecida para su

estudio fue el diseño experimental, para lo cual colocaron en 4 celdas compuestas por 6 kg de suelo y estiércol de cuy, en la celda(1) colocó 1.5 kg, celda (2) 2 kg, celda (3) 2.5 kg y celda (4) no agrego abono. Despues de 15 días sembró en la celda (1) 1 planta, celda (2) 2 plantas, celda (3) 3 plantas y celda (4) 01 planta. Realizó el post análisis a los 46 días. Obtuvieron sus resultados mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica, sus resultados arrojaron concentraciones para el preanálisis de 100 mg/kg de Pb y en el postanálisis de 89, 62, 30 y 99 mg/kg de plomo, en su estudio concluyeron que a mayor densidad poblacional *Urtica urens* absorbió mayor concentraciones de plomo del suelo, además, considera que el estiércol de cuy fortifica el crecimiento de la especie.

Por otra parte, en la ciudad de Campanario, La Libertad, Marcelo (2017) realizó un estudio cuasi experimental con duración de 14 semanas, utilizó el método EPA Method 200.7, Rev.4.4. Su experimento constó de dos grupos, un grupo control y un grupo experimental con tres repeticiones. Su muestra de suelo fue de 1.5 kg. De esta manera, determinó que la concentración inicial de plomo para el grupo experimental y para el grupo control fue de 9.88 mg/kg y para cobre fue de 151.9 mg/kg. La concentración final de plomo para el grupo experimental fue 9.01 mg/kg y para el grupo control fue de 9.86 mg/kg.

Otro estudio elaborado en Lachaqui, Canta, Lima, Jara *et al.* (2014) realizó su experimento en un invernadero, durante un año, empezó en octubre de 2011, aquí evaluó 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina y suelo libre de relave de mina. De esta manera, obtuvo resultados de concentraciones iniciales de plomo en el suelo de 853 mg/kg en 30 % relave de mina, 107.6 mg/kg en 60 % relave de mina, 2846 mg/kg en 100 % relave de mina. Por otro lado, obtuvieron resultados de

concentraciones finales de plomo en hojas y raíces de *Urtica urens L.* de 26.7 mg/kg en hojas y 250 mg/kg en raíces en el tratamiento con 30 % relave de mina, 54.7 mg/kg en hojas y 510 mg/kg en raíces en el tratamiento con 60 % relave de mina, 102 mg/kg en hojas y 854.5 mg/kg en raíces en el tratamiento con 100 % relave de mina.

Por otro lado, Mogollón *et al.* (2018) analizaron la remoción de diferentes metales pesados por la especie *Urtica urens L.* el experimento duró 2 meses aproximadamente. Para ello realizaron pruebas experimentales con tres tratamientos; T1 (600 g y 900 g de abono y suelo respectivamente), T2 (450 g y 1050 g de abono y suelo respectivamente), T3 (300 g y 1200 g de abono y suelo respectivamente) colocaron tres plantas de *Urtica urens L.* en cada tratamiento. La concentración inicial de plomo en el suelo del Caserío el Toro fue de 34.12 mg/kg de plomo. Las concentraciones finales fueron; T1 (12.41 mg/kg de plomo) T2 (33.97 mg/kg de plomo) T3 (27.03 mg/kg de plomo).

Por su parte, Yacolca (2017) realizó su estudio con suelos contaminados por plomo producto de pasivos ambientales en Cerro de Pasco. Para su experimento que duró 4 meses utilizó 80% de suelo contaminado y 20% humus de lombriz. La concentración inicial de Plomo en el suelo fue de 417.185 mg/kg, y la concentración final fue de 257.48 mg/kg de plomo en el suelo. Asimismo, la concentración final de plomo en la especie fue de 171.13 mg/kg. Además, hace mención de que la absorción de plomo está relacionada con la biomasa de dicha especie. Es así que, a mayor biomasa, mayor absorción.

Por otro lado, Rumaldo (2019) en su estudio realizado en Callao, el cual duró 30 días y en donde usó suelo del parque Ramón Castilla en el Callao, realizó tres tratamientos los cuales contenían un porcentaje de gallinaza, T1 contenía 5% de

gallinaza, T2 contenía 10% de gallinaza y T3 contenía 20% de gallinaza. La concentración inicial de plomo fue de 980 mg/kg y la concentración final de plomo para cada tratamiento fue de (T1=703.89mg/kg), (T2=639.5mg/kg) y (T3=609.58mg/kg). De la misma manera la acumulación de Pb en las hojas de la especie fue de T1=10.33 mg/kg, T2=30.63 mg/kg y T3=40.49 mg/kg. Mientras que la acumulación de plomo en la raíz de la especie fue de T1=5.49 mg/kg, T2=19.49 mg/kg y T3=26.67 mg/kg.

Por otro lado, Castro (2020) en su estudio realizado en la Oroya, el cual duró 60 días. En su experimento aplicó cinco dosis de EDTA en un suelo contaminado con Pb. La concentración inicial de plomo fue de 683.26 mg/kg. Los tratamientos consistieron en: T1 (tratamiento control); T2 con 3 kg suelo + 50 mg/kg de EDTA; T3 con 3 kg suelo + 100 mg/kg de EDTA; T4 3 kg suelo + 150 mg/kg de EDTA; T5 3 kg suelo + 200 mg/kg de EDTA y T6 3 kg suelo + 250 mg/kg de EDTA, los tratamientos se efectuaron con tres repeticiones. Las concentraciones finales de plomo en *Urtica. urens* fueron para el T1: 66.3 mg/kg de Pb en hojas y 85.31 mg/kg de Pb en raíces; T2: 83.92 mg/kg de Pb en hojas y 242.22 mg/kg de Pb en raíces; T3: 151.6 mg/kg de Pb en hojas y 259.29 mg/kg de Pb en raíces; T4: 132.9 mg/kg de Pb en hojas y 230.74 mg/kg de Pb en raíces; T5: 145.8 mg/kg de Pb en hojas y 175.78 mg/kg de Pb en raíces y T6: 80.52 mg/kg de Pb en hojas y 110.85 mg/kg de Pb en raíces. De esta manera, se indicó que esta especie es una planta fitoestabilizadora.

1.3. Definiciones conceptuales

Urtica urens L.

Especie ampliamente distribuida en América. En el Perú la podemos encontrar en la costa y sierra. Presenta un tamaño que oscila entre 15 y 50 cm, comúnmente crece en

los escombros, basurales, en bordes de caminos, sembríos de laderas rocosas, de laderas abiertas o de pastizales (Celestino y López, 2018). Además, crece en suelos arcillosos y/o arenosos, el pH del suelo donde se desarrollan se encuentra entre 6,3 a 6,9, asimismo la altitud para el óptimo desarrollo de la especie es de 2700 y 3400 msnm, así como el contenido de materia orgánica es de 9,35%. (Pomboza *et al.*, 2016)

Plantas hiperacumuladoras

Plantas que son capaces de acumular cantidades anormales de un metal en raíz, tallo, hojas o frutos o de inmovilizarlo en la rizosfera. Una planta es hiperacumuladora cuando la concentración de un metal es 100 veces mayor a lo natural (Bustos, 2021).

Suelo

Medio natural para el desarrollo de las plantas, compuesta de minerales, materia orgánica, aire, agua y organismos vivos. La formación del suelo es el resultado del paso del tiempo combinado con el clima, presencia de organismos y la topografía. El suelo puede degradarse en poco tiempo debido a varios factores (Konijnenburg, 2006).

Contaminación del suelo

Se refiere a la presencia de una sustancia extraña con concentraciones más altas de lo normal y que presentan efectos negativos sobre el suelo y los organismos que podrían habitar. Esta contaminación con frecuencia no puede ser fácilmente percibida, siendo considerada un peligro oculto (Rodríguez *et al.*, 2019).

Fitorremediación

Método que utiliza plantas, microorganismos, hongos, etc. para eliminar, desintoxicar o estabilizar contaminantes persistentes, es una herramienta ecológica para limpiar el suelo. Además, la alta producción de biomasa y su simple eliminación

es una ventaja que hace que las plantas sean más útiles para ser aplicadas y remediar los suelos contaminados por metales (Cheng, 2003).

Fitoextracción

Método que emplea plantas las cuales absorben y acumulan elementos tóxicos en sus partes cosechables (Carpena y Bernal, 2007).

Fitoestabilización

Método que aprovecha las especies vegetales para reducir la biodisponibilidad de los contaminantes en el medio, mejorando las características físicas y químicas del suelo (Carpena y Bernal, 2007).

Pasivos Ambientales

Residuos producidos por operaciones mineras en un determinado lugar que en la actualidad han sido abandonadas o se encuentran inactivas y por lo cual representan un riesgo potencial para la salud de la población y el ecosistema (Congreso de la República, 2004).

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia de *Urtica urens L.* en la fitorremediación de suelos contaminados por plomo?

1.5. Objetivos

- **Objetivo General**

Evaluar la eficiencia de *Urtica urens L.* en la fitorremediación de suelos de uso agrícola, residencial / parques y comercial / industrial / extractivo, contaminados por plomo.

