



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Análisis de la capacidad fitorremediadora de la hortensia
(*Hydrangea macrophylla*) en suelo con cromo total del PIRS,
Arequipa, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Alarcón Lipa, Anyi Xuxan (ORCID: 0000-0003-4704-0862)

ASESOR:

Mg. Herrera Díaz, Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-8578-4259)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA-PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a Dios, por permitirme alcanzar mis metas, haberme guiado a lo largo de la carrera, dándome fortaleza para continuar y culminar la investigación.

A mis padres Roberto Alarcón Medina y Judith Lipa Calla, quienes estuvieron al pendiente, brindándome su apoyo en cada momento, dando ánimos para lograr culminar la investigación y apoyarme en mi formación profesional.

A mi hermano Jhordan, por brindarme su apoyo durante la ejecución del trabajo, y a todos mis familiares que siempre supieron apoyarme moralmente para seguir adelante.

Agradecimiento

A Dios por darme la vida y la fuerza para alcanzar las metas propuestas, poder culminar mi carrera y estar presente en todo momento.

A mi Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, conformado por aquellos docentes que me brindaron sus enseñanzas a lo largo de mi formación, aportando nuevos conocimientos, recomendaciones y consejos durante el desarrollo de la tesis.

A mis padres Roberto y Judith, quienes me han apoyado moral, económicamente durante el trayecto de mi formación profesional de manera incondicional, aportando en mi fortaleza para continuar con la perseverancia de poder culminar mi tesis.

A mi hermano Jhordan, por su apoyo incondicional durante el desarrollo de la investigación.

A mi compañero, amigo del alma, Ronaldo por estar presente en todo momento brindándome su comprensión y ser parte de mi vida, orientándome, motivándome en persona, a la distancia en la culminación de mi proyecto.

Índice de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	4
III. METODOLOGÍA.....	33
3.1. Tipo y diseño de investigación	33
3.2. Variables y operacionalización	33
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	34
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5. Procedimientos.....	35
3.6. Método de análisis de datos.....	41
3.7. Aspectos éticos	42
IV. RESULTADOS	43
V. DISCUSIÓN	56
VI. CONCLUSIONES	59
VII. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Concentración del metal en plantas de Fitoextracción y fitoestabilización	15
Tabla 2: Ventajas y desventajas de la fitorremediación	19
Tabla 3: Especies vegetales remediadoras de metales pesados y compuestos orgánicos.....	21
Tabla 4: Planta hiperacumuladora de varios metales	23
Tabla 5: Costos de tratamiento de metales y el tiempo requerido	24
Tabla 6: Estándar de la calidad del Suelo de Cromo	25
Tabla 8: Clasificación Taxonómica de la Hortensia	29
Tabla 9: Parámetros físicos y absorción de nutrientes en la Hortensia	32
Tabla 11: Concentración de Cromo Total de Suelo del Parque Industrial Río Seco	43
Tabla 12: Preparación de los porcentajes de concentración de Cromo Total del suelo.....	44
Tabla 13: Concentración de Cromo Total en el suelo del Segundo y Tercer mes de tratamiento	45
Tabla 14: Concentración de Cromo Total en la raíz de la <i>Hydrangea macrophylla</i>	46
Tabla 15: Concentración Cromo Total en la hoja de la <i>Hydrangea macrophylla</i> .	48
Tabla 16: Remoción de Cromo Total del suelo.....	50
Tabla 17: Análisis de Varianza ANOVA.....	53
Tabla 18: Mínimos cuadrados y medias para la remoción de Cr total con 95% ..	54
Tabla 19: Test de comparación múltiple Cr total.....	55

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de producción de la curtiembre.....	9
Figura 2: Diagrama de bloques de la Etapa de Ribera.....	10
Figura 3: Mecanismo de absorción de metales pesados por las plantas mediante la fitorremediación	14
Figura 4: Esquematización de las técnicas de fitorremediación	15
Figura 5: Relación entre la concentración de la planta frente a la concentración del medio en respuesta a la presencia de metales pesados	17
Figura 6: Movilización de los metales pesados en el suelo	24
Figura 7: Planta ornamental H. macrophylla	26
Figura 8: Hortensia (Hydrangea macrophylla).....	29
Figura 9: Recolección de suelo del Parque Industrial Rio Seco	35
Figura 10: Plantas de Hortensia a los 15 días de tratamiento	36
Figura 11: Extracción de la Hortensia en el segundo mes de tratamiento	37
Figura 12: Muestras del segundo mes de tratamiento	38
Figura 13: Muestras de Hortensias del tercer mes de tratamiento	39
Figura 14: Diagrama del proceso experimental de la fitorremediación de la Hydrangea macrophylla	40
Figura 15: Representación estadística en Statgraphics	41
Figura 16: Factores para determinar la Remoción de Cromo Total Statgraphics	41
Figura 17: Variables analizadas en Statgraphics	42

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Concentración inicial de Cromo Total de suelo del Parque Industrial Río Seco	43
Gráfico 2: Concentración de Cromo Total en el suelo del Segundo y Tercer mes de tratamiento	45
Gráfico 3: Concentración Cromo Total de la muestra de 100% en la raíz de la <i>Hydrangea macrophylla</i>	47
Gráfico 4: Concentración Cromo Total de la muestra al 50% en la raíz de la <i>Hydrangea macrophylla</i>	48
Gráfico 5: Concentración Cromo Total de la muestra al 100% en la hoja de la <i>Hydrangea macrophylla</i>	49
Gráfico 6: Concentración Cromo Total de la muestra al 50% en la hoja de la <i>Hydrangea macrophylla</i>	49
Gráfico 7: Remoción de Cromo Total en muestras de 100% en función al tiempo y la concentración	51
Gráfico 8: Remoción de Cromo Total en muestras de 50% en función al tiempo y la concentración	51
Gráfico 9: Comparación del tratamiento de la concentración de Cromo Total de 100% y 50% al tiempo.....	52
Gráfico 10: ANOVA para la remoción de Cr total.....	53
Gráfico 11: Medidas de muestras	54

Índice de abreviaturas

ANA: Autoridad Nacional del Agua

Cr: Cromo Total

Cr+6: Cromo Hexavalente

Cr+3: Cromo Trivalente

MINAM: Ministerio del Ambiente

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

PIRS: Parque Industrial Río Seco

LMP: Límite máximo permisible

OMS: Organización Mundial de la Salud

ANOVA: Análisis de Varianza

EPA: Agencia de Protección Ambiental

MYPES: Micro y Pequeñas Empresa

Resumen

En la presente investigación se realizó la evaluación de la capacidad fitorremediadora de la especie *Hydrangea macrophylla* a diferentes dosis de Cromo total para dos periodos, se empleó sustratos fértiles y suelo contaminado con cromo del Parque Industrial Rio Seco-Arequipa, y para el segundo un suelo contaminado sin mezcla alguna. Se realizó el análisis del suelo con Cromo total determinando su concentración inicial de 12144.91 mg/kg, sobrepasando el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de suelo establecido por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, cuyo valor es de 1000mg/kg en su normativa para suelo comercial, industrial.

Se realizó el tratamiento con ocho muestras (dos repeticiones para cada concentración) y blanco, con sustrato de 5kg cada uno, en el primer periodo de dos meses de tratamiento de la Hortensia se obtuvo como porcentaje de remoción 79.45% para el tratamiento de 50%, mientras para el tratamiento de 100% fue de 66.58%; para el tercer mes del tratamiento de 50% fue de 88.41% y para el tratamiento de 100% fue de 70.82% de remoción de cromo; es una alternativa de remediación de suelos contaminados con Cromo total.

Palabras clave: Fitorremediación, remoción, biodegradabilidad, biotransformación

Abstract

In the present investigation, the phytoremediation capacity of the *Hydrangea macrophylla* species was evaluated at different doses of total Chromium for two periods, fertile substrates and soil contaminated with chromium from the Rio Seco-Arequipa Industrial Park was used, and for the second a soil contaminated without mixing. The soil analysis with total Chromium was carried out, determining its initial concentration of 12144.91 mg / kg, exceeding the Soil Environmental Quality Standard (ECA) established by Supreme Decree No. 011-2017-MINAM, whose value is 1000mg / kg in its regulations for commercial, industrial land.

The treatment was carried out with eight samples (two repetitions for each concentration) and blank, with substrate of 5kg each, in the first period of two months of hydrangea treatment, the removal percentage was 79.45% for the treatment of 50%. , while for the 100% treatment it was 66.58%; for the third month of treatment, 50% was 88.41% and for the 100% treatment it was 70.82% chromium removal; It is an alternative for the remediation of soils contaminated with total Chromium

Keywords: Phytoremediation, removal, biodegradability, biotransformation.

I. INTRODUCCIÓN

Las curtiembres son una actividad económicamente rentable, siendo desarrollada en Arequipa en el parque industrial Rio Seco (PIRS), esta actividad manufacturera debido al proceso del curtido ha generado graves consecuencias al ambiente por el mal manejo de sus efluentes industriales (Vanessa, 2018). Los efluentes industriales generados tienen una alta cantidad de productos químicos encontrados entre los más nocivos al cromo, descargando volúmenes de agua entre 15m³/ton a más de 80m³ y depositándose en las lagunas de oxidación con alto contenido de materia orgánica (Steysi, 2019)

Las aguas residuales generadas se caracterizan además por tener de altos niveles de Materia Orgánica (MO), Cromo total (Cr), Solidos Suspendidos (SST), Nutrientes, Sulfuros, pH ácidos y alcalinos y olores ofensivos. La quebrada de Añashuayco es una de las canteras de sillar de Arequipa que se encuentra muy contaminada con alto contenido de cromo provenientes de las PIRS debido al colapso de las lagunas de oxidación, presentando una mediana porosidad y permeabilidad lo que permite filtrar dichos efluentes y desplazándose a las aguas subterráneas en forma lenta, ocasionando la expansión de la contaminación en el suelo, a lo largo de la Quebrada existen centros poblados marginales y áreas de cultivo, teniendo desembocadura en la cuenca del Rio Chili comprometiendo áreas de cultivo de los distritos de Uchumayo, La Joya Antigua y Nueva, y algunas zonas de Sachaca (Estefany, 2019).

Los suelos contaminados por el desborde de las lagunas de oxidación causan el deterioro y degradación del mismo, el mal olor por la descomposición del cuero, la presencia de vectores de enfermedades causando malestar en la población e incluso llegar a incorporarse a la cadena trófica, es por ello que se debe controlar la incorporación del cromo al suelo con su remediación ya que puede causar grandes estragos al acumular el cromo en dicho suelo, como también degradándolo y modificando su capacidad de poder desarrollarse, impidiendo al suelo cumplir con sus funciones ecológicas (Almagro, 2015), el mismo suelo es alterado por el resultado de la extracción de minerales al aumentar la cantidad de micro elementos afectando a la biota, la actividad de los microorganismos

presentes en el, perjudicándolo en la descomposición de la materia orgánica del suelo. (Rosas Quina, 2019). Es debido a ello que se desea realizar el estudio de la especie *Hydrangea spp* para determinar su capacidad de fitorremediación en suelos contaminados con cromo, evaluando su tolerancia de la dosis máxima del contaminante que se le suministrara para lograr remover el mayor porcentaje de concentración del metal pesado que será bioacumulado y eliminado por el metabolismo de dicha especie estudiadas.

Justificación del estudio en lo **Teórico** la investigación aportara conocimientos por ser una alternativa eficaz (Puebla, 2017), enfocado a su mecanismo de tolerancia al metal de la especie vegetal y su resistencia o detoxificación, como la mineralización, reducir, solubilizar, quelar o acomplejar, redistribuir y acumular metales en las hojas, raíces y llegar a disminuir el metal presentes en el suelo. (Bautista, y otros, 2015). En lo **Tecnológico**, implementara una técnica de fitorremediación para la remoción del metal cromo, reduciendo costos en la implementación comparados con otras técnicas convencionales que generan gran consumo de energía con bajos rendimientos en la restauración del lugar, siendo la fitorremediación una técnica de consumo nulo para poder ser aplicado ex-situ o in-situ mediante el método de consumo del metal a través de las raíces de las plantas. En lo **Social**, la fitorremediación de la Hortensia permitirá remediar suelos contaminados con cromo que pueden quedar retenidos por procesos de adsorción, precipitación, ser absorbidos por plantas e incorporarse a las cadenas tróficas. Inclusive filtrarse a las aguas subterráneas y causar impactos negativos a la salud humana, el mal olor por la descomposición del cuero, la presencia de vectores de enfermedades causando malestar en la población. En lo **económico**, mediante la aplicación de la fitorremediación para la remoción del metal en estudio, disminuirá costos (poca demanda de inversión) por ser una tecnología que no involucra una infraestructura sofisticada, es estéticamente más agradable que las tecnologías convencionales, eficiente, sostenible y compatible.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de

la investigación fue **¿Cómo analizo la capacidad de absorción de la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) en suelos con Cromo Total del Parque Industrial Rio Seco?** Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cómo calculo la concentración del cromo total de suelo del Parque Industrial Rio Seco?
- **PE2:** ¿Cuál es la concentración foliar y radicular de cromo total en la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) cultivado a escala piloto?
- **PE3:** ¿Que eficiencia genera la remoción por la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) en las diferentes dosis de cromo total suministrado?