- **Objetivos Específicos**
 - Identificar las concentraciones de plomo en *Urtica urens L.* después de la fitorremediación de suelos.
 - Determinar el porcentaje de remoción de plomo por *Urtica urens L.* después de la fitorremediación de suelos.
 - Identificar las condiciones en que *Urtica urens L.* presenta mayor porcentaje de remoción de plomo en suelos.
 - Identificar el tipo de fitorremediación que realiza *Urtica urens L.*, de acuerdo a las concentraciones de plomo en las raíces y hojas de la especie, para conocer si se trata de una especie fitoextractiva o fitoestabilizadora.
 - Comparar las concentraciones finales de plomo en los suelos con los Estándares de Calidad Ambiental para suelos de uso Agrícola, Residencial / Parques y Comercial / Industrial / Extractivo de Perú y Ecuador.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Urtica urens L. es eficiente en la fitorremediación de suelos de uso agrícola, residencial / parques y comercial / industrial / extractivo, contaminados por plomo.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- Las concentraciones de plomo en *Urtica urens L.* después de la fitorremediación en suelos, son altas.
- El porcentaje de remoción de plomo por *Urtica urens L.* después de la fitorremediación de suelos, es alta.

- Las condiciones en que *Urtica urens L.* presenta mayor porcentaje de remoción de plomo en suelos, es cuando se le añade abono.
- *Urtica urens L.* presenta mayor concentración de plomo en sus raíces, indicando que se trata de una especie fitoestabilizadora.
- Las concentraciones finales de plomo en los suelos son menores a los Estándares de Calidad Ambiental para suelos de uso Agrícola, Residencial / Parques y Comercial / Industrial / Extractivo de Perú y Ecuador.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es una revisión sistemática, la cual está definida como una síntesis de estudios disponibles, donde se realiza una revisión cuantitativa y/o cualitativa de diferentes estudios ya realizados, donde se analizan, comparan e interpretan datos obtenidos y registrados por otros investigadores (Manterola *et al.*, 2013).

2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Los 140 estudios encontrados en idioma español, inglés y ruso en el periodo de los últimos 15 años (2006 – 2021), donde se analizó la especie *Urtica urens L.* en la eficiencia de fitorremediación de plomo.

2.2.1. Muestra

Los 11 estudios donde se analizó a la especie *Urtica urens L.* en la eficiencia de fitorremediación de plomo.

Estudio 1: Jara *et al.* (2014) Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados.

Estudio 2: Díaz (2017) Capacidad de Acumulación de la ortiga (*urtica urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017.

Estudio 3: Rumaldo (2019) Descontaminación de Suelos con plomo usando *Urtica urens* y *Fuertesimalva echinata* Fertilizada con gallinaza en el Callao.

Estudio 4: Murtic *et al.* (2019) Evaluación de plantas silvestres para la fitorremediación de metales pesados en suelos aledaños a la central térmica.

Estudio 5: Bernabé y Medina (2018) Fitorremediador por densidad poblacional de *Urtica Urens* en suelos contaminados por metales pesados, caserío Shiracmaca, distrito de Huamachuco – 2018.

Estudio 6: Mogollón *et al.* (2018) Remoción de metales pesados *con Urtica urens L.* en suelos contaminados del distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, La Libertad.

Estudio 7: Marcelo (2017) Capacidad fitorremediadora de *Urtica urens L.* en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad.

Estudio 8: Yacolca (2017) Capacidad fitorremediadora de la ortiga (*Urtica urens*) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-Cerro de Pasco 2017.

Estudio 9: Castro (2020) Efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por plomo, con *Urtica urens* en La Oroya, 2018.

Estudio 10: Abou *et al.* (2007) Metales pesados en suelos y plantas de varios sitios contaminados con metales en Egipto.

Estudio 11: Buskunova y Ibulova (2019) Características de la acumulación de metales pesados por plantas de *Urtica dioica L.* y *Urtica urens L.*

2.2.2. Materiales

Artículos científicos

Calculadora

Internet

Laptop

Lapicero

Lápiz

Libros

Tesis

2.2.3. Métodos

Estrategias de búsqueda

Se trabajó con repositorios y buscadores virtuales especializados en la búsqueda de contenido científico-académico. Para ello, se usaron 4 fuentes de obtención de información como lo son; Google Académico, Scielo, ResearchGate y Elibrary.ru. De estas 4 fuentes se obtuvieron un total de 140 estudios entre tesis y artículos científicos, de los cuales solo se seleccionaron 11, los que presentaron una relación más íntima con el tema de estudio.

La estrategia de búsqueda de información, la cual se aplicó en los 4 buscadores de contenido científico-académico (Google Académico, Scielo, ResearchGate y Elibrary.ru), fue el uso de filtros, para los años, se estableció periodos entre los años 2006 – 2021. Asimismo, el idioma establecido fue español, inglés y ruso. Además, el origen de los artículos y estudios estuvo establecido para cualquier país. De igual modo, se aplicaron tres ecuaciones de búsqueda, las cuales fueron; para el idioma español “(urtica urens) Y (fitorremediación)”, para el idioma inglés “(urtica urens) AND (phytoremediation)” y para el idioma ruso “(urtica urens) И (фиторемедиация)”

Criterios de elegibilidad

Se tuvo en cuenta que los documentos elegidos pertenezcan al periodo (2006-2021), el idioma de los estudios debió pertenecer a español, inglés o ruso, así como presentar en su contenido datos cuantitativos relevantes para el estudio.

Criterios de exclusión

Se descartaron aquellos estudios con una baja relación con el tema, o aquellos que solo presentaban datos cualitativos, o los que se encontraban fuera del periodo de años establecida. 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 investigación.

Síntesis de datos.

Los estudios fueron registrados en una ficha donde se detalló el nombre del autor, año en que fue publicado, ciudad o país, título y resultados relevantes relacionados a la fitorremediación de plomo con *Urtica urens L.*

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En el presente estudio se utilizó la técnica de análisis documental, con el fin de distinguir las ideas informativamente más relevantes de los 11 documentos seleccionados. Asimismo, en lo concerniente al instrumento de recolección de datos se utilizó fichas de registro de datos, donde se recopiló los datos más importantes de los documentos seleccionados (autor, título, año de publicación, país y resultados)

2.4. Procedimiento

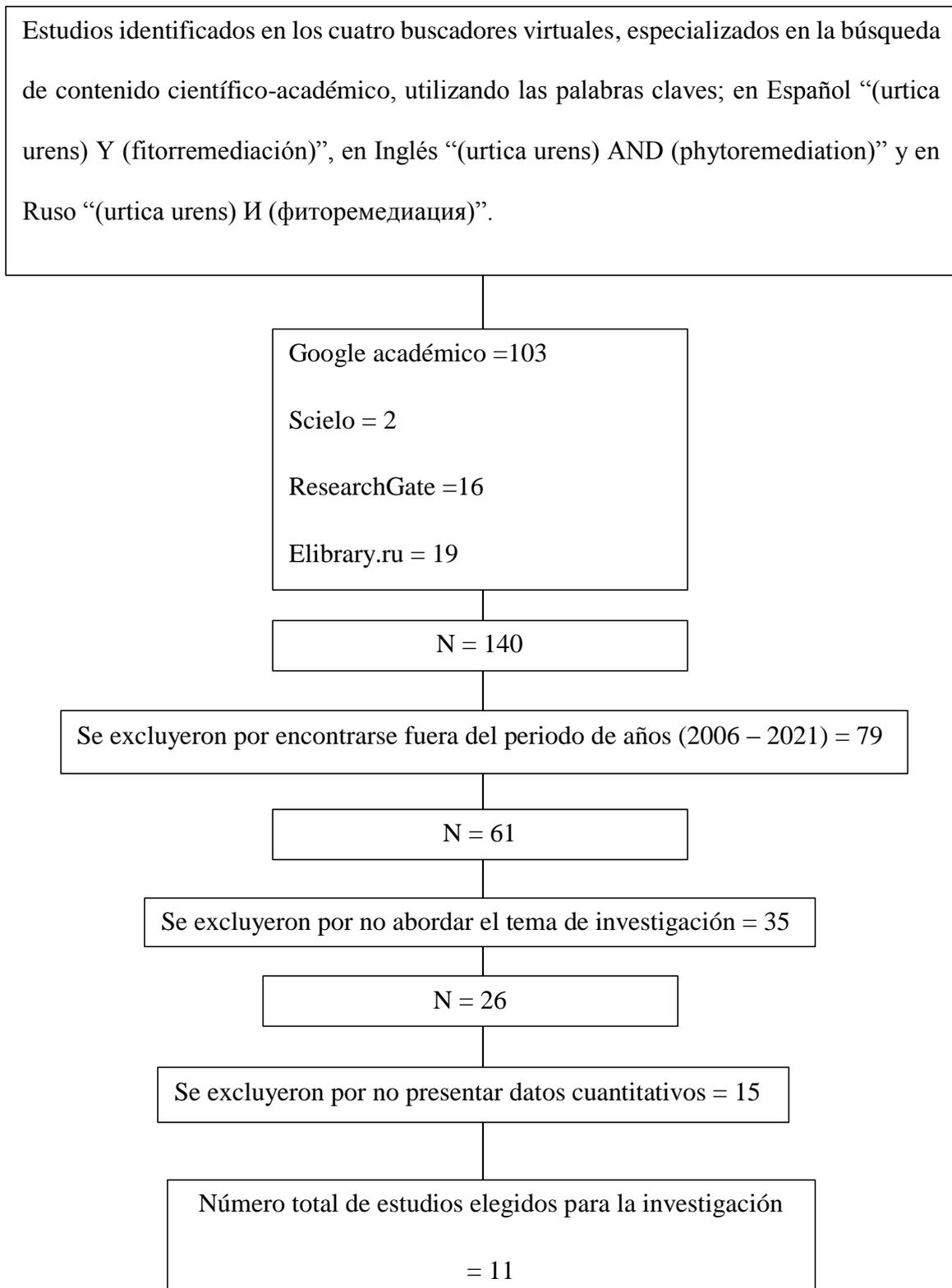


Figura 1. Procedimiento para la selección de documentos para la investigación

A partir de los 11 estudios incluidos se realizó una base de datos detallando aspectos importantes para el desarrollo del presente estudio. Asimismo, se extrajeron de cada trabajo las concentraciones finales de plomo en *Urtica urens L.*

Aspectos éticos

En la presente investigación se ha citado a cada uno de los autores de forma correcta, asimismo se ha referenciado cada una de las citas con el fin de salvaguardar la propiedad intelectual de cada uno de los autores de quienes se han tomado las diversas definiciones, conceptos y resultados de sus estudios, los cuales han servido para el desarrollo oportuno de la presente investigación. De igual manera, los datos cuantitativos extraídos de los estudios fueron usados tal cual están, sin alteración alguna.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Después de evaluar los 11 estudios sobre la eficiencia de *Urtica urens L.* en la fitorremediación de suelos contaminados por plomo se presenta a continuación las concentraciones de plomo en *Urtica urens L.* después de la fitorremediación, el porcentaje de remoción de plomo por *Urtica urens L.*, las condiciones en que *Urtica urens L.* presenta mayor porcentaje de remoción de plomo, el tipo de fitorremediación de *Urtica urens L.* con concentraciones de plomo y la comparación de las concentraciones finales de plomo en el suelo con los Estándares de Calidad Ambiental para suelos Agrícolas, Residencial / Parques y Comercial / Industrial / Extractivo de Perú y Ecuador.

3.1. Concentraciones de Pb en *Urtica urens L.* después de la fitorremediación de suelos.

Se analizó las concentraciones de plomo en *Urtica urens L.* después de la fitorremediación, Se realizó una tabla para los cinco estudios que presentaron de forma detallada las concentraciones de plomo en hojas y raíces de la especie (Tabla 1) y se realizó otra tabla para los seis estudios que presentaron solamente la concentración final de plomo en la especie (Tabla 2).

Tabla 1

Concentraciones de plomo en hojas y raíces de Urtica urens L. después de la fitorremediación de suelos

Autores	Tratamientos	Concentraciones de plomo (mg/kg)	
		Hojas	Raíces
Jara <i>et al.</i> (2014)	T1	26.7	250

Autores	Tratamientos	Concentraciones de plomo (mg/kg)	
		Hojas	Raíces
Rumaldo (2019)	T2	54.7	510
	T3	102	854.5
	T1	10.33	5.49
Díaz (2017)	T2	30.63	19.49
	T3	40.49	26.67
	T1	84.34	25.06
Castro (2020)	T1	66.3	85.31
	T2	83.92	242.22
	T3	151.62	259.29
	T4	132.91	230.74
	T5	145.81	175.78
Buskunova & Ibulova (2019)	T6	80.52	110.85
	T1	0.02	23.8

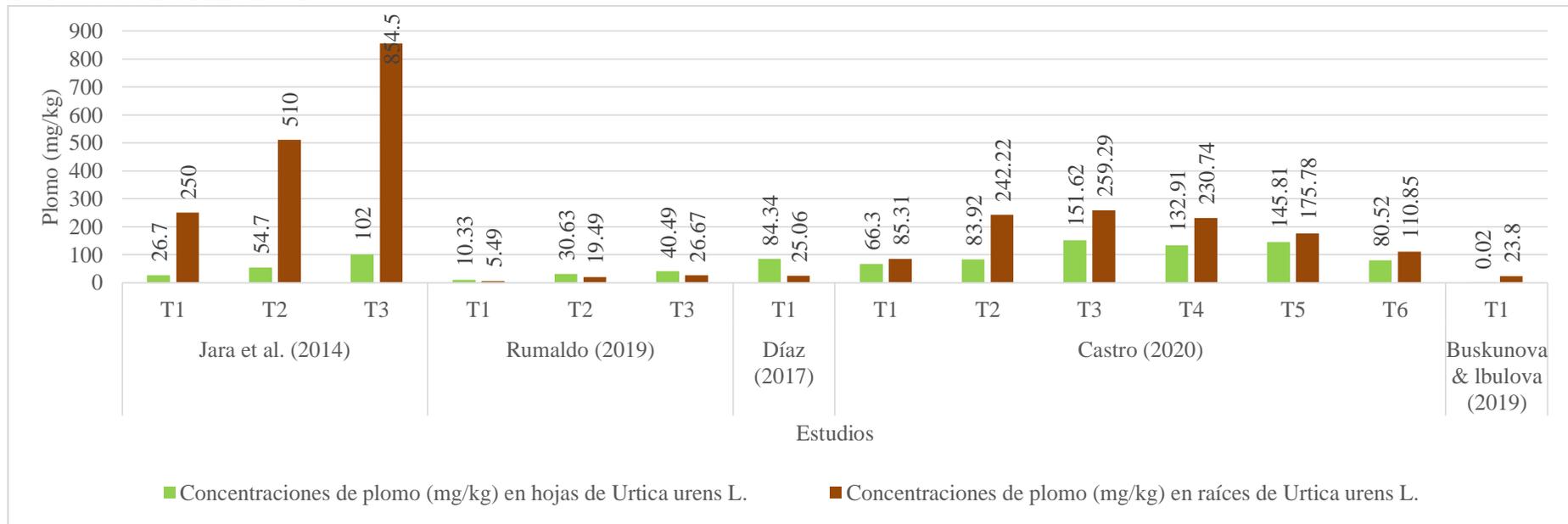


Figura 2. Concentraciones de plomo en hojas y raíces de *Urtica urens* L. después de la fitorremediación de suelos

La mayoría de estudios y sus respectivos tratamientos, presentaron mayor concentración de plomo en las raíces de la especie estudiada. Tenemos de esta manera que, el tratamiento 3 de Jara *et al.* (2014) obtuvo concentraciones de plomo en las raíces de la especie de 854.5 mg/kg, seguido de 510 mg/kg en las raíces del tratamiento 2 del mismo autor, en tercer lugar, se encuentra el tratamiento 3 de Castro (2020) con concentraciones de plomo en las raíces de la especie de 259.29 mg/kg. Por otro lado, los niveles más bajos de concentraciones de plomo se dieron en las hojas de la especie. De esta manera, la concentración más baja fue en el estudio de Buskunova & Ibulova (2019) con concentraciones de plomo en las hojas de la especie de 0.02 mg/kg.

Tabla 2

Concentraciones de plomo en Urtica urens L. después de la fitorremediación de suelos

Autores	Tratamientos	Concentraciones de plomo (mg/kg) en <i>Urtica urens L.</i>
Murtic <i>et al.</i> (2019)	T1	0.21
Bernabé y Medina (2018)	T1	11
	T2	38
	T3	70
Yacolca (2017)	T1	171.13
Mogollón <i>et al.</i> (2018)	T1	21.71
	T2	0.15
	T3	7.09
Marcelo (2017)	T1	0.87
Abou <i>et al.</i> (2007)	T1	43

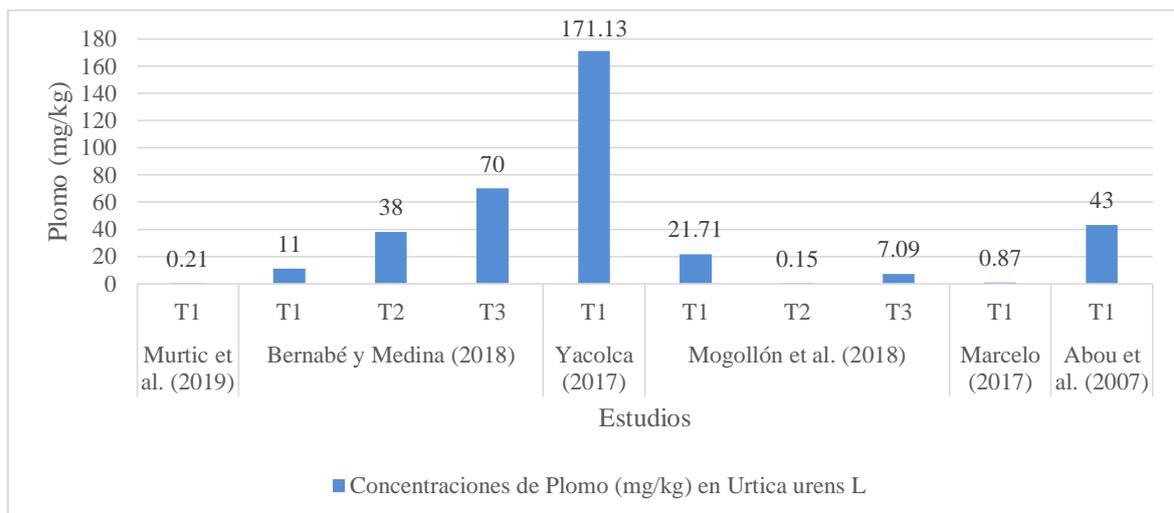


Figura 3. Concentraciones de plomo (mg/kg) en Urtica urens L. después de la fitorremediación de suelos

El tratamiento 1 de Yacolca (2017) presentó mayor concentración de plomo en la especie con 171.13 mg/kg. Seguido por el tratamiento 3 de Bernabé y Medina (2018) con una concentración de plomo de 38 mg/kg. Por otro lado, el tratamiento 1 de Murtic *et al.* (2019), tratamiento 2 de Mogollón *et al.* (2018) y el tratamiento 1 de Marcelo (2017) fueron los que presentaron menor concentración de plomo con 0.21, 0.15 y 0.87 mg/kg respectivamente.