El objetivo general fue **Analizar la capacidad de absorción de la planta ornamental Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) en suelos con Cromo Total del Parque Industrial Rio Seco.** Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Calcular la concentración de cromo total de suelo del Parque Industrial Rio Seco
- **OE2:** Determinar la concentración foliar y radicular de cromo total en la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) post tratamiento
- **OE3:** Evaluar la eficiencia de remoción de la especie Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) en las diferentes dosis de cromo total suministrado.

La hipótesis general fue **La planta ornamental Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) será una alternativa biológica para demostrar su capacidad fitorremediadora en la remoción del metal pesado Cromo en el suelo del Parque Industrial Rio Seco.** Las hipótesis específicas fueron los siguientes

- **H1:** El suelo del Parque Industrial Rio Seco presentará alta contaminación de cromo total por el desborde de las lagunas de oxidación de las curtiembres.
- **H2:** El tratamiento con la planta ornamental Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) podrá almacenar cromo total del suelo, en la parte foliar y radicular.
- **H3:** La especie Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) presentará gran eficiencia por su capacidad fitorremediadora a diferentes dosis de cromo total suministrado.

II. MARCO TEORICO

La contaminación de suelos ha sido un factor muy determinante en épocas pasadas y en nuestro presente, estas se han venido desarrollándose producto de diferentes actividades en su mayoría antrópicas, generando contaminación directamente o indirectamente, siendo una de las industrias que generan gran contaminación ambiental es la industria de las curtiembres (Apaza-Aquino, 2020). Para la producción de cuero se requiere de procesos tanto mecánicos como químicos, empleando sustancias químicas como ácidos, álcalis, sales de cromo, taninos, solventes, surfactantes, curtientes naturales y sintéticos, aceites sulfonados y sales (QuijanoA., 2015)

Las curtiembres durante este proceso han generado gran cantidad de contaminantes altamente nocivos para la salud humana, así como residuos sólidos y líquidos (efluentes) con altas concentraciones de cromo. Los residuos generados por esta industria ha causado contaminación del agua y suelo (Sanjay M. S., 2020), el cromo encontrado en estos residuos encontrándose con sus estados de oxidación como el Cr+3 y en su forma perjudicial más toxica como Cr +6 encontrándose en cantidad baja, Tal es el caso que en la ciudad de Arequipa se encuentran el Parque Industrial Rio Seco (PIRS) donde se encuentran mas de ciento cincuenta curtiembres, y debido al colapso de las lagunas de oxidación donde desemboca los efluentes de las curtimbres, dirigiéndose directamente dichos vertidos sin tratamiento alguno a la quebrada de Añashuayco, afectando al suelo donde discurre (Zapana Huarache, 2018), siendo parte de la Cuenca del Río Chili, la cual desemboca en el sector de Uchumayo, La Joya Antigua y Nueva, algunas zonas de Sachaca siendo las áreas más afectadas por estos efluentes, incorporando al suelo el Cromo y siendo muy perjudicial para la salud de las personas al igual que al medio ambiente al afectar los ecosistemas adyacentes a él, provocando la degradación y modificación de su capacidad de desarrollarse de forma sostenible (Almagro Romero, 2015)

Cabe resaltar que los vegetales son claros bioacumuladores de compuestos químicos casi en su totalidad siendo nombrados como fitorremediadores eficaces para poder tratar estos compuestos tóxicos presentes en el suelo que

afecta en gran medida a la salud de las personas con toxicidad crónica y aguda. Mediante los estudios que se han ido realizando demuestran que la fitorremediación es una alternativa viable y de bajo costo comparada con otros tratamientos fisicoquímicos, ya que permite recuperar mediante el uso de las plantas, evaluándose su eficiencia en cada muestra, capaz de acumular el metal pesado en la parte foliar (Bernal & et al, 2007)

Es por ello que radica esta investigación, en determinar la capacidad de fitorremediación de suelos contaminados con Cromo para obtener resultados eficientes que permitan la incorporación de una alternativa para remediar, restaurar suelos y llegar a incorporarse a su productividad.

Apaza et al. (2020) estudio el modelo de un sistema de tratamiento para efluentes de la industria de curtiembre, determinó la eficiencia de un modelo de sistema de tratamiento a escala para tratar los efluentes de la curtiembre, Apaza (2020) utilizó el sistema que comprende de 4 etapas principales siendo estas: sedimentación, filtración, electrocoagulación y el tratamiento con un biofiltro a base de la biomasa de los hongos de *Aspergillus niger* y *Rhizopus sp*; se trabajó con una muestra compuesta por las etapas de lavado, remojo, pelambre, curtido, desencale y engrase de una curtiembre, analizando antes y después del tratamiento. Como resultado de los parámetros fisicoquímicos como la DBO5, DQO, sulfatos y cromo, se obtuvo la remoción de DQO en 83,33 %, DBO5 se redujo en 66,43 % y la concentración de cromo llegó a 7,786 ppm, con una reducción de 84 %, siendo una tecnología de remoción de cromo y DQO.

Pineda et al (2019) estudio la evaluación del Potencial de Fitorremediación de *Isolepis cernua* y *Nasturtium aquaticum* para el Tratamiento Secundario de Efluentes de Curtiembre del Parque Industrial Rio Seco, Pineda (2019) menciona que se implementó ocho sistemas de humedales artificiales en paralelo para tratar efluentes pre tratados del PIRS tales como el Cromo Total, Cr VI, DBO5, DQO, SST, Sulfatos, Sulfuros, Ph, Conductividad, aplicando porcentajes de dilución de 50%, 75%, 100% con retención hidráulica de 2 y 4 días. Como resultado del estudio se concluyó que la caracterización de las aguas residuales fue de 12.98-3.25mg/L, acumulando concentraciones de Cr de 7.5-22.5 mg/kg en las raíces y obteniendo como porcentaje de remoción para el Cr

de 98,95%, 98,99% para DBO5, 96, 84% para DQO y 97,66% para SST logrando cumplir la normativa del sector PRODUCE y VIVIENDA.

Huayta et al. (2018) estudio la técnica de fitorremediación en la extracción de metales pesados con la planta Yaluzai (*Senecio Rudbeckiaefolius*) en la relavera de Quiulacocha del distrito de Simón Bolívar de Rancas, Huayta (2018) menciona que el análisis en la especie *Senecio Rudbeckiaefolius* capturo en el tratamiento un valor de Cromo (Cr). Como resultado del estudio, cuyo registro con dos datos muestreados fue de 2.35 mg/kg, 0.88 mg/kg en la hoja y un 0.87 mg/kg, 3.88 mg/kg en la raíz y otros metales como Cobre (Cu), Fierro (Fe), Magnesio, Manganeso (Mg), Plomo (Pb) y Zinc (Zn), los cuales se extrajeron en grandes proporciones bioacumulandose mas en las hojas en comparación con la raíz de la especie.

Flores (2018) estudio la simulación de remoción parcial de Cromo en suelos contaminados utilizando como fitorremediador el (Tagete sp) Marigold, Flores (2018) menciona que se muestreo suelo contaminado con cromo de 10611 ppm, por lo cual se prepararon mezclas con porcentajes de 25%, 50%, 75% para determinar la acumulación de cromo en la etapa de florecimiento en el periodo de 60 días acumulando. Como resultado del estudio concluyó que obtuvo de concentración 785 mg/kg, 338 mg/kg, 468 mg/kg y esta última remueve el suelo 559 mg/kg de cromo, mientras que el crecimiento de la planta oscila de 12,3 cm, pero sometida a 25% de suelo contaminado llega a 11,6 cm, para el 50% crece a 10,7 cm y para el 75% de suelo contaminado su crecimiento es hasta 9,8 cm.

Bautista, et. al. (2015) estudio el lodo industrial textil en la producción de hortensias (*Hydrangea macrophylla L.*) en maceta, Bautista (2015) mencionó que los lodos que fueron obtenidos del agua de desecho del proceso industrial de la empresa textil donde se hicieron cinco muestreos con diferentes intervalo de días llegando hasta el día 75 que fueron analizadas por separado tanto en hojas, tallos, flores y raíz para posterior determinar su concentración de K, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn y Na, Como resultado del estudio del análisis biológico de la composición de coliformes fecales fue bajo su contenido, ausencia de Salmonella y huevos de helminto, siendo efectivo su uso para la agricultura.

Mientras para el análisis de metales pesados su concentración fue bajo comparado con el límite máximo permisible en el caso de Cromo (Cr) fue de 23 mg/kg, encontrándose debajo de la norma NO-004-SEMARNAT-2002 (1200 mg/kg), además no implico riesgo en su manipulación, pero se encontró gran contenido de sales que fue tratado por una turba acida para ser disminuido. Siendo el principal aporte de nutriente del lodo residual los aportes en Ca, Zn, Fe y Mg para el crecimiento de la *Hydrangea macrophylla* L con la debida concentración que se tuvo en el estudio en un 10% del volumen de lodo residual para un buen desarrollo del cultivo. Así mismo Bautista (2015) menciona que la especie *Hydrangea macrophylla* L. es intolerante a altas concentraciones de sales por el estudio no debe ser mayor al 10%, siendo en caso la especie es muy resistente a metales pesados ya que crecen en suelos ácidos.

Torres, et al. (2010) estudio el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides*) para la fitorremediación de cromo en lodos residuales de una tenería, Torres (2010) determinó la fitorremediación de lodo residual de la industria curtiembre que presenta altos valores de cromo ($21\ 000\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$), ya que utilizan grandes cantidades de cromo para evitar la descomposición del cuero. Como resultado del estudio menciona que utilizó un sustrato para mejorar las condiciones edáficas para el desarrollo de vetiver, por el cual se evaluó los tratamientos: T1= lodo contaminado sin plantas de vetiver; T2= lodo contaminado + plantas de vetiver; T3= lodo contaminado + abono orgánico + plantas de vetiver; T4= abono orgánico + plantas de vetiver. Así mismo Torres (2010). Obtuvo después de 15 y 45 días de sembrado el vetiver, se estimó la concentración de cromo en el lodo y en la planta. Además, se midió altura de planta, biomasa de raíces y parte aérea en función de peso seco a 7, 15, 30 y 45 días después de la siembra. Los resultados obtenidos mostraron una reducción de niveles de cromo en el tratamiento T2, con respecto a valores iniciales de lodo en 30% a 15 días y en 9% a 45 días; teniendo 3.49 mg de concentración en la planta, observándose en este tratamiento una concentración de $596.92\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$ de cromo en el tejido foliar, este valor es significativamente superior al encontrado en los tratamientos donde se sembró vetiver + lodo + abono, donde el porcentaje de cromo absorbido correspondió a 1.11% el cual representa una concentración de $190.3\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$ de cromo en el tejido foliar.

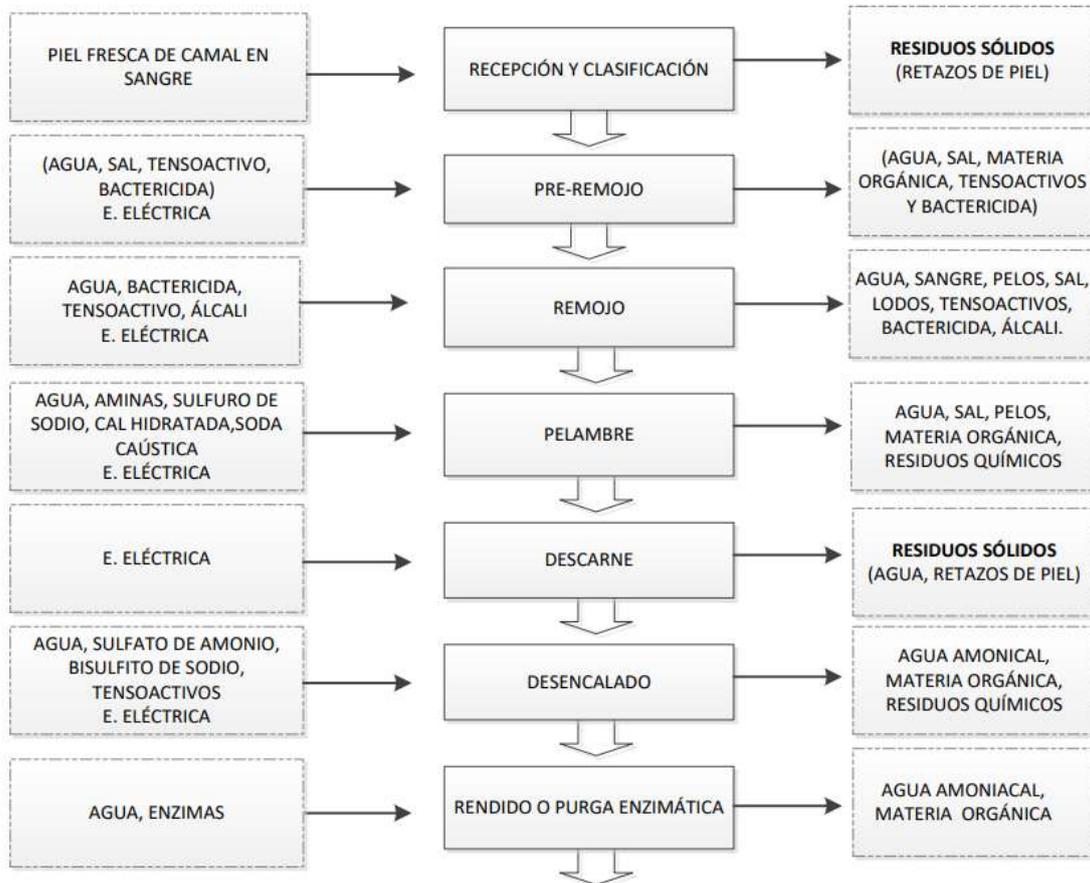
El proceso de curtido transforma la piel del animal en un producto con cualidades y buenas propiedades, pasando por etapas para su acondicionamiento y producto final, las etapas son: ribera, curtido, recurtido, teñido, engrase, secado y acabado (Rey de Castro Rosas, 2013). La etapa de ribera consiste en realizar operaciones mecánicas, conjuntamente con el adiconamiento de enzimas, con el propósito de eliminar organismos contaminantes que dificulten el proceso de elaboración del cuero. Esta etapa prepara el cuero para la curtido, por lo que es necesario adicionar grandes cantidades de agua, la parte que es utiliza en el proceso es la dermis o corium (Rey de Castro Rosas, 2013). Dentro de esta etapa se encuentra la recepción de pieles, salado, remojo, lavado, pelambre, descarnado y dividido (Córdova Bravo, 2014). Este proceso consiste en frenar la degradación debido a la autolisis por las enzimas que contiene la piel y por la putrefacción por el crecimiento bacteriano. Por lo que se procederá a realizar: secado, salado, piquelado.

En la etapa de Remojo Consiste en limpiar con el fin de eliminar restos de sangre o cualquier tipo de contaminación en la piel, también se le adiciona sal o algún biocida en la piel, ya que puede existir la presencia de bacterias y hongos, generalmente se debe rehumectar, los compuestos químicos utilizados para el remojo son: Tensoactivos (Utilizados para mejorar la humectación), Bactericidas Usado para minimizar el crecimiento de bacterias, Enzimas necesario para el remojo y utilizado para eliminar las albuminas, globulinas de la piel de los animales, Álcalis aumenta el ph hasta 10 con la finalidad de inhibir la proliferación bacteriano, se usa el hidróxido de sodio (NaOH), carbonato de sodio (Na₂CO₃) (Alcócer Meneses, 2016). En la etapa de Pelambre se utiliza el Sulfuro de Sodio Usado para depilar la piel, por lo que aumenta el hinchamiento. El Na₂S con el agua libera Na⁺, HS⁻ y OH⁻, sulfhidrato de Sodio, Aminas, Hidróxido de calcio, enzimas.

En la etapa de curtición se quiere que las proteínas de la estructura fibrosa del cuero sea estable para el proceso de curtido, se realiza con sales de cromo (cromo trivalente) llamado sulfato básico de cromo, se le agrega el agente curtiente a las pieles en un estado de piquelado a un ph de 3.5 en un solo baño, siendo el ph adecuado para que la sal curtidora sobre la proteína es baja

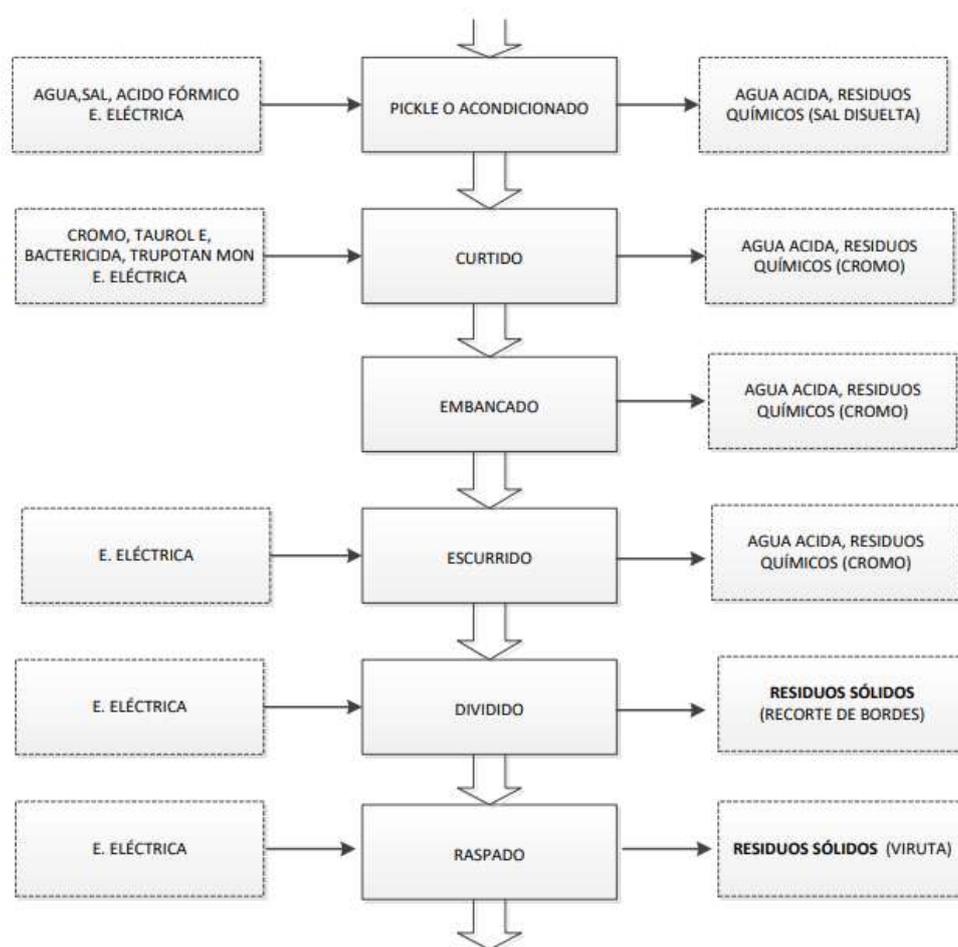
teniendo la penetración de cromo en la piel, para lograr la estabilidad hidrotérmica.

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de producción de la curtiembre



Fuente: (Alcócer Meneses, 2016)

Figura 2: Diagrama de bloques de la Etapa de Ribera



Fuente: (Alcócer Meneses, 2016)

La contaminación de suelos se ha venido efectuándose desde la aparición de la industrialización, tanto por el sector industrial como curtiembres, agrario, minero, hidrocarburos, entre otras. La contaminación es la adición de partículas, sustancias contaminantes ya sea que se encuentren en estado líquido, sólido a su composición normal del medio en este caso el suelo. Estos contaminantes van deteriorando la superficie terrestre permitiendo la pérdida de sus funciones, se va alterando por la presencia de sustancias químicas o sintéticas, estos pueden llegar a encontrarse formando enlaces con la estructura de suelo o adheridos a él (Fabelo, 2017). Las causas por el cual se contamina el suelo es debido a las distintas actividades que el hombre realiza cambiando su estado natural y alterando su composición, dañándose por distintas actividades como las curtiembres, agrícolas y domésticas, los contaminantes de las industrias

curtidoras se debe por el uso indiscriminado de pesticidas, la lixiviación del contaminante para pasar a la napa freática por el desplazamiento de sustancias solubles, la contaminación doméstica debido a los desechos de los vertederos por medio de la percolación mediante el paso del líquido a través de un material poroso a las aguas subterráneas

Los suelos que se encuentran contaminados presentan efectos como la pérdida de su composición química, nutrientes, recursos que albergan, al igual se van empobreciendo a medida de su toxicidad del contaminante, al igual genera efectos negativos a la población que hace uso del suelo para diferentes actividades ya sea para consumo humano en la alimentación destacando peligros como:

- **Peligros toxicológicos para la salud y digestión:** Debido a la inhalación o el consumo indirecto mediante los vegetales cultivados en dicho medio.
También destaca el peligro al estar en contacto directo generando alergias en la piel, problemas cutáneos por la manipulación del suelo contaminado.
- **Contaminación de aguas superficiales y subterránea:** Debido a la transferencia o movilidad del contaminante a través de la percolación por medio de la adición del agua al suelo contaminando siendo lavado y transportado hacia aguas superficiales e incluso llegar por infiltración a las aguas subterráneas.
- **Volatilización:** Algunos elementos son susceptibles a volatilizarse dispersándose a través del viento y contaminando el aire e incluso llegar a afectar la salud de las personas.
- **Degradación paisajística:** Los contaminantes que fueron vertidos en años pasados pueden llegar a manifestarse en un futuro, su toxicidad podrá evidenciarse al reaccionar con otras sustancias y provocar una contaminación más severa generando la degradación del suelo afectando al sector agrícola (Fabelo, 2017)

El cromo por ser un metal pesado, no se halla libre en la naturaleza, pero se encuentra combinado, se halla en las rocas, suelos, agua, plantas y animales. El

cromo se encuentra en diferentes estados de oxidación, de forma bivalente, trivalente y hexavalente, su forma hexavalente tiene un alto poder tóxico. El cromo en bivalente es muy inestable, por lo que se oxida a cromo trivalente. Las fuentes de contaminación que generan cromo son las curtiembres, emitiendo efluentes de 1 a 77 mg/l, en las plantas se encuentran presentes en concentraciones detectables. El cromo VI es un desnaturalizador de proteínas y precipitante de los ácidos nucleicos, como también los cromatos pueden causar cáncer sobre el pulmón y el aparato digestivo. Al tratar concentraciones altas de cromo puede provocar reducción en el crecimiento y productividad de las plantas relacionado con alteraciones nutricionales, como su misma traslocación y absorción de sus elementos esenciales.

El contaminante en el suelo, depende de la efectividad de la tecnología o técnica de remediación, se debe tener en cuenta las características del contaminante, tanto sus procesos químicos, las reacciones que realizan como la hidrólisis, oxidación, reducción, fotólisis, sus procesos físicos como la sorción, advección, dispersión, difusión, volatilización y solubilización, y los procesos biológicos como la biodegradación, biotransformación y la toxicidad. (Eweis, 1998). Cabe resaltar que la biodegradabilidad es una técnica biológica que transporta mediante mecanismos biológicos los compuestos orgánicos ya metabolizados y que no tienen compuestos tóxicos a través de mecanismos propios del suelo. (Cuadros, 2005). La fitorremediación consiste en el uso de plantas o sistemas microbianos de las plantas enmiendas del suelo o técnicas agronómicas, para poder extraer o bioacumular el contaminante por el metabolismo que realizan, removiendo y estabilizando para de alguna forma degradar el contaminante que se encuentra en dicho medio que fue impactado, es más económica que puede ser utilizado a través de la combinación de técnicas, para ello previamente se debe evaluar la zona que será recuperada a través del tratamiento destacando su hidrogeología, composición del suelo, formas y características de la población microbiana viviente, su clima y las características del contaminante (Cuadros, 2005)

La fitorremediación es una técnica que aprovecha la capacidad de las plantas y la energía solar para el tratamiento de contaminantes en un medio de estudio del medio ambiente (Arias, 2010). Actuando las plantas como filtros biológicos que descomponen los contaminantes y estabilizando las sustancias contaminantes o metales pesados presentes en el agua, suelo al ser captado por las raíces, pasar al tallo y llegar a las hojas, e incluso puede llegar a metabolizarlo a través de microorganismos para convertirlo en compuestos menos nocivos y más estables transformándolo en dióxido de carbono, agua y sales minerales (Peña C. , 2001).