3.2. Remoción de plomo por *Urtica urens L.*

Se determinó para los diferentes tratamientos de los 11 estudios, el porcentaje de remoción de plomo por *Urtica urens L.* utilizando las concentraciones iniciales y finales de plomo en el suelo.

Tabla 3

Porcentaje de remoción de plomo por Urtica urens L. después de la fitorremediación de suelos

Autores	Tratamientos	Plomo inicial en suelo (mg/kg)	Plomo final en suelo. (mg/kg)	Remoción (%)
Jara <i>et al.</i> (2014)	T1	853	576.3	32
	T2	1707.6	1142.9	33
	T3	2846	1889.5	34
Díaz (2017)	T1	1119.51	1010.046	10
Rumaldo (2019)	T1	980	703.89	28
	T2	980	639.5	35
	T3	980	609.58	38
Murtic <i>et al.</i> (2019)	T1	145.27	145.06	0

Autores	Tratamientos	Plomo inicial en suelo (mg/kg)	Plomo final en suelo. (mg/kg)	Remoción (%)
Bernabé y	T1	100	89	11
Medina (2018)	T2	100	62	38
	T3	100	30	70
Mogollón <i>et al.</i> (2018)	T1	34.12	12.41	64
	T2	34.12	33.97	0
	T3	34.12	27.03	21
Marcelo (2017)	T1	9.88	9.01	9
Yacolca (2017)	T1	417.185	257.48	38
Castro (2020)	T1	683.26	531.647	22
	T2	683.26	357.12	48
	T3	683.26	272.356	60
	T4	683.26	319.607	53
	T5	683.26	361.676	47
	T6	683.26	491.89	28
Abou <i>et al.</i> (2007)	T1	61	18	70

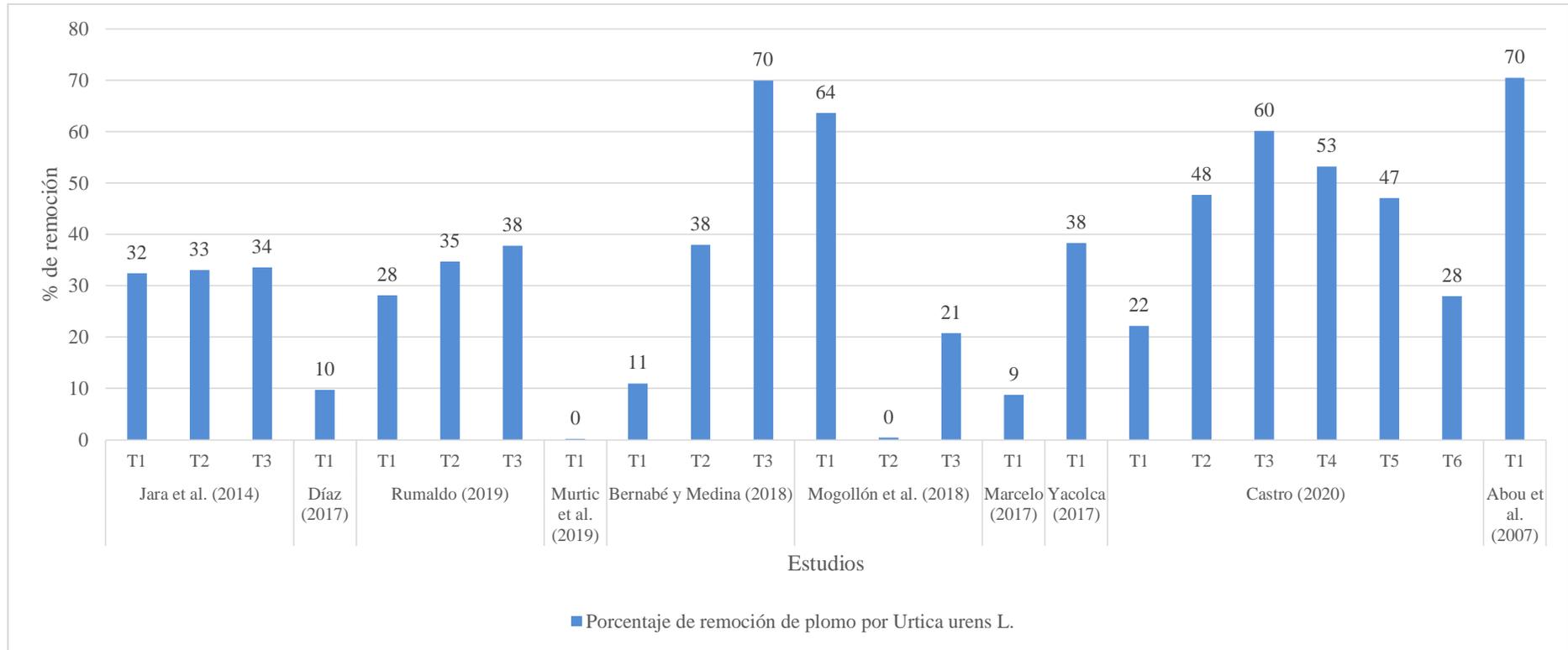


Figura 4. Porcentaje de remoción de plomo por *Urtica urens* L. después de la fitorremediación de suelos

El mayor porcentaje de remoción de plomo fue de 70% en el tratamiento 3 de Bernabé y Medina (2018) y en el tratamiento 1 y Abou *et al.* (2007).

El tratamiento 1 de Mogollón *et al.* (2018) obtuvo 64% de remoción de plomo y el tratamiento 3 de Castro (2020) obtuvo 60% de remoción de plomo. Por otro lado, los tratamientos que presentaron menor remoción de plomo fueron los tratamientos 1 de Murtic *et al.* (2019) y el tratamiento 2 de Mogollón *et al.* (2018) con 0% de remoción cada uno.

3.3. Condiciones en las que *Urtica urens L.* presenta mayor remoción de plomo en suelos

Se presentaron las características que tuvieron los diferentes tratamientos, para determinar el mayor porcentaje de remoción de plomo. Los datos utilizados para determinar estas condiciones fueron los datos de adición de abono o densidad poblacional que ayudan a la especie a obtener mejores resultados.

Tabla 4

Características del tratamiento donde Urtica urens L. presentó mayor remoción de plomo en suelos

Autor	Características del tratamiento	Tratamiento	Plomo inicial en suelo (mg/kg)	Plomo final en suelo (mg/kg)	Remoción (%)
Bernabé y Medina (2018)	6 kg (suelo contaminado) + 2.5 kg (estiércol de cuy) + 3 plantas	T3	100	30	70
Mogollón <i>et al.</i> (2018)	0.9 kg (suelo contaminado) + 0.6 kg (abono orgánico)	T1	34.12	34.12	64
Castro (2020)	3 kg (suelo contaminado) + 0.3 g (EDTA) + 3 plantas	T3	683.26	272.36	60
	3 kg suelo + 0.45 g (EDTA) + 3 plantas	T4	683.26	219.61	53
Abou <i>et al.</i> (2007)	Suelo contaminado + alta densidad poblacional de la especie	T1	61	18	70