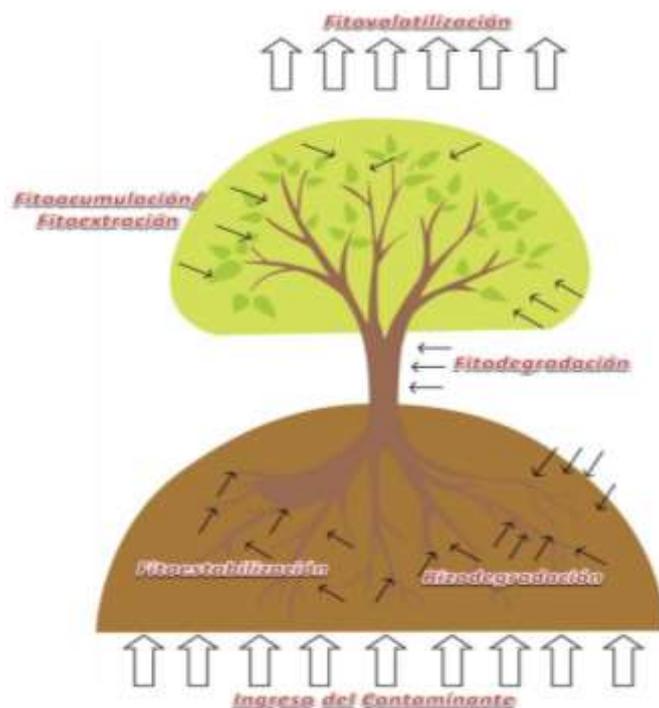
La Fitoextracción o fitoacumulación, está basada en concentrar el contaminante en las diferentes partes de la planta, en la parte aérea (hojas), tallos y raíz entre ello se destaca contaminantes como metales pesados cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio y zinc, también en algunos contaminantes orgánicos, isotopos radioactivos, las plantas usadas son las metalofitas o hiperacumuladoras de metales pesados el cual dura el tratamiento unas semanas o meses, siendo tratadas las plantas al cumplir el tratamiento de descontaminación las plantas pueden ser cosechadas, utilizarse como compost e incluso incinerarlas considerándose dichas cenizas como residuos peligrosos disminuyéndose hasta el 10% de su volumen inicial.

La Rizo filtración se extrae el contaminante a través de la raíz por medio de la absorción, precipitación y concentración del contaminante a través del agua junto al contaminante para ser degradado, aquellas plantas se cultivan en hidroponía para ser cambiado sus raíces al terrestre y promover el alto crecimiento en el área superficial, destacando contaminantes como cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc, isotopos, radioactivos y compuestos fenológicos.

La fitoestabilización reduce la movilidad del contaminante evitando que se filtre a la napa freática o agua subterránea e incluso al aire mediante la acumulación en su raíz al desarrollar un sistema radicular disminuyendo la disponibilidad por el mecanismo de secuestro, lignificación o humificación reduciendo la biodisponibilidad a la cadena alimenticia, para este proceso las plantas deben ser tolerantes capaces de restaurar lugares con altas concentración de metales pesados con un buen porcentaje de evapotranspiración para que sea capaz de albergar la humedad en la zona de la rizosfera y llegar a inmovilizar los metales por la adsorción a contaminantes de desecho de yacimientos mineros, aguas

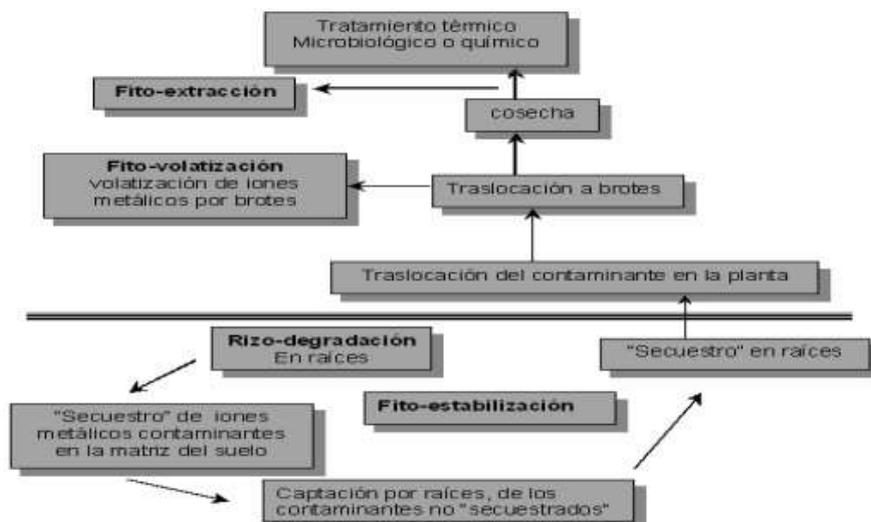
residuales, compuestos clorados y fenológicos. Fito estimulación, la planta libera exudados radiculares para favorecer la abundancia de microorganismos como bacterias y hongos para poder degradar al contaminante. Los contaminantes tratados son los hidrocarburos, poli aromáticos, benceno, tolueno, atrazina, aguas residuales y agropecuarias. Fito volatilización: captan a través de la absorción y liberan por transpiración al contaminante a la atmosfera a través de su metabolismo a contaminantes orgánicos, aguas residuales agropecuarias, aguas con mercurio, selenio, solventes clorados como tetraclorometano y triclorometano. Estos contaminantes se transforman en la raíz, pasando a las hojas y volatilizándose al ambiente en concentraciones bajas comparadas a las concentraciones iniciales siendo menos nocivas, peligrosas, toxicas como se muestra en la Figura 3. Fito degradación, degradan al almacenar primero al contaminante para eliminar subproductos menos nocivos para ambiente destacando entre ellas las plantas acuáticas y terrestres. Contaminantes tratados son las aguas residuales agropecuarias, suelos con TNT, DNT, RDX, nitrobenzeno, nitrotolueno, atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosforados, fenoles y nitrilos, entre otros (Núñez, 2004)

Figura 3: Mecanismo de absorción de metales pesados por las plantas mediante la fitorremediación



Fuente: (Núñez, 2004)

Figura 4: Esquematación de las técnicas de fitorremediación



Fuente: (Singh, 2003)

Tabla 1: Concentración del metal en plantas de Fitoextracción y fitoestabilización

	Fitoextracción	Fitoestabilización
Características generales de las plantas	Rápido crecimiento y mucha biomasa	Perennes y raíces profundas
Coefficiente de fitoextracción	>1	<1
Factor de traslación	>1	<1
Concentración de metales en parte aérea (mg/kg)		
As	≥1 000	≤30
Cd	≥100	≤10
Cu	≥1 000-5 000	≤40
Mn	≥1 000-10 000	≤2 000
Pb	≥1 000-10 000	≤100
Zn	≥10 000	≤500

Fuente: (Mendez, 2008)

La fitorremediación en suelos consiste en la acumulación del contaminante en la planta mediante la absorción en las raíces, tallos y hojas, bien inmovilizándose en las raíces o precipitándose en la rizosfera, por la utilización de especies tolerantes a los contaminantes que reducen su biodisponibilidad y movilidad por mecanismos de estabilización físicos, químicos y biológicos, para evitar el

transporte de dicho contaminante a las aguas subterráneas o napa freática, o llegar incluso a la atmosfera. Esta técnica se realiza con la finalidad de minimizar la concentración disponible y poder afrontar su restauración, rehabilitación y recuperación de los suelos contaminados (Vila, 2018). Los procesos a aplicarse en la fitorremediación en suelo son: la fitoestabilización, fitoinmovilización, fitoextracción, Fito volatilización y fitodegradación (Peña S. E., 2013). Los suelos contaminados dependerán para la remediación de la concentración del contaminante, cuando la concentración del metaloide es alta el desarrollo de la planta será menor, la tolerancia se da por los mecanismos de detoxificación el secuestro de la pared como un mecanismo de las plantas expuestas al estrés crónico, las fitoquelatinas y los ácidos orgánicos son los que lo reducen la toxicidad dentro de las células. La aparición de hongos en la micorrización favorece en la magnitud de la degradación por las comunidades fúngicas nativas alrededor de la planta como las asociaciones de *Abies P. ammoniavirescens* (Fernández, 2017).

Existen ciertos factores para determinar la concentración de la planta, el Factor de bioacumulación es el coeficiente de absorción biológica (BAC) o factor de concentración (Cf) que mide la capacidad de captación del metal en la planta que puede ser absorbido a través por la raíz o las hojas en relación con la concentración en el suelo, siendo un indicador de eficiencia de la acumulación de los metales en la biomasa, el valor de uno es el que indica que la especie es potencialmente hiperacumuladora (Audet, 2007). Por el contrario, especies que tienen valores menores a 1 con mayor capacidad de exclusión, dentro de dicho factor se encuentra el factor de bioacumulación en la raíz de la planta y el factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta. Factor de bioacumulación en la raíz de la planta, es la concentración de los metales en la raíz de la planta en relación con la concentración del metal en el suelo., es conocido también como factor de concentración biológica (FCB) Factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta, es el coeficiente de acumulación biológica (BAC) o factor de remediación (RC), siendo la proporción del elemento de la parte aérea de la planta en relación con la concentración del suelo (Martinez M. L., 2018). Factor de translocación es el coeficiente entre la concentración del metal en la parte

área y la concentración del metal en la raíz, si el factor de translocación es mayor a 1 se dice que tiene gran capacidad para translocar metales desde la raíz a los vástagos gracias a los eficientes sistemas de transporte por el secuestro de los metales hacia las vacuolas de las hojas y el apoplasto, las plantas que registran valores mayores a 1 son llamadas plantas hiperacumuladoras, por otro lado las plantas que no son acumuladoras tiene una alta concentración en las raíces que en las hojas y tallos. Es por ello que las plantas que registran valores mayores a 1 tiene una eficiente translocación, si el valor es mejor a 1 la translocación es baja, ya que son retenidas en las raíces y puede ser usado para la fito estabilización.

Los mecanismos de resistencia de las plantas a los metales pesados, se mide con la resistencia a los metales como la exclusión del metal restringiendo su transporte a la parte aérea, siendo este tipo parte de especies sensibles y las tolerantes permiten la acumulación en ella cuya presencia se encuentra en suelos contaminados (Méndez, 2009). Algunas plantas presentan resistencia a los metales pesados por lo que impiden que dicho contaminante quede libre en le citosol y en los orgánulos celulares para prevenir efectos tóxicos y dañar la estabilidad de la planta en su normal desarrollo, siendo catalogadas este tipo de plantas con baja tolerancia por lo que excluyen a los metales, por lo que la acumulación de los metales pesados siempre será menor a la concentración del suelo.

Figura 5: Relación entre la concentración de la planta frente a la concentración del medio en respuesta a la presencia de metales pesados



Fuente: (Kidd, C., García, & C., 2007)

Existen plantas que son capaces de desarrollarse en ambientes donde las concentraciones de los metales pesados en estudio se encuentran en concentraciones altas y pueden acumular gran concentración del contaminante como parte de su metabolismo llamándose plantas acumuladoras o hiperacumuladoras, al igual también existen plantas que son excluyentes de metales e indicatoras. Las plantas indicatoras son las que incorporan y acumulan los metales pesados en relación a las concentraciones disponibles del contaminante en el sustrato. Las plantas acumuladoras son aquellas que presentan gran resistencia a los metales pesados, encentrándose en gran cantidad en el suelo sobre el cual crecen, siendo plantas específicas que se han adaptado bruscamente al cambio de sustrato teniendo gran tolerancia a metales en específico o a varios metales en general, este fenómeno de tolerancia se ha producido por la evolución de las metalofitas sobre sustratos con mayores concentraciones de distintos metales pesados (Reigosa, 2003). Las plantas hiperacumuladoras acumulan cantidades excesivas de metales pesados, generalmente tienen poca biomasa debido a que utilizan más energía en los mecanismos necesarios para adaptarse a las altas concentraciones del metal en sus tejidos, la capacidad de las plantas para bioacumular metales y otros contaminantes varían según la especie vegetal y la naturaleza de los contaminantes, estas diferencias radican en la capacidad de retención del metal por el suelo de cultivo y a la interacción planta-raíz-metal y al metabolismo vegetal (Méndez, 2009).