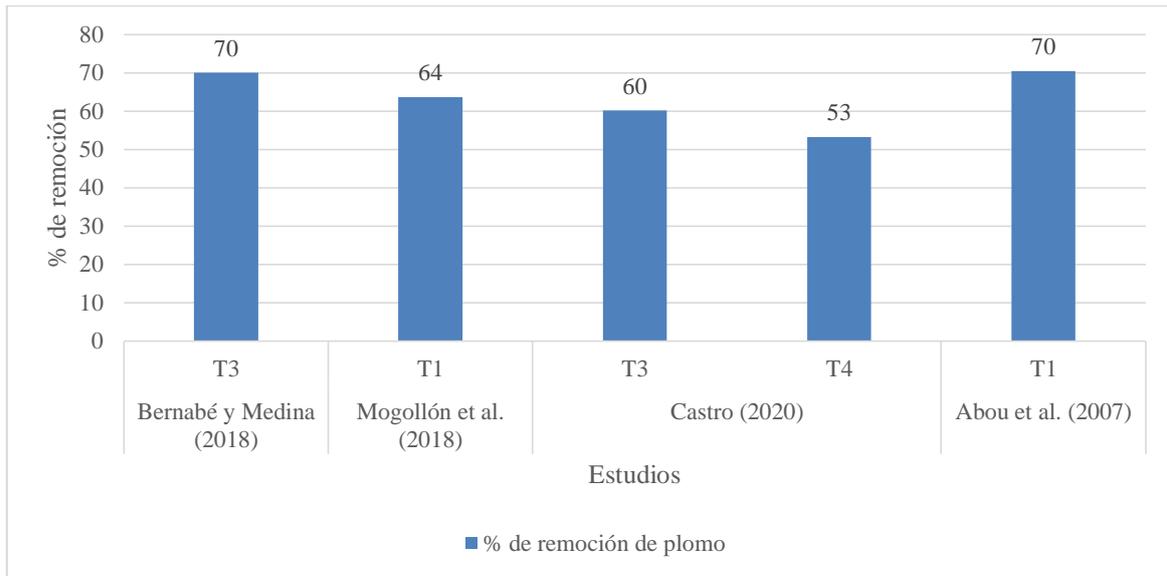


Figura 5. Tratamientos con porcentaje de remoción de plomo mayor al 50%

Los tratamientos 3 de Bernabé y Medina (2018), tratamiento 1 de Abou *et al.* (2007), tratamiento 1 de Mogollón *et al.* (2018) y tratamiento 3 y 4 de Castro (2020), fueron los que presentaron remoción de plomo mayor al 50 %, con porcentajes de 70, 70, 64, 60 y 53 % respectivamente. Cabe resaltar que las características en común que presentan estos tratamientos en lo que respecta a la adición de alguna sustancia es el complemento de un abono, sin embargo, el tratamiento de Abou *et al.* (2007) no presentó ningún tipo de abono, en cambio se menciona que la densidad poblacional de la especie fue alta.

3.4. Tipos de fitorremediación que realiza *Urtica urens L.*

Tabla 5

Tipos de fitorremediación de la especie Urtica urens L. en cada estudio

Autor y año	Tipo de fitorremediación
Jara <i>et al.</i> (2014)	fitoestabilización
Díaz (2017)	fitoextracción
Rumaldo (2019)	fitoextracción

Autor y año	Tipo de fitorremediación
Castro (2020)	fitoestabilización
Buskunova y Ibulova (2019)	fitoestabilización

Se identificó que en los estudios de; Jara *et al.* (2014), Castro (2020) y Buskunova y Ibulova (2019), *Urtica urens L.* ejecutó la remediación con la técnica de fitoestabilización, debido a que la mayor concentración de plomo se encontró en las raíces, Por otro lado, en los estudios de Díaz (2017) y Rumaldo (2019) se encontró que la especie *Urtica urens L.* ejecutó la remediación con la técnica de fitoextracción, como consecuencia, de haber encontrado las mayores concentraciones de plomo en las hojas de la especie.

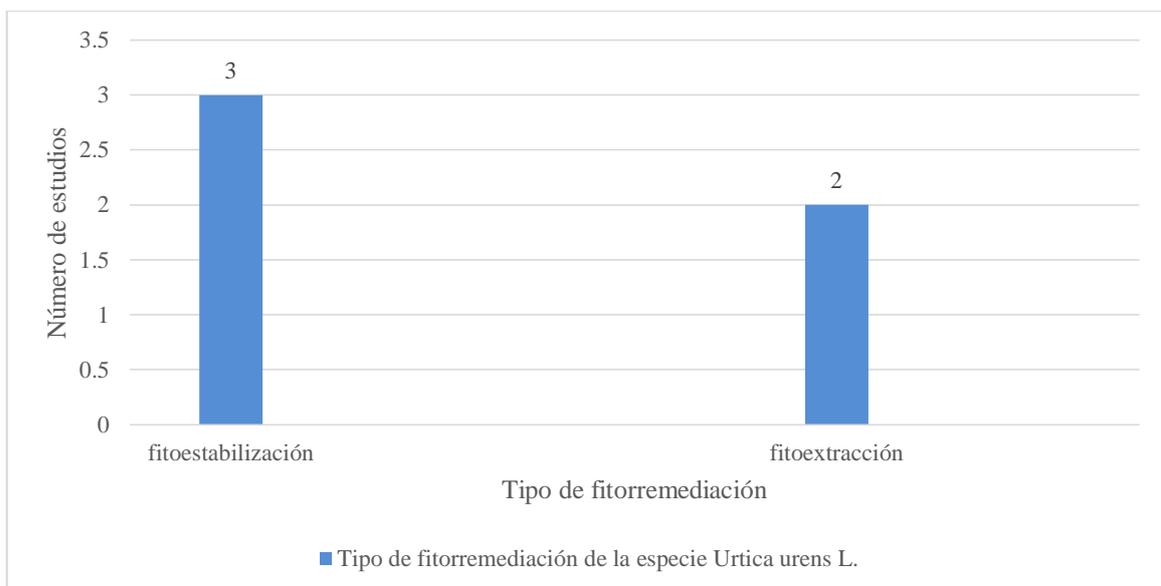


Figura 6. Tipos de fitorremediación de la especie *Urtica urens L.*

Tres estudios presentaron remediación por la técnica de fitoestabilización y 2 estudios presentaron remediación por la técnica de fitoextracción.

3.5. Comparación de las concentraciones de Pb en suelos con los ECA de Perú y Ecuador.

Se realizó la comparación de los resultados de las concentraciones de plomo en los suelos después de la fitorremediación con los Estándares de Calidad Ambiental de

Perú y Ecuador. Se organizó en tres tablas, (Tabla 6) para los estudios donde las muestras de suelo pertenecieron a suelo de uso agrícola, (Tabla 7) para los estudios donde las muestras de suelo pertenecieron a suelo de uso Residencial / Parques, (Tabla 8) para los estudios donde las muestras de suelo pertenecieron a suelo de uso Comercial / Industrial / Extractivo.

Tabla 6

Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso agrícola de Perú y Ecuador

Autores	Tratamientos	Concentración de plomo	ECA	ECA
		(mg/kg) en suelo agrícola	Perú	Ecuador
Bernabé y Medina (2018)	T1	89	70	100
	T2	62		
	T3	30		
Mogollón <i>et al.</i> (2018)	T1	12.41		
	T2	33.97		
	T3	27.03		
Marcelo (2017)	T1	9.01		
Castro (2020)	T1	531.647		
	T2	357.12		
	T3	272.356		
	T4	319.607		
	T5	361.676		
Yacolca (2017)	T1	491.89		
	T1	257.48		

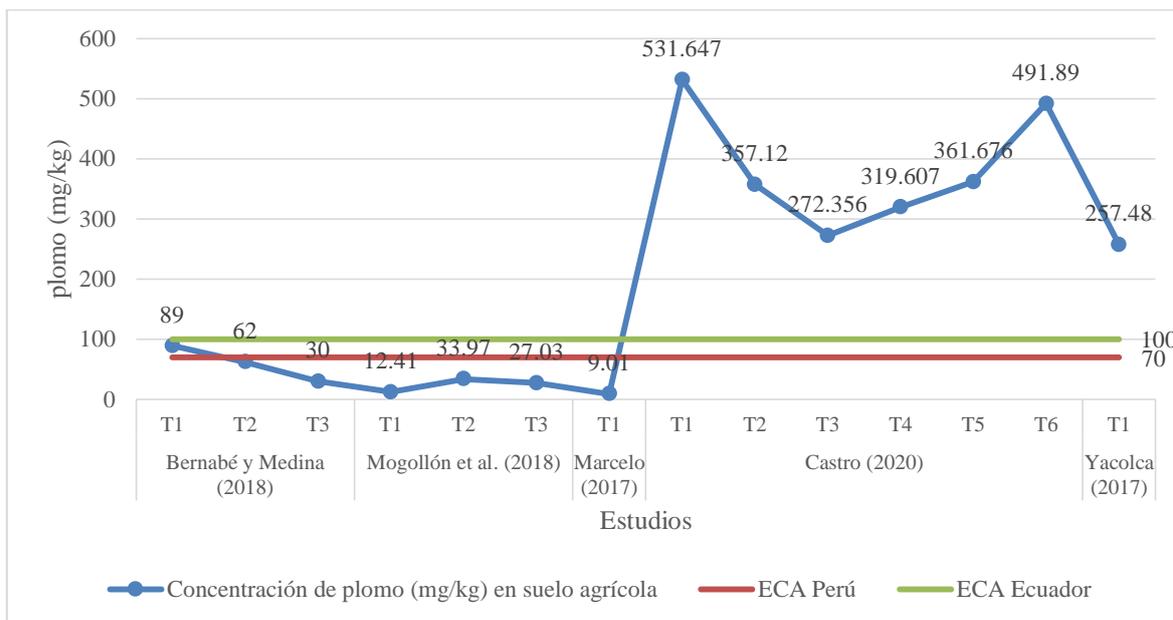


Figura 7. Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso agrícola de Perú y Ecuador

Los tratamientos de Castro (2020) y Yacolca (2017) sobrepasaron los ECA para suelo de uso agrícola tanto de Perú como de Ecuador, El tratamiento 1 de Bernabé y Medina (2018) sobrepasó los ECA para suelo de uso agrícola de Ecuador, pero se encontró por debajo de los ECA para suelo de uso agrícola de Perú.