En la fitorremediación destaca más las ventajas, ya que es una técnica de bajo costo y de buen resultado de recuperación de suelos, según antecedentes de estudios con diferentes tipos de plantas, las ventajas y desventajas que se destacan son las siguientes:

Tabla 2: Ventajas y desventajas de la fitorremediación

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Tecnología sustentable	- Proceso lento al tener especies de plantas que demandan tiempo en su desarrollo entre ellos árboles, arbustos.
- Eficiente tratamiento de manera in situ	- Esta tecnología requiere un largo periodo de tratamiento comparada con otros.
- Se puede usar dicha tecnología en lugares con degradación baja del contaminante o moderado.	- La tecnología depende de las estaciones en la cual sea factible su tratamiento.
- Tecnología de bajo costo al no requerir energía adicional, ni personal especializado para su manejo.	- Requiere un crecimiento de vegetación óptimo para lo cual puede ser limitado por la misma toxicidad del contaminante.
- No perjudica al medio ambiente en gran medida, ni genera efectos secundarios en el lugar.	- Puede liberarse contaminantes tóxicos en concentraciones mínimas por la evapotranspiración de las hojas de la planta al ambiente durante el otoño en especies perennes.
- No genera contaminantes secundarios y pocas veces el desecho de la planta es toxica	- Puede acumularse en algunos casos en el tallo siendo un contaminante al aire al ser combustionado.
- Tiene la probabilidad de poder adaptarse en lugares que tengan una adecuada incorporación de nutrientes.	- Las plantas que serán utilizadas en el tratamiento pueden ser no factibles o eficientes siendo intolerantes o no acumuladoras del contaminante.
- Requiere plantas de enraizamiento casi superficial evitando la excavación profunda.	- Pueden los contaminantes solubilizarse movilizándose a aguas profundas.

-
- Pueden las plantas tratar contaminantes tóxicos, peligrosos.
 - El tratamiento puede reutilizar el agua recirculándola y biomasa también.
 - La tecnología utiliza energía limpia como la solar en sus procesos biológicos, químicos y físicos para permitir la remediación mediante la absorción, transformación, acumulación, extracción, reserva.
 - La planta puede resistir concentraciones de contaminantes orgánicos comparados con la tecnología que utiliza microorganismos para la remoción del contaminante.
 - El tratamiento se desarrolla con poca manipulación del sistema siendo autónomo.
 - La tecnología ayuda a la revegetación y la biodegradación del contaminante
- subterráneas causando daño al medioambiente.
 - La tecnología puede requerir áreas grandes para el tratamiento del contaminante.
 - El tratamiento puede contribuir a la aparición de plagas como mosquitos en caso de sistemas acuáticos.
 - La tecnología solo puede remover el contaminante hasta la profundidad en que llegan las raíces de la planta estudiada.
 - Las raíces de la planta requiere oxígeno por ende es limitado al no poder penetrar en condiciones bajas en textura del suelo y suelos compactados o con poca porosidad.
 - Suelo propenso a erosionarse ya que se encuentra desnudo en su tratamiento en las fases iniciales antes de trasplantarse la planta en estudio.
 - Los resultados finales de la técnica o soluciones del tratamiento son a largo plazo.
-

Fuente: (Martinez & Toro, 2010)

Tabla 3: *Especies vegetales remediadoras de metales pesados y compuestos orgánicos*

Especie vegetal estudiada	Contaminante tratado
- <i>Spartina pectinata</i>	- Cu, Pb, Fe, Zn
- <i>Typha</i> y <i>Juncus</i>	- Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni
- Wetlandplants	- Cu, Zn, PO ₄ Hg, As
- <i>C. Presi</i> (Zn hyperaccumulator)	- Selenio
- <i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	- Selenio
- <i>Lycopersicon esculentum</i> L.	
- <i>Thlaspi caerulescens</i> J.	- Selenio
- <i>Astragalus bisulcatus</i>	- Selenio
- Indian Mustard	- Mercurio
- <i>Arabidopsis halleri</i>	- Arsenico
- <i>Chlorella</i> sp.	- Arsenico
- <i>Brassica juncea</i>	- Niquel
- <i>Penisetum purpureum</i>	- Niquel
- <i>Brachiaria decumbens</i>	- Niquel
- <i>Phragmites australis</i>	- Niquel
- <i>Solanum nigrum</i> L.	- Niquel
- <i>Gentiana pennelliana</i>	- Niquel
- <i>Gigaspora margarita</i>	- Niquel
- <i>Glomus mosseae</i>	- Pesticidas
- <i>Agropyron elongatum</i>	- Selenio
- <i>Chlorella</i> sp.	- Niquel
- <i>Pteris cretica</i>	- Plomo
- <i>Arabidopsis</i>	- Niquel
- <i>Salix exigua</i>	- Niquel
- <i>Juncus effusus</i>	- Atrazine and metolachlor
	- Atrazine and lambda-cyhalothrin
- <i>Lolium perenne</i> L.	
- <i>Raphanus sativus</i>	- Pentachlorophenol

-
- | | |
|------------------------|---------------------|
| - Cyperus aggregatus | - Pentachlorophenol |
| - Brachiaria brizantha | - Petróleo |
| - Zea mays | - Petróleo |
| - Nicotiana tabacum | - Herbicidas |
| | - Herbicidas |
-

Fuente: (Saad & Castillo, 2009)

Dentro de las especies detalladas en el cuadro de Especies vegetales remediadoras de metales pesados también se destaca a especie ***Baccharis salicifolia*** que desarrolla mecanismos de fitorremediación, es una especie arbustiva distribuido en las Americas, el habitat en la que se encuentra son las orillas de ríos y arroyos, canales de riego.

Una especie también fitorremediadora es ***Schoenoplectus pungens*** la cual predomina en las riberas del Rio Chili a la Altura de Puerto San Martin y Puente de Fierro del cercado de Arequipa con una altura de 30 a 40 cm de longitud, con rizomas de entrenudos largos hasta 4mm de diámetro, con tallos de 21-80 cm de alto, hojas rígidas redondeadas, con inflorescencia formada por un fascículo de 1-4 espiguillas sésiles, bráctea inferior de 40-130 por 1-3 mm.

Los mecanismos de resistencia se han desarrollado en las plantas de una manera de tolerar dichos metales tóxicos en su sistema para lo cual han desarrollado estrategias clasificándose en excluyente y acumuladoras, dentro de ellas se destaca también a las hiperacumuladoras. Exclusión, consiste en la formación de compuestos bioquímicos en la pared celular de las plantas, precipitación de metales en el exterior, mediante la secreción de mucilagos y otros compuestos orgánicos, alteración de sistemas de membranas del transporte para reducir la entrada de metales y aumentar la actividad de ciertas bombas iónicas. Acumulación, consiste en la acumulación del metal en el interior de las células como en las vacuolas y la pared celular, estas pueden detoxificarse por la incorporación de proteínas, ácidos orgánicos, histidina y péptidos ricos en grupos tiol llamados fitoquelatinas, también ocurren reacciones de óxido reducción cuya función es cambiar su estado de oxidación a una menos tóxica.

Involucrando los mecanismos como la absorción de los iones por la raíz por difusión a través de la solución salina del suelo, estos son arrastrados por el movimiento del agua hacia la raíz y entran en contacto con las zonas de adsorción a medida que las raíces crecen, estos son movilizados por la secreción de quelantes o por la acción de acidificación de la rizosfera. Las raíces captan a los metales hidratados por medio de sistemas de transporte como bombas primarias, canales iónicos y transportadores, en las células estas son quelados por fitoquelatinas y el exceso es transportado a la vacuola. Estos son transportados desde la raíz hasta las hojas por el xilema, dentro de la planta estos se presentan como iones hidratados o como un complejo metal-quelante como ligante teniendo a la histidina y al ácido nítrico, al penetrar el acoplado de las hojas los metales se distribuyen dentro de la célula, manteniendo en cada organelo las concentraciones dentro de los rangos fisiológicos específicos. Hiperacumulación, características de las plantas que crecen en suelos contaminados con metales tóxicos y acumulan niveles elevados del mismo, generalmente acumulan hasta 1000mg/kg en la parte aérea del metal tóxico de aproximadamente 100 mg/kg del metal tóxico, estas plantas generalmente son acumuladoras de varios metales.

Tabla 4: Planta hiperacumuladora de varios metales

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NÚMERO DE ELEMENTOS	ELEMENTOS
Plantas Acuáticas			
<i>Azolla filiculoides</i>	Helecho acuático	4	Cu, Ni, Mn, Pb
<i>Bacopa monnieri</i>	Bacopa	5	Cd, Cr, Cu, Hg, Pb
<i>Eichornia crassipes</i>	Jacinto de agua	6	Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn
<i>Hydrilla verticillata</i>	Maleza acuática	4	Cd, Cr, Hg, Pb
<i>Lemna minor</i>	Lenteja de agua	4	Cd, Cu, Pb, Zn
<i>Pistia stratiotes</i>	Lechuga de agua	4	Cd, Cr, Cu, Hg
<i>Salvinia molesta</i>	Salvinia	4	Cr, Ni, Pb, Zn
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	Flores de agua	5	Cd, Cr, Ni, Pb, Zn
<i>Vallisneria americana</i>	Valisneria lisa	4	Cd, Cr, Cu, Pb
Plantas de ornato			
<i>Brassica juncea</i>	Mostaza	7	Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, U, Zn
<i>Helianthus annuus</i>	Girasol	4	Cs, Pb, Sr, U
Plantas terrestres			
<i>Agrostis castellana</i>	Vallico	5	Al, As, Mn, Pb, Zn
<i>Thlaspi caerulescens</i>	Carraspique	7	Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn
<i>Athyrium yokoscense</i>	Helecho	4	Cd, Cu, Pb, Zn

Fuente: (McIntyre, 2003)

Los costos de la fitorremediación para la fitorremediación de metales son como se muestran en la tabla:

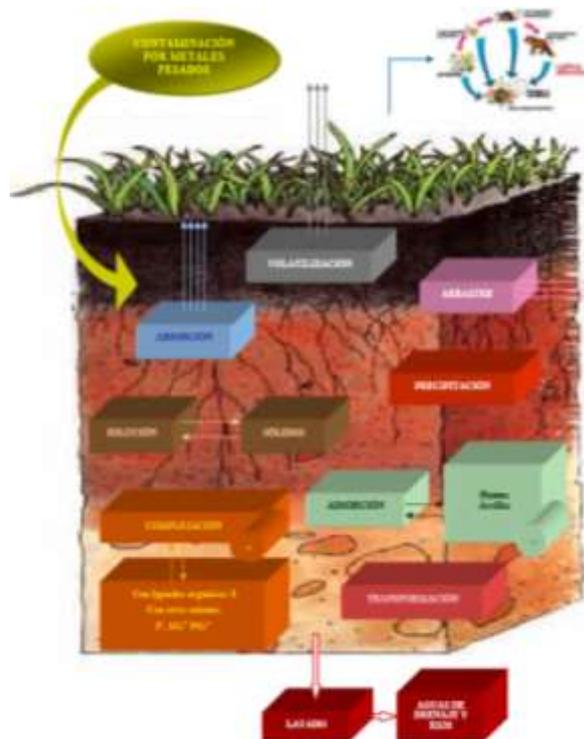
Tabla 5: Costos de tratamiento de metales y el tiempo requerido

TIPO DE TRATAMIENTO	COSTO/ m ³ (\$)	TIEMPO REQUERIDO (meses)
Estabilización	90 – 200	6 – 9
Cobertura	100 – 400	6 – 9
Extracción del suelo y lavado	250 – 500	8 – 12
Fitoextracción	15- 40	16 - 60

Fuente: (ITRC, 2001)

La movilización del Cromo en el suelo, se transporta por procesos geoquímicos como las reacciones de adsorción-desorción de cromo en la fase sólida, reacciones de precipitación-disolución en la fase sólida. La adsorción/desorción consiste en la diferencia de carga entre las especies acuosas y la fase sólida, dependiendo de los iones en solución y de su concentración dependiendo de su intercambio iónico tendiendo a ser rápida para la escala temporal geológica. (Lillo, 2003).

Figura 6: Movilización de los metales pesados en el suelo



Fuente: (García, 2003)

El estándar de calidad Ambiental para el Suelo en la legislación Peruana aplicables para actividades productivas, extractivas y de servicios, siendo la medida que estable el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor y que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM, 2017), dicho decreto Supremo fue aprobado el 2 de diciembre del 2017 siendo la remediación de suelos contaminados en áreas de proyectos, actividades en curso y en el cierre o abandono parcial o total de sus operaciones, determinando para el caso del arsénico el Estándar de Calidad Ambiental para el Suelo es de 50 mg/kg

Tabla 6: Estándar de la calidad del Suelo de Cromo

Parámetros (mg/kg)	Usos de Suelo		
	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/Parques	Suelo Comercial/Industrial Extractivo
Cromo total	-	400	1000
Cromo VI	0.4	0.4	1.4

Fuente: D. S. N°011-2017-MINAM

Teniendo en consideración el tipo de suelo a evaluar con la siguiente descripción de cada tipo según estipula la Norma Legal:

- **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.
- **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.
- **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

- **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes

Las hortensias son plantas de flor con macetas y arbustos deciduos para paisaje, resistentes al invierno, su inflorescencia son esferas espectaculares de colores rosa, azul o blancas, es conocido como Hidrangéa. La especie *Hydrangeas* es una planta que incluye 100 especies nativas del Sur y del Este de Asia, es una de las escasas plantas que acumular contaminantes como el metal pesado Aluminio por la obtención de un suelo ácido, planta de diferentes coloraciones de pétalos, según las características que tenga el suelo. Esta planta se adapta a climas templados, es ornamental con enormes cabezas florales, siendo la especie *H. macrophylla* la más conocida y abundante, la poda es un buen controlador para evitar que crezca demasiado (Piola, 2011).

Figura 7: Planta ornamental *H. macrophylla*



Fuente: (Gómez, 2000)

La morfología en los tallos de la planta son de forma cilíndrica, leñosos con una altura que oscila entre 0,9 y 2m de largo, con hojas oblongo lineales, opuesta y aserradas. Las especies de este género con hojas alargadas son: *H. Heteromalla*

y con hojas lobuladas H. Quercifloia. Con inflorescencia terminal umbeliforme, con diferentes ejes de flores individuales (sépalos) de color blanco, crema rojo, rosa, azul. Su **propagación** es fácil se dispone en estacas y esteques, para lo cual brotan fácilmente con la humedad, temperatura, luminosidad adecuada. **La temperatura** de los esteques para el óptimo enraizamiento es de 22°C y con un sustrato bien drenado. **El riego** debe ser por un tiempo intermitente de 10 segundos cada 2 a 4 min en sus primeras semanas. **La intensidad luminosa** debe ser de 1015 kiloluxes (75%) para favorecer al enraizamiento, al igual se debe aplicar para favorecerlo Acido Indobutiricos para que aparezca la raíz entre 3 a 4 semanas. **Los suelos** adecuados debe de ser con un alto contenido de Materia Orgánica, con una textura franco arenosa para retener el agua y con un ph que oscile entre 4,7-5,8 y una topografía plana (Vallejo, 2012).

La etapa fenológica de la Hortensia, se divide en tres etapas que constituyen a la germinación, inicio de floración, senescencia de la etapa de desarrollo:

- a) **Germinación:** En la etapa la semilla se desarrolla hasta convertirse en planta, el tipo de la Hortensia es un esteje que es la mejor seleccionada, se le mantiene en un semillero durante 3 meses para su posterior enraizamiento y trasplante de la planta, requiriendo un sombrero parcial, buen enriquecimiento de suelo a través de las raíces.
- b) **Inicio de floración:** Cuando la planta está en la formación de la plántula es recién llevara al campo por lo que se efectúa la etapa del establecimiento del cultivo durando hasta 1 año, eliminando las primeras flores para producir las raíces y macollas, pasado el año recién se procede a cortar las flores para su posterior venta. La hortensia es susceptible al ataque de hongos como el Oidium sp (ceniza) en el primer año.
- c) **Senescencia:** Durante la etapa las plantas pierden productividad envejeciendo sus estructuras, siendo un cultivo perenne de duración de 15-20 años determinado por el atrofio de las estructuras de las raíces y macollas (Osorio G. V., 2015)

La hortensia es una planta nativa de los bosques húmedos japoneses, su nombre científico de *Hydrandea macrophylla* que significa bebedora de agua, perteneciente a la familia de *Hydrangeaceae Dumort* que comprende 100

especies en Asia, América del Norte, Centro y Sur de América, siendo distribuidas 46 especies, la más conocida especie *Hydrangea macrophylla* cultivada en gran parte del mundo (Crespel, 2011). Es utilizada la hortensia en la decoración de interiores y exteriores, la coloración de la planta proviene de los procesos bioquímicos que regulan las actividades de los genes y que responden a la influencia del ambiente, como es el caso de la acidez o basicidad del suelo, teniendo así diferentes inflorescencias de colores como el blanco, violeta, rosado, azul, rojo (Kesumawati, 2006). El control del pH, aluminio y fósforo del suelo permite varias coloraciones en la inflorescencia de la hortensia, el cambio de color de rojo a azul en los sépalos es debido a altas concentraciones de Aluminio, suelos con pH de 5,8 a 6,2 de carácter ácido son altos niveles de fósforo y bajo de potasio y molibdeno presenta una inflorescencia rosada, la coloración azul es debido a un pH de 5 a 5,5 con bajo nivel de fósforo y altas concentraciones de potasio y molibdeno. El cambio de color de los sépalos se debe al uso de fertilizantes con alto contenido de fósforo o aluminio (Orozco, 2012). La hortensia (*Hydrangea macrophylla*) es una planta herbácea o arbustiva, cuya altura es de 50 cm a 1,5 m dependiendo de la variedad, siendo los tallos desarrollados a partir de la roseta basal también llamado macolla, llegando a ser leñosos. Esta especie presenta coloración blanca, azul, rojo, rosado, púrpura dependiendo del pH del suelo que se tiene como sustrato, siendo azules en pH de 4,5 a 5, pH alcalino de 6 a 6.5 de color rosa (Mejía, 2015). Esta especie de planta de Hortensia es encontrada y disponible en los mercados, es por ello que se ha elegido la especie *Hydrangea macrophylla* por su gran acogida en el país y su bajo costo.

Figura 8: Hortensia (*Hydrangea macrophylla*)



Fuente: (Raine, 2014)

La clasificación taxonómica de la planta *Hydrangea macrophylla* se clasifica según la Tabla 8.

Tabla 7: Clasificación Taxonómica de la Hortensia

Taxonomía de la Hortensia	
SUBREINO	EUKARYOTA
REINO	PANTAE
DIVISIÓN	MAGNIOLOPHYTA
CLASE	Equisetopsida C. Agardh
SUBCLASE	Magnoliidae Novak ex Takht.
SUPERORDEN	Asteranae Takht
ORDEN	Cornales Link
FAMILIA	Hydrangeaceae Dumort
GENERO	Hydrangea L.

ESPECIE	Hydrangea macrophylla (Thunb.) Ser.
NOMBRE COMÚN	Hortensia

Fuente: (Puebla, 2017)

Las hortensias presentan diferentes coloraciones en sus sépalos como el color blanco, siendo la mayoría de cultivares de color rosa o azul debido a que coloración depende al ph del suelo o el medio de crecimiento. Cabe rescatar la importancia de la planta ornamental por su tolerancia en crecer en medios donde el ph oscila en ph bajos, en presencia de metales pesados la planta forma complejos de sal con la antocianina, estos complejos más la relación de las antocianinas a los taninos y a los copigmentos flavonoles determinan el color de los sépalos tanto rosa como azul, siendo el pigmento que hace cambiar de color a las flores el glucósido de delphinidina que contiene un sistema ortodihydroxilo para formar complejos coloreados de pigmentos metales. Es por ello que es importante realizar el estudio de la hortensia al ser tolerante a concentraciones altas de metales pesados presentes en su medio de cultivo que le hace característico en su coloración de sépalos como indicador de la presencia de metales.

Los nutrientes necesarios para el cultivo de hortensias son el uso de fertilizantes como Nitrógeno, Fosforo y Potasio, pero para ello se debe tener en cuenta el tipo de substrato de cultivo para obtener el tipo de flores según el ph que se le dara, siendo un ph de 6,2 a 6,8 sus flores serán de color rosa, siendo lo ideal el uso de turba, arena, tierra de brezo, estiércol teniendo una ligera adaptación y si se obtiene un ph bajo la manera de elevarlo es mediante el riego con carbonatos, riego calcáreos. Para obtener flores azules el ph ideal sera de 4,5 a 5,5 con presencia de aluminio en el medio para la buena coloración sera necesario adicionar hiperfosfato, polvo de hueso, serrín metalúrgico y fosforo, si presenta una acidez superior es preferible bajarlo con la adición de cloruro de potasa o el uso de turbas no calcáreas o aguas no calcáreas. Para la obtención de hortensias rojas el ph ideal será entre los 5,5 a 6,5 con la adición necesaria de carbonato en función a la acides de la turba.

La adición de nutrientes para el tipo de coloración de hojas azul y rojas será la incorporación de nitrato de potasa, la coloración de las hortensias está vinculado al ph, a medida que el ph aumenta disminuye la capacidad de la asimilación del aluminio, para la obtención de un ph bajo es necesario la adición de tierras acidas a base de tierras de pizarra, caso contrario para aumentar el ph es necesario la incorporación de carbonato de calcio. Las cantidades de nutrientes debe ser controlada como ciertos fertilizantes influyen en ello, causando una mala coloración si es excesivo la cantidad de fosforo; el nitrato puede disminuir el color azulado de los sépalos presentándose como nítrico. En el caso de riego puede aparecer la clorosis y contrarrestar dicho cambio con la aplicación de quelados de hierro con una concentración de 2%, según el grado de la clorosis se puede aplicar de 2 a 3 gr/l o incluso utilizarse virutas metalúrgicas para corregir también se puede usar polvo de hueso. A inicios de noviembre o principios de diciembre las hortensias perderán las hojas para ello es importante el uso de productos como XTR4 con una dosis adecuada para poder regular el crecimiento. El forraje puede durar entre 70 a 90 días según la época del año y el tipo de variedad, iniciarse en diciembre en el invernadero con temperaturas entre 18 a 20°C durante los primeros meses y terminar el forraje con temperaturas de 15 a 16°C, en la etapa de estabilización es necesario adicionar los abonos como 10-10-10 al principio hasta llegar a 6-12-18 a razón de 6gr/l por semana. El uso de reguladores de crecimiento es necesario como los Ancidimidol, Reducimol o XTR4. En el uso de fertilizantes se puede dar aportaciones de 2kg de polvo de hueso y 1 kg de sulfato de potasa. Para las plantas de coloración rosa es necesaria una buena adición de nutrientes como minerales ricos en nitrato de P₂O₅ y pobre en K₂O, mientras para las plantas de coloración azul deben ser ricos en K₂O y pobre en P₂O₅. Los reguladores de crecimiento como el Azimidol es proporcionado en dosis de 20cc/l, ALAR-85 en 900 cc/planta, Reducimol 150 cc/planta, XTR4 1cc. a 250cc/planta y fosforo de 0,5 cc/l y 250 cc/planta aplicable en dos pulverizaciones cuando la planta saque las yemas (Bautista L. G., 2014). Las plantas en crecimiento tienen mucha demanda de fertilizantes, entre ellos destaca el nitrógeno, el potasio en pocas cantidades estimula los sepalos rosas y en gran cantidad estimula los sepatos azules, una cantidad alta de fosforo o de amonio en relación al nitrato reduce el aluminio de los sépalos y estimula los

sépalos rosas, probablemente oponiéndose a la absorción de aluminio, no debe incorporarse superfosfato al medio para obtener un cultivo de flores azules

En tabla 9, se detalla los parámetros físicos de la fertilidad para el cultivo de la Hortensia y sus nutrientes necesarios en función a la coloración de sus sepalos.

Tabla 8: Parámetros físicos y absorción de nutrientes en la Hortensia

NIVELES TENTATIVOS DE ABSORCIÓN					
DE NUTRIENTES PARA EL CULTIVO DE HORTENSIA (Osorio 2014)					
Hortensia (<i>Hydrangea</i> sp.)	Niveles adecuados en el suelo	AZUL 	BLANCA 	ROSADA 	Porcentajes de saturación que Tolera el cultivo
pH	5,2-5,7	4,5	5,5	6	
CE (dS/m)	0,5-1	0,5	0,8	1	
M.O. (%)	5-10	5,0	5	10	
CICef (cmolc/g)	10-15	10,0	10	15	
Ca (cmolc/kg)	6-11	6,0	9	11	
Mg (cmolc/kg)	2-3,75	2,0	2,5	3,8	
K (cmolc /kg)	0,5-0,8	0,8	0,7	0,6	
Al (cmolc /kg)	≤ 1,5	1,5	0	0	
P (Bray II)	20-40	20,0	30	50	
S	6-12	6,0	9	12	Sat. Ca(%) 60-70%
Fe	50-100	100,0	75	50	Sat. Mg(%) 20-25
Mn	5-10	10,0	10	10	Sat. K (%) 5-5,5
Cu	2-5	5,0	5	5	Sat. Al (%) <15
Zn	5-7	7,0	7	7	
B	0,5-1	0,5	0,7	1	
NO ₃	30-50	10,0	20	50	
NH ₄	20-30	30,0	30	10	

Fuente: (Osorio N. W., 2012)

El 55 % de las hortensias que produce la Asociación el Paraíso de las Hortensias de la comunidad de Consejos (Huanuco) se destina al mercado nacional y el resto es producto para la exportación por una alianza con la empresa ExoPerú. Siendo asesorados de manera técnica y comercial a los productores por la Sierra Exportadora generando ventas en hortensias a un valor de S/. 2 202,586, produciendo hortensias generalmente de color verde limón y blanco exportándose a Estados Unidos y Holanda, produciéndose estas flores en Huánuco durante todo el año y al aire libre sin la necesidad de crear invernaderos

para los microclimas, también se está impulsando a la diversificación para que se cultiven hortensias in vitro de color azul. Destacando también el cultivo en Cajamarca en la sierra del norte del país con 12 invernaderos de producción, cada invernadero con aproximadamente cuatro hectáreas (Gestión, 2014)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El trabajo de investigación es de tipo aplicada ya que generará conocimiento a través de la utilización de conocimientos previos para solucionar la problemática (Hernández Sampieri, 2010)

El diseño de la Investigación es experimental ya que se realizarán pruebas de laboratorio que serán reflejadas a escala piloto con la manipulación de la dosis suministrada en el cuerpo receptor que se estudiara al contaminante. El diagrama del diseño (Hernández Sampieri, 2010) es:

G: Y1_X_Y2

Donde:

Y1: Pretratamiento

X: Tratamiento

Y2: Post-tratamiento

3.2. Variables y operacionalización

Variable Dependiente

- Remoción de Cromo total en suelos contaminados

Eliminación o disminución de la concentración de cromo en el suelo con la finalidad de bajar la toxicidad del metal del suelo en estudio y que pudiera ser usado en otras posibles actividades como la agricultura.