Tabla 7

Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso Residencial / Parques de Perú y Ecuador

Autores	Tratamientos	Concentración de plomo (mg/kg) en suelo Residencial/ Parques		ECA Perú	ECA Ecuador
Díaz (2017)	T1	1010.046		140	100
Rumaldo (2019)	T1	703.89			
	T2	639.5			

Concentración de plomo			ECA	ECA
Autores	Tratamientos	(mg/kg) en suelo Residencial/ Parques	Perú	Ecuador
	T3	609.58		

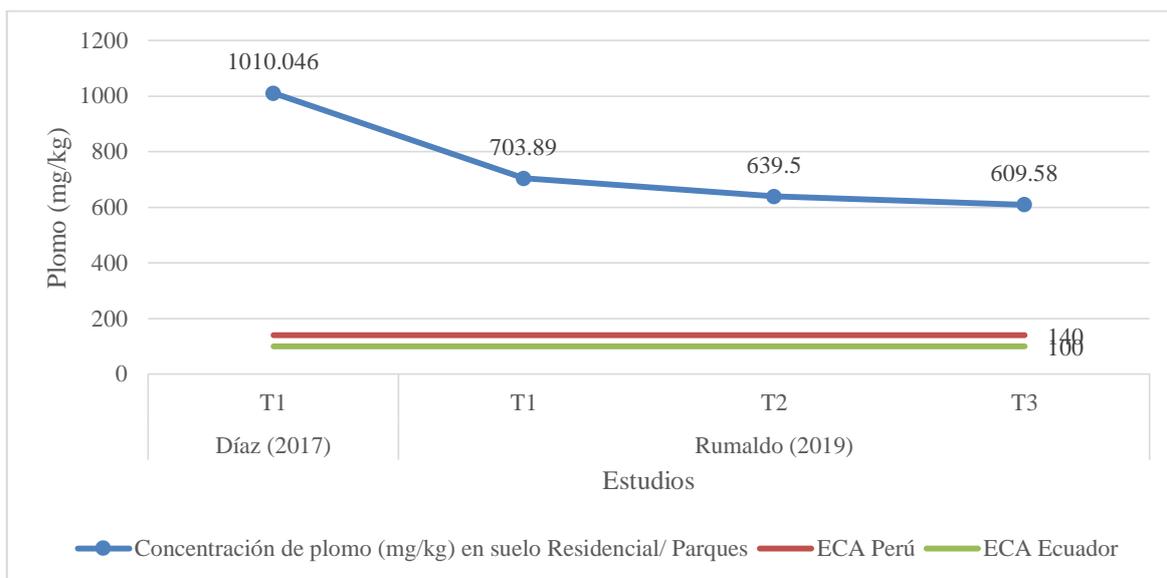


Figura 8. Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso Residencial / Parques de Perú y Ecuador

Los tratamientos de Díaz (2017) y Rumaldo (2019) que se realizaron con muestras de suelo de uso Residencial / Parque sobrepasaron los ECA para suelos de uso Residencial / Parques de Perú y Ecuador.

Tabla 8

Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso Comercial / Industrial / Extractivo de Perú y Ecuador

Autores	Tratamientos	Concentración de plomo		
		(mg/kg) en suelo Comercial /Industrial / Extractivo	ECA Perú	ECA Ecuador
Jara <i>et al.</i> (2014)	T1	576.3	800	150
	T2	1142.9		
	T3	1889.5		
Murtic <i>et al.</i> (2019)	T1	145.06		

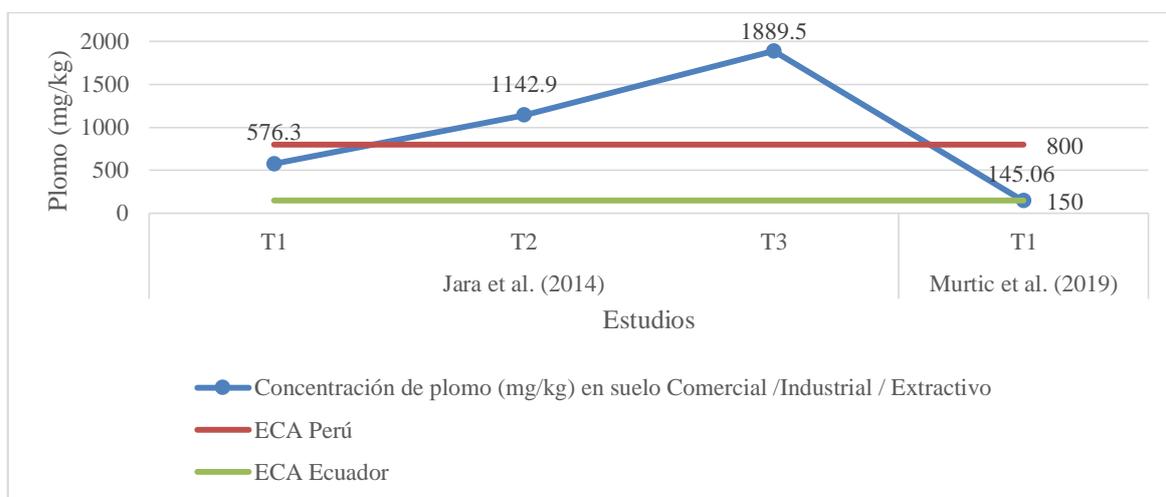


Figura 9. Comparación de las concentraciones de plomo en suelos con los ECA para suelos de uso Comercial / Industrial / Extractivo de Perú y Ecuador

Los tratamientos 2 y 3 de Jara *et al.* (2014) sobrepasaron los ECA para suelo de tipo Comercial / Industrial / Extractivo de Perú y Ecuador. Asimismo, el tratamiento 1 de Jara *et al.* (2014) sobrepasó los ECA para suelo de uso Comercial / Industrial / Extractivo de Ecuador, pero se encontró por debajo de los ECA de Perú.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Según los diversos estudios, después de la fitorremediación de suelos, *Urtica urens L.* presentó mayores concentraciones, de plomo en las raíces. De esta manera, el tratamiento con mayor concentración de plomo en las raíces de la especie estudiada fue, el T3 de Jara *et al.* (2014), con concentración de plomo en las raíces de la especie de 854.5 mg/kg. Por otro lado, el tratamiento 1 de Yacolca (2017) presentó mayor concentración de plomo en la especie con 171.13 mg/kg.

Los porcentajes de remoción de plomo por *Urtica urens L.* después de la fitorremediación de suelos, varían desde el 70% hasta el 0%, siendo el tratamiento 3 de Bernabé y Medina (2018) y el tratamiento 1 de Abou *et al.* (2007), los que presentaron el 70% de remoción de plomo después de la fitorremediación de suelos. Por otro lado, los tratamientos con 0% de remoción de plomo del suelo fueron los tratamientos 1 de Murtic *et al.* (2019) y el tratamiento 2 de Mogollón *et al.* (2018) con 0% de remoción cada uno.

Urtica urens L. presentó mayor porcentaje de remoción de plomo de suelos cuando se le añadió abonos y cuando la densidad poblacional de la especie fue alta. Estas características permitieron a los tratamientos 3 de Bernabé y Medina (2018), tratamiento 1 de Abou *et al.* (2007), tratamiento 1 de Mogollón *et al.* (2018) y tratamiento 3 y 4 de Castro (2020), presentar porcentajes de remoción de plomo de suelo mayores al 50 %, en consecuencia, los estudios antes mencionados presentaron porcentajes de remoción de plomo del suelo del 70, 70, 64, 60 y 53 % respectivamente. Cabe recalcar que, el tratamiento de Abou *et al.* (2007) no presentó ningún tipo de abono, en cambio se menciona que la densidad poblacional de la especie fue alta.

Se identificó que en los estudios de; Jara *et al.* (2014), Castro (2020) y Buskunova y Ibulova (2019), *Urtica urens L.* presentó mayor concentración de plomo en las raíces, en estos casos se puede decir que la especie en estudio ejecutó la remediación de plomo en el suelo con la técnica de fitoestabilización, Por otro lado, en los estudios de Díaz (2017) y Rumaldo (2019), *Urtica urens L.* presentó mayor concentración de plomo en las hojas, es decir que la especie en estudio ejecutó la remediación de plomo en el suelo con la técnica de fitoextracción,

Los estudios analizados se llevaron a cabo en diferentes zonas del Perú y el mundo, por ende, también se llevaron a cabo en diferentes tipos de suelos. Por un lado, tenemos los estudios que se realizaron en suelos de uso agrícola, en donde los tratamientos de Castro (2020) y Yacolca (2017) sobrepasaron los ECA para suelo tanto de Perú como de Ecuador, El tratamiento 1 de Bernabé y Medina (2018) sobrepasó los ECA para suelo de Ecuador, pero se encontró por debajo de los ECA para suelo de uso agrícola de Perú. Por otro lado, tenemos los estudios que se realizaron en suelos de uso Residencial / Parque, en donde los tratamientos de Díaz (2017) y Rumaldo (2019) sobrepasaron los ECA para suelos de Perú y Ecuador. Finalmente, tenemos los estudios que se realizaron en suelos de uso Comercial / Industrial / Extractivo, en donde los tratamientos 2 y 3 de Jara *et al.* (2014) sobrepasaron los ECA para suelo de Perú y Ecuador. Además, el tratamiento 1 de Jara *et al.* (2014) sobrepasó los ECA para suelo de Ecuador, pero se encontró por debajo de los ECA de Perú.

Limitaciones

Para el desarrollo de la presente investigación se tuvo la principal limitación de no encontrar numerosos estudios sobre la especie *Urtica urens L.*, motivo por el cual se trabajó solamente con 11 estudios.

4.2. Conclusiones

Se concluye que las concentraciones de plomo en *Urtica urens L.* después de la fitorremediación de suelos varían entre concentraciones altas a bajas, esto también depende de las concentraciones de plomo en el suelo.

Se determinó el porcentaje de remoción de plomo por *Urtica urens L.* después de la fitorremediación de suelos, encontrándose porcentajes de hasta el 70% de remoción de plomo del suelo.

Se identificó las condiciones en que *Urtica urens L.* presenta mayor porcentaje de remoción de plomo en suelos y se llegó a la conclusión que la aplicación de abonos y la alta densidad poblacional de la especie contribuyen a una mejor remoción de plomo del suelo, por la especie *Urtica urens L.*

Se identificó el tipo de fitorremediación que realiza *Urtica urens L.* De acuerdo a las concentraciones de plomo en las raíces y hojas de la especie se concluye que *Urtica urens L.* presenta la capacidad de realizar remediación por medio de las técnicas de fitoextracción y fitoestabilización, esto en consecuencia de que se encontró en algunos estudios que la especie presentó mayor concentración de plomo en las raíces, asimismo, en otros estudios se encontró que la especie también presentó mayor concentración de plomo en las hojas.

Se comparó las concentraciones finales de plomo en los suelos de los diversos estudios con los Estándares de Calidad Ambiental para suelos de uso Agrícola, Residencial / Parques y Comercial / Industrial / Extractivo de Perú y Ecuador. Se concluyó, que algunos de los estudios sobrepasaron los ECA de uno de los dos países, además, varios de los estudios sobrepasaron los ECA de ambos países.

REFERENCIAS

- Abou Shanab, R., Ghazlan, H., Ghanem, k., & Moawad, H. (2007). Heavy metals in soils and plants from various metal-contaminated sites in Egypt. *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, 1(1), 7-12. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/269574885_Heavy_metals_in_soils_and_plants_from_various_metal-contaminated_sites_in_Egypt
- Bernabé García, Y. M., & Medina Cerna, H. (2018). Fitorremediador por densidad poblacional de *Urtica Urens* en suelos contaminados por metales pesados, caserío Shiracmaca, distrito de Huamachuco – 2018. *Trabajo de investigación para obtener el grado académico de bachiller en ingeniería ambiental*. Trujillo, Perú. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36186/bernabe_gy.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Buskunova, G., & Ibulova, G. (2019). Características de la acumulación de metales pesados por plantas *Urtica dioica* L. y *Urtica urens* L. *Materiales del IX Congreso internacional científico-práctico, Ufa* (págs. 57-61). Rusia: Sociedad de Responsabilidad Limitada "Aeterna". Obtenido de https://elibrary.ru/download/elibrary_37191771_85091226.pdf
- Bustos Contreras, Y. A. (2021). Uso de plantas hiperacumuladoras en minería: conceptos y aplicaciones. Colombia. Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79356/1017153992_2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- Carpena, R., & Bernal, M. P. (2007). Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Ecosistemas*, 16(2), 1-3. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/540/54016201.pdf>
- Castro Garcia, E. E. (2020). Efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por plomo, con *Urtica urens* en La Oroya, 2018. *Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero ambiental*. Huancayo, Perú. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8167/1/IV_FIN_107_TE_Castro_Garc%c3%ada_2020.pdf
- Celestino, K., & López, J. (2018). Efecto cicatrizante de un gel a base del extracto etanólico de las hojas de ortiga (*Urtica urens* L.) y extracto etanólico del mucílago de la sábila (*Aloe vera* (L) burn.) en ratas albinas. *Tesis para optar el Título Profesional de Químico farmacéutico y bioquímico*. Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/2166/Tesis%20CELESTINO%20MALLQUI-%20LOPEZ%20PARRA.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Cheng, S. (2003). Heavy metals in plants and phytoremediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 10(5), 335–340. doi:<https://doi.org/10.1065/espr2002.11.141.3>
- Congreso de la República. (2 de Julio de 2004). Ley N° 28271 Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. Lima, Perú. Obtenido de <https://fonamperu.org.pe/wp-content/uploads/2019/10/Ley-N-28271.pdf>
- Delgadillo López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-04622011000200002&script=sci_arttext

Díaz Dávila, M. Y. (2017). Capacidad de Acumulación de la ortiga (*urtica urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017. *Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniero ambiental*. Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/6866/DIAZ%20-DYM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gonzales Villalobos, S. A. (2019). *Efectos De La Actividad Minera En Centros Poblados Alto (Trabajo De Investigacion Para Optar El Título De: Ingeniero Agrícola)*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Obtenido de <http://190.108.84.117/bitstream/handle/UNPRG/4130/BC-TES-2945%20GONZALES%20VILLALOBOS.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Jara Peña, E., Gómez, J., Montoya, H., Chanco, M., Mariano, M., & Cano, N. (2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista Peruana de Biología*, 21(2). doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v21i2.9817>

Konijnenburg, A. (2006). *Agricultura Orgánica El suelo: sus componentes físicos*. Obtenido de [https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmp-inta_material_didactico_nro_01_\(1\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmp-inta_material_didactico_nro_01_(1).pdf)

Manterola, C. A., Arias, E., & Claros, N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149-155. doi:DOI: 10.1016/j.ciresp.2011.07.009

Marcelo Silva, J. G. (2017). “Capacidad fitorremediadora de *Urtica urens* L. en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad. *tesis para obtener el título profesional de Ingeniero ambiental*. Trujillo, Perú. Obtenido de

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22493/marcelo_sj.pdf?
sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22493/marcelo_sj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ministerio de Energía y Minas. (2020). *R.M. N° 238-2020-MINEM/DM Aprueban actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros*. Obtenido de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/ANEXO_RM238.pdf

Mogollón Rivera, C. E., Parrilla Vines, Y., Sotero Yglesias, P., & Valderrama Barreto, D. (2018). Remoción de metales pesados con *urtica urens l.* En suelos contaminados del distrito de huamachuco, provincia sánchez carrión, la libertad. *tesis para obtener el titulo profesionalde ingeniero ambiental*. Trujillo, Perú. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32883/mogollon_rc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Murtic, S., Jurkovic, J., Basic, E., & Hekic, E. (2019). Assessment of wild plants for phytoremediation of heavy metals in soils surrounding the thermal power station. *Agronomy Research*, 17(1), 234–244. doi:<https://doi.org/10.15159/AR.19.005>

Özkul, C. (2016). Heavy metal contamination in soils around the Tunçbilek Thermal Power Plant (Kütahya, Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(5). doi:<https://doi.org/10.1007/s10661-016-5295-2>

Pomboza Tamaquiza, P., Quisintuña, L., Dávila-Ponce, M., Carlos, L., & Vásquez, C. (2016). Hábitats y usos tradicionales de especies de *Urtica l.* en la cuenca alta del Rio Ambato, Tungurahua- Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 48-58. doi:[10.36610/j.jsab.2016.040200048](https://doi.org/10.36610/j.jsab.2016.040200048)

Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: una Roma. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

- Rumaldo Ramírez, M. D. (2019). Descontaminación de Suelos con plomo usando *Urtica urens* y *Fuertesimalva echinata* Fertilizada con gallinaza en el Callao. *Tesis para obtener título profesional de ingeniero ambiental*. Lima, Perú. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38373/Rumaldo_RMD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sherene, T. (2010). Mobility and transport of heavy metals in polluted soil environment. *Biological Forum — An International Journal*, 2(2), 112-121. Obtenido de http://www.erwiki.net/images/d/d8/2010-Sherene-Mobility_and_transport_of_heavy_metals_i.pdf
- Yacolca Tejada, M. A. (2017). “Capacidad fitorremediadora de la ortiga (*Urtica urens*) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-Cerro de Pasco-2017. Lima, Perú. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_f2e96bd9387b5624e5ca834cf_a2afeba

ANEXOS

Anexo 1: Estándares de Calidad ambiental para suelo (Perú)

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetradoroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tridoroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Anexo 2: Norma de Calidad ambiental del Recurso Suelo (Ecuador)