Variable Independiente

- Capacidad fitorremediadora de la *Hydrangea macrophylla*

Indicador para determinar la concentración del metal en la planta, evaluando los mecanismos de absorción como el factor de bioacumulación en la raíz, en parte foliar y el factor de translocación de la planta.

Operacionalización

La Operacionalización de las variables se puede observar en el Anexo N°1

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

La población que se considera en la presente investigación es la planta ornamentales de la *Hydrangea macrophylla*.

La muestra estará conformada por la especie *Hydrangea macrophylla* que será dispuesta cada una en una maceta para ser estudiada por separado

En el muestreo, la técnica estadística utilizada es la Multifactorial que identificara y cuantificara las causas dentro del estudio experimental, con la manipulación de las variables.

La unidad de análisis en la obtención del tratamiento realizado será en unidades de mg/kg de concentración de cromo en la parte aérea (hoja) y en la raíz.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

La técnica de la Investigación para la recolección de datos que se utilizara son:

- Observación estructurada de la experimentación, ya que será guiada en todas sus fases.
- Ficha de datos, evaluar las especies que serán analizadas en un tiempo determinado.
- Análisis documental, se utilizara para la recolección de datos e implementación de información para la elaboración de la tesis.

- Análisis de las muestras en el laboratorio.
- Monitoreo y Análisis de muestra, evaluar el crecimiento de la especie en el laboratorio.
- Análisis de la experimentación
- Presentación de los resultados.

Los instrumentos de Investigación para la recolección de datos que se utilizara:

- Revisión bibliográfica (artículos, tesis, libros, publicaciones)
- Formato de recolección de datos
- Balanza analítica
- Cámara fotográfica para reportar evidencias.

3.5. Procedimientos

Etapa 1: Extracción de suelo industrial

La extracción de suelo fue del Parque Industrial de Rio Seco-Arequipa, el día 07 de marzo del 2020 a las 8:30 horas, la cantidad de 41kg de muestra, cuya coordenada fue de 221595.54 E - 8189077.98 N. El método de muestreo para elegir la localización de los puntos de extracción de suelo fue Zigzag, se homogenizaron las muestras, consistiendo de 8 muestras para el estudio, disponiendo las muestra de suelo separadas en macetas para su posterior tratamiento.

Figura 9: *Recolección de suelo del Parque Industrial Rio Seco*



Fuente: Elaboración propia

Etapa 2: Medición de la concentración de Cromo total previa cosecha

Antes de poner en inicio la experimentación se llevara a cabo el análisis del suelo recolectado, para ello se tendrá una muestra representativa de 1kg para ser analizada en el laboratorio BHIOS, tomando como metodología para dicho la Espectrofotometría de Absorción Atómica para la determinación del metal Cromo total.

Etapa 3: Plantación de la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) en el diseño a escala piloto

La Hortensia fue trasplantada al ser dispuesta las 10 plantas de esta especie en diferentes macetas, teniendo en cuenta el cuidado respectivo para no dañarlas en su proceso de cambio de suelo, se trató de no cortar los brotes para ser estudiadas como va desarrollándose primeramente en su proceso de adaptación al encontrarse frente a cambios para luego pasar al proceso del estudio de la especie.

Figura 10: Plantas de Hortensia a los 15 días de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Etapa 4: Estabilización del cultivo en el diseño a escala piloto

La planta para que se encuentre en condiciones óptimas de estabilización, deberá tener cuidados necesarios para poder desarrollarse de manera adecuada, agregando agua interdiariamente observando constantemente el cambio de su pigmentación en las hojas, las anomalías que podrían presentarse en su tallo o incluso raíz, el correcto enraizamiento.

Las plantas serán colocadas en un ambiente sombreado para que no sufra estrés por exceso de radiación solar.

Etapa 5: Evaluación de los tratamientos en la concentración de Cromo total apropiada a la tolerancia de la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*)

Cuando se haya estabilizado la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) en la maceta se procederá a preparar las concentraciones de concentraciones de Cromo total, se consideró concentraciones al 100% y 50% (mezcla de suelo contaminado y no contaminado), para ser medidas con dos repeticiones, y lograr contrastar para determinar el grado de eficiencia de la planta a diferentes dosis de exposición.

Etapa 6: Extracción de biomasa para el análisis foliar y radicular a dos meses de la experimentación

El tiempo de exposición será medido por los días que la planta estará en contacto con el contaminante, el cual se analizó de 2 meses y de 1 mes de experimentación, dándoles las condiciones necesarias para que no muestren cambios negativos y darles mayor sobrevivencia en el tiempo de esos 3 meses, que serán necesarios para evaluar su proceso de crecimiento frente a la exposición de determinado contaminante.

Para ello se extrajo la biomasa foliar de la planta en el segundo mes y también la biomasa radicular para ser analizada en el laboratorio, consistiendo como la primera fase de experimentación del estudio.

Figura 11: Extracción de la Hortensia en el segundo mes de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Muestras del segundo mes de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Etapa 7: Monitoreo del crecimiento de la planta ornamental Hortensia (*Hydrangea macrophylla*)

El monitoreo será la manera adecuada de registrar su crecimiento de la planta ornamental Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) para ello se deberá tener las condiciones adecuadas para no presentarse efectos negativos durante la experimentación así como regarlas interdiariamente, monitoreándolas cada día para ver el proceso que podría presentarse durante ese periodo y registrar los cambios en posibles anomalías, siendo de gran ayuda la observación para tomar medidas preventivas frente a cambios de la planta.

Etapa 8: Segunda extracción de biomasa para el análisis foliar y radicular a un mes de la primera extracción

Las muestras serán dispuestas en macetas las cuales serán retiradas al cumplir el primer mes de su primera extracción, las muestras constaran de 10 plantas de la especie Hortensia (*Hydrangea macrophylla*), siendo la parte de interés para el análisis de la concentración de Cromo total, la hoja llamado análisis foliar que se tomara una muestra representativa de 100 g por muestra, analizadas separadamente por el Método que el laboratorio lo determina.

El análisis se realizara a un mes de la primera extracción de biomasa, para poder determinar la eficiencia de la concentración de Fito extracción de la planta comparándolo con el primer análisis.

Figura 13: Muestras de Hortensias del tercer mes de tratamiento



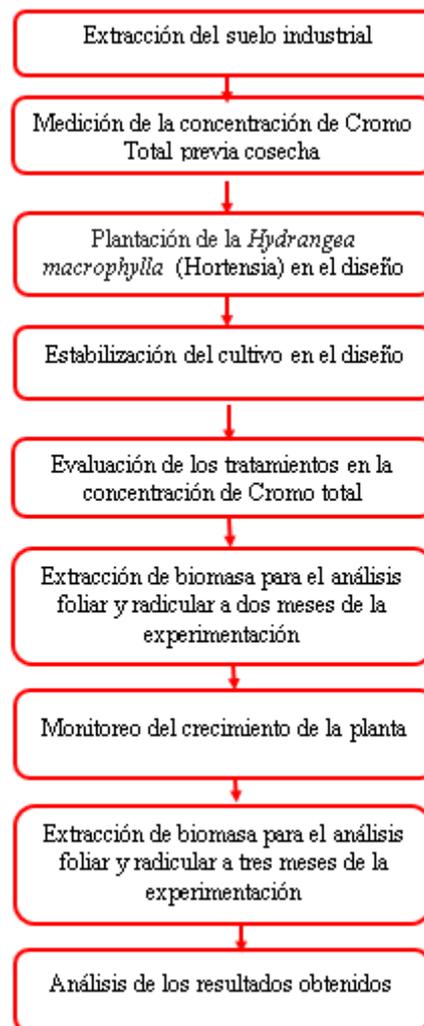
Fuente: Elaboración propia

Etapa 9: Análisis de los resultados obtenidos

El análisis se realizara por la evaluación de la capacidad fitorremediadora de la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) mediante comparación del pre-tratamiento y post-tratamiento del suelo.

Para la evaluación de la capacidad fitorremediadora de la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) se realiza el análisis de la incorporación del contaminante al suelo y después de dicho tratamiento de la Fito extracción, y por el otro lado el análisis foliar de la concentración de Cromo total en las hojas de la planta estudiada, con el análisis estadístico y determinar su capacidad de acumulación para lograr fitorremediar suelos contaminados con Cromo total.

Figura 14: Diagrama del proceso experimental de la fitorremediación de la *Hydrangea macrophylla*

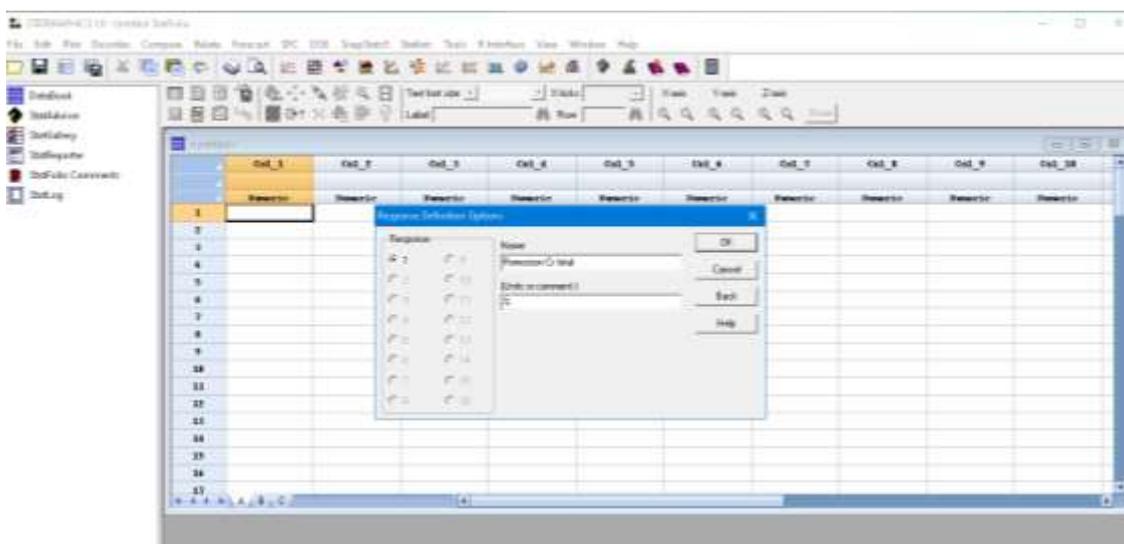


Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

El método de procesamiento de datos para la estadística se realizó en Statgraphics con el empleo de ANOVA multifactorial y la prueba de Tukey.