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	USO DEL SUELO			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Parámetros Generales					
Conductividad	mmhos/cm.	2	2	4	4
PH		6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Parámetros Inorgánicos					
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	12	15	15	15
Azufre (elemental)	mg/kg	500	-	-	-
Bario	mg/kg	750	500	2000	2000
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	2	-	-	-
Cadmio	mg/kg	2	5	10	10
Cobalto	mg/kg	40	50	300	300
Cobre	mg/kg	63	63	91	91
Cromo Total	mg/kg	65	65	90	90
Cromo VI	mg/kg	0.4	0.4	1.4	1.4
Cianuro (libre)	mg/kg	0.9	0.9	8.0	8.0
Estaño	mg/kg	5	50	300	300
Flúor (total)	mg/kg	200	400	2000	2000
Mercurio (inorgánico)	mg/kg	0.8	2	10	10
Molibdeno	mg/kg	5	10	40	40
Níquel	mg/kg	50	100	100	100
Plata	mg/kg	20	20	40	40
Plomo	mg/kg	100	100	150	150
Selenio	mg/kg	2	3	10	10
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	mg/kg	200	200	380	380
Parámetros orgánicos					
Aceites y Grasas	mg/kg	500	<2 500	<4 000	<4 000
Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos					
Benceno	mg/kg	0.05	0.5	5	5
Etilbenceno	mg/kg	0.1	1.2	20	20
Estireno	mg/kg	0.1	5	50	50
Tolueno	mg/kg	0.1	0.8	0.8	0.8
Xileno	mg/kg	0.1	1	17	20
Compuestos Fenólicos					
Clorofenoles (cada uno)	mg/kg	0.05	0.5	5	5
Fenoles (total)	mg/kg	3.8	3.8	3.8	3.8
Hidrocarburos aromáticos policíclicos					
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0.1	1	1	1
Benzo(a)pirenos	mg/kg	0.1	0.7	0.7	0.7

Anexo 3: Ficha de Registro N°1

Autores: Jara, Enoc; Gómez, José; Montoya, Haydeé; Chanco, Magda; Mariano, Mauro; Cano Noema.

Título: Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados.

Año de publicación: 2014

País: Perú

Resultados:

Muestras	Tratamientos	Plomo inicial suelo (mg/kg)	Plomo final en <i>Urtica Urens L.</i> (mg/kg)	
			Hojas	Raíces
1.5 kg de RM y 3.5 kg de suelo	T1	853	26.7	250
3.5 kg de RM y 1.5 kg de suelo	T2	1707.6	54.7	510
5 kg de RM	T3	2846	102	854.5

Anexo 4: Ficha de Registro N°2

Autor: Díaz Dávila, María Yanet

Título: Capacidad de Acumulación de la ortiga (*Urtica urens*) para la
fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017.

Año de publicación: 2017

País: Perú

Resultados:

Muestra	Tratamientos	Suelo		Plomo final en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)	
		Plomo inicial (mg/kg)	Plomo final (mg/kg)	Hojas	Raíces
		2 kg de suelo contaminado con plomo	T1	1119.51	1010.05

Anexo 5: Ficha de Registro N°3

Autor: Rumaldo Ramírez, Michael Douglas

Título: Descontaminación de Suelos con plomo usando *Urtica urens* y *Fuertesimalva echinata* Fertilizada con gallinaza en el Callao

Año de publicación: 2019

País: Perú

Resultados:

Muestras	Tratamientos	Suelo		Plomo final en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)	
		Plomo inicial (mg/kg)	Plomo final (mg/kg)	Hojas	Raíces
4 kg de suelo + 5% (200 g) de gallinaza	T1	980	703.89	10.33	5.49
4 kg de suelo + 10% (400 g) de gallinaza	T2	980	639.5	30.63	19.49
4 kg de suelo + 20% (800 g) de gallinaza	T3	980	609.58	40.49	26.67

Anexo 6: Ficha de Registro N°4

Autores: S. Murtic; J. Jurkovic; E. Basic; E. Hekic

Título: Evaluación de plantas silvestres para la fitorremediación de metales pesados en suelos aledaños a la central térmica

Año de publicación: 2019

País: Bosnia and Herzegovina

Resultados:

Muestra	Tratamientos	Plomo inicial en suelo (mg/kg)	Plomo final en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)
Suelo contaminado por metales pesados	T1	145.27	0.21

Anexo 7: Ficha de Registro N°5

Autores: Bernabé García, Yeslin Marely y Medina Cerna, Heredia

Título: Fitorremediador por densidad poblacional de *Urtica Urens* en suelos contaminados por metales pesados, caserío Shiracmaca, distrito de Huamachuco - 2018

Año de publicación: 2018

País: Perú

Resultados:

Muestras	Tratamientos	Suelo		Plomo final en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)
		Plomo inicial (mg/kg)	Plomo final (mg/kg)	
6kg de suelo +1.5 kg estiércol de cuy + 1 planta	T1	100	89	11
6kg de suelo +2 kg estiércol de cuy + 2 plantas	T2	100	62	38
6kg de suelo +2.5 kg estiércol de cuy + 3 plantas	T3	100	30	70

Anexo 8: Ficha de Registro N°6

Autores: Mogollón Rivera, Carlos Eduardo; Parrilla Vincés, Yajaira; Sotero Yglesias, Paola y Valderrama Barreto, Diana

Título: Remoción de metales pesados con *Urtica urens L.* en suelos contaminados del distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, La Libertad

Año de publicación: 2018

País: Perú

Resultados:

Muestras	Tratamientos	Suelo		Plomo final
		Plomo inicial (mg/kg)	Plomo final (mg/kg)	en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)
El 60% suelo (900 g) más el 40% de abono orgánico (600 g).	T1	34.12	12.41	21.71
El 70% suelo (1050 g) más el 30% de abono orgánico (450 g).	T2	34.12	33.97	0.15
El 80% suelo (1200 g) más el 20% de abono orgánico (300 g).	T3	34.12	27.03	7.09

Anexo 9: Ficha de Registro N°7

Autor: Marcelo Silva, Joely Georgeana

Título: Capacidad fitorremediadora de *Urtica urens L.* en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad

Año de publicación: 2017

País: Perú

Resultados:

Muestra	Tratamiento	Suelo		Plomo final en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)
		Plomo inicial (mg/kg)	Plomo final (mg/kg)	
1.5 kg de suelo + planta	T1	9.88	9.01	0.87

Anexo 10: Ficha de Registro N°8

Autor: Yacolca Tejada, Miguel Angel

Título: Capacidad fitorremediadora de la ortiga (*Urtica urens*) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-Cerro de Pasco 2017

Año de publicación: 2017

País: Perú

Resultados:

Muestras	Tratamiento	Suelo		Plomo final en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)
		Plomo inicial (mg/kg)	Plomo final (mg/kg)	
4 kg de suelo + 2 kg de humus de lombriz	T1	417.185	257.48	171.13

Anexo 11: Ficha de Registro N°9

Autor: Castro García, Evelin Esperanza

Título: Efecto del quelato (EDTA) en la fitorremediación de un suelo contaminado por plomo, con *Urtica urens* en La Oroya, 2018

Año de publicación: 2020

País: Perú

Resultados:

Muestras	Tratamientos	Plomo inicial en suelo (mg/kg)	Plomo final en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)	
			Hojas	Raíces
3 kg suelo + 3 plantas	T1	683.26	66.3	85.313
3 kg suelo + 50 mg/kg de EDTA 3 plantas	T2	683.26	83.917	242.223
3 kg suelo + 100 mg/kg de EDTA + 3 plantas	T3	683.26	151.617	259.287
3 kg suelo + 150 mg/kg de EDTA + 3 plantas	T4	683.26	132.91	230.743
3 kg suelo + 200 mg/kg de EDTA + 3 plantas	T5	683.26	145.807	175.777
3 kg suelo + 250 mg/kg de EDTA + 3 plantas	T6	683.26	80.517	110.853

Anexo 12: Ficha de Registro N°10

Autores: A. Abou-Shanab; Hanan A. Ghazlan; Khaled M. Ghanem y Hassan A. Moawad

Título: Metales pesados en suelos y plantas de diversos sitios contaminados con metales en Egipto

Año de publicación: 2007

País: Egipto

Resultados:

Muestra	Tratamiento	Plomo inicial en suelo (mg/kg)	Plomo final en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)
Suelo contaminado con metales pesados	T1	61	43

Anexo 13: Ficha de Registro N°11

Autores: Buskunova G.G. y Ilbulova G.R

Título: Características de la acumulación de metales pesados en plantas *Urtica dioica* y *Urtica urens L.*

Año de publicación: 2019

País: Rusia

Resultados:

Muestra	Tratamiento	Plomo final en <i>Urtica urens L.</i> (mg/kg)	
		Hojas	Raíces
Suelo contaminado con metales pesados	T1	0.016	23.8

Anexo 14: Porcentaje de similitud



Document Information

Analyzed document	TESIS_VIOLETA QUILICHE.docx (D110642148)
Submitted	7/21/2021 5:46:00 PM
Submitted by	
Submitter email	N00030889@upn.pe
Similarity	18%
Analysis address	gladys.lícapa.delnor@analysis.urkund.com