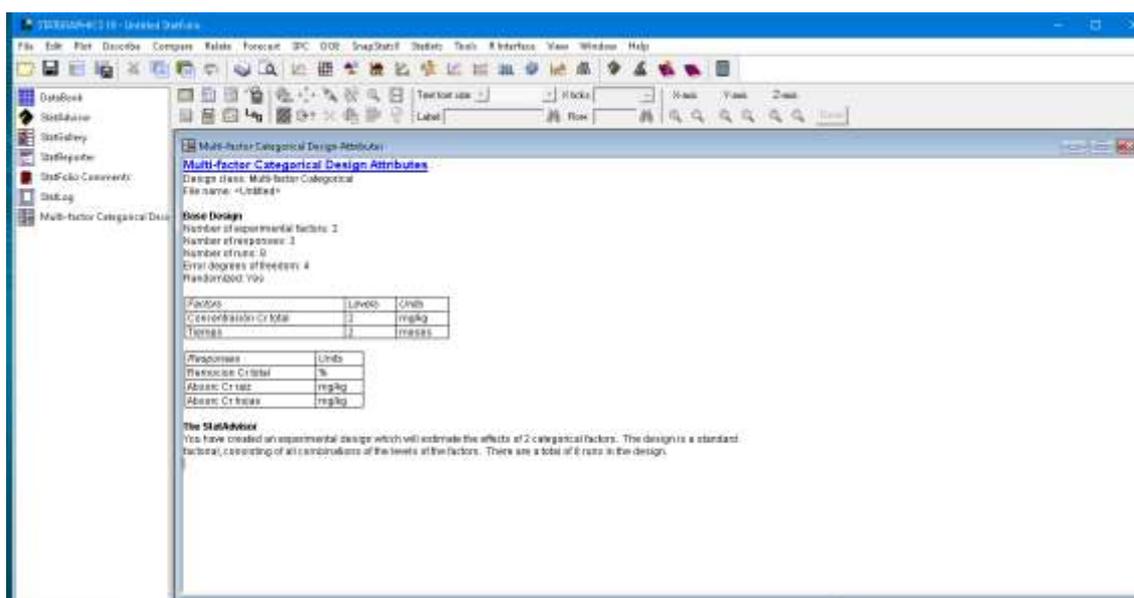
Figura 15: Representación estadística en Satgraphics



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la imagen el procesamiento de datos para determinar el porcentaje de Remoción de Cromo Total del suelo en Statgraphics.

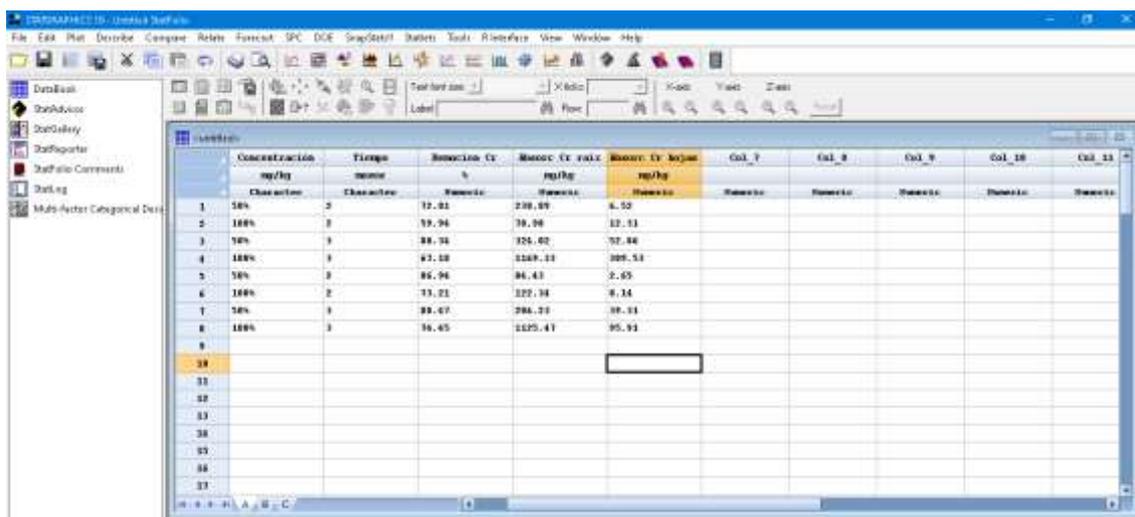
Figura 16: Factores para determinar la Remoción de Cromo Total Statgraphics



Fuente: Elaboración propia

En la imagen se observa las variables analizadas (concentración Cr total y el tiempo), la variables respuestas (% de remoción de Cromo total, absorción Cr raíz y absorción Cr en las hojas).

Figura 17: Variables analizadas en Satgraphics



	Concentración ppb	Tiempo min	Remoción Cr %	Absorción Cr raíz ppb	Absorción Cr hojas ppb	Col. 7	Col. 8	Col. 9	Col. 10	Col. 11
1	50%	5	12.01	230.09	6.52					
5	100%	5	19.94	39.96	17.53					
3	50%	3	88.33	324.67	57.88					
4	100%	3	67.10	1149.11	109.53					
5	50%	3	86.96	94.43	2.65					
6	100%	2	73.21	127.38	9.14					
7	50%	3	89.67	284.33	89.51					
8	100%	3	16.45	1125.41	95.91					
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										

Fuente: Elaboración propia

En la imagen se muestra la Representación del diseño en base a las variables analizadas (concentración Cr total y el tiempo) y a las variables respuestas (% de remoción de Cromo total, absorción Cr raíz y absorción Cr en las hojas).

3.7. Aspectos éticos

La investigación se realizó tomando como referencia la guía de muestreo de Suelos Contaminados del MINAM, los resultados del informe de ensayos de las muestras de suelo y biomasa (hojas y raíz) fue realizado por el laboratorio BHIOS que está acreditado por INACAL. La concentración de cromo total fue comparada con la normativa vigente ECA para suelos DS 011-2017-MINAM.

La redacción de la investigación se realizó respetando la autoría de la información recopilada, utilizando el sistema de referenciación del estilo APA,

citándolos a los autores con su respectivo año de publicación para obtener información confiable.

IV. RESULTADOS

Evaluación de la concentración de Cromo Total de suelo del Parque Industrial de Río Seco

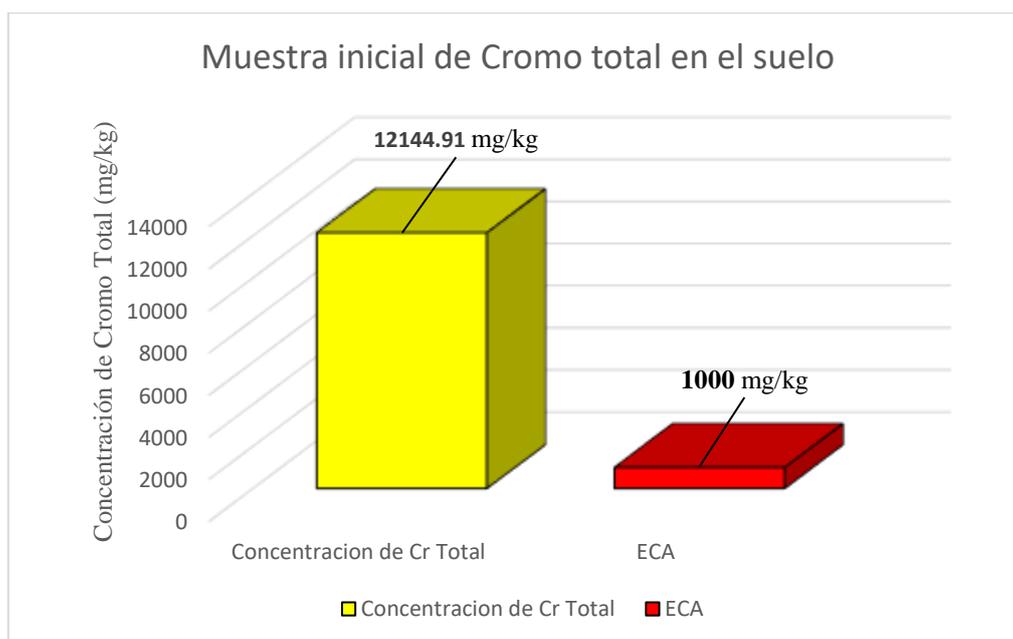
Se procedió a obtener la muestra de Suelo del Parque Industrial de Río Seco determinando la concentración de Cromo Total por el laboratorio BHIOS.

Tabla 9: Concentración de Cromo Total de Suelo del Parque Industrial Río Seco

CONCENTRACIÓN DE CROMO TOTAL	
Muestra Inicial de Suelo del Parque	
Industrial Río Seco	12144.91 mg/kg
ECA Suelo Industrial D.S. 011-2017-MINAM	1000mg/kg

Fuente: Informe de Ensayo N° 0983 Laboratorio BHIOS

Gráfico 1: Concentración inicial de Cromo Total de suelo del Parque Industrial Río Seco



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 1. Se muestra el resultado del análisis de cromo total del suelo del sector de Rio Seco –Arequipa siendo 12144.91 mg/kg, valor que supera el estándar de calidad ambiental (ECA) de suelo establecido por el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, cuyo valor es de 1000mg/kg en su normativa para suelo comercial, industrial.

Determinación de la concentración de Suelo Contaminado con Cromo Total

La concentración se procedió a obtener por porcentajes tomados, siendo 50% y 100%, estos porcentajes fueron preparados en función a la capacidad de la maceta (5kg), por lo que se mezcló el suelo contaminado con suelo no contaminado.

Tabla 10: Preparación de los porcentajes de concentración de Cromo Total del suelo

Concentración de Cromo en el suelo %	Suelo contaminado (kg)	Suelo no contaminado (kg)	Suelo tratado (kg)
50%	2.500	2.500	5.00
100%	5.00	0	5.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12. Se muestra la concentración de cromo y su porcentaje expresado en porción de suelo contaminado tratado, cada muestra contiene 5.00 kg, contando con dos muestras de 50% y dos muestras de 100% para un primer mes de tratamiento y un segundo mes con la misma cantidad de muestras.

El 50% indica que la cantidad de suelo es 2.500 kg de suelo contaminado y 2.500kg de suelo no contaminado, mientras para el 100% la muestra contiene 5 kg de suelo contaminado.

Determinación de la concentración de Cromo Total en el suelo del segundo y tercer mes de tratamiento

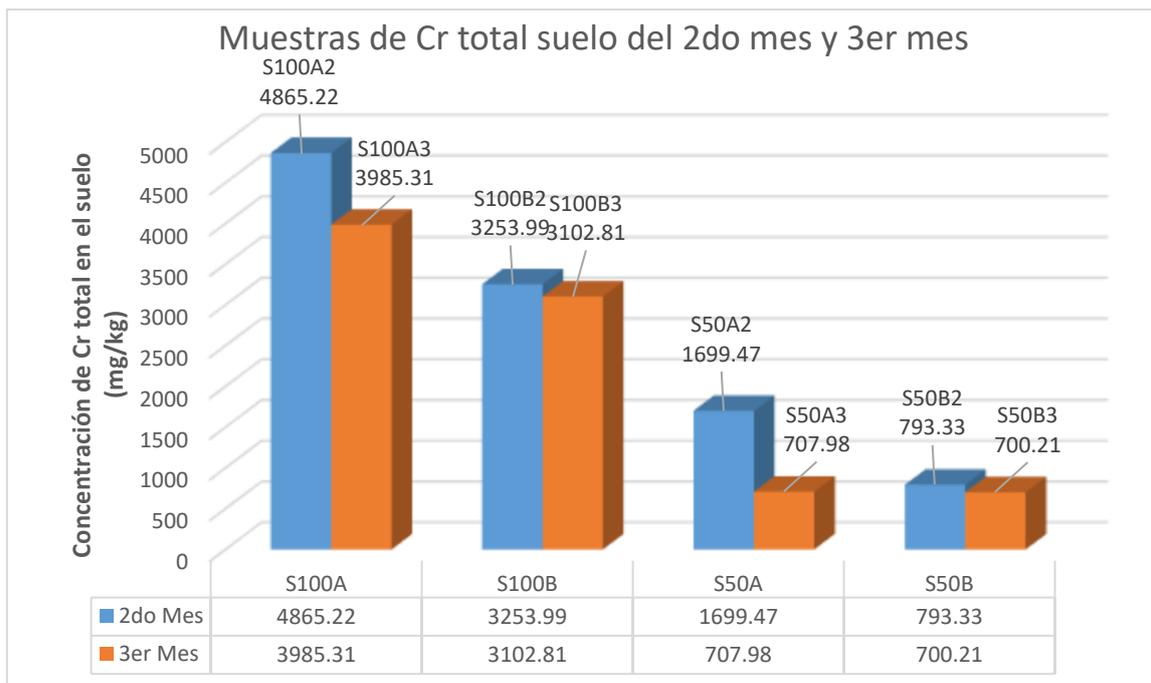
Los resultados muestran el segundo mes de tratamiento y el tercer mes, cuya concentración ha disminuido por la fitorremediación de la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*)

Tabla 11: Concentración de Cromo Total en el suelo del Segundo y Tercer mes de tratamiento

Muestras de suelo	de	Concentración de Cromo Total del suelo (mg/kg)	Suelo inicial (mg/kg)
	S100A1	4865.22	
2do Mes	S100B1	3253.99	
	S50A1	1699.47	
	S50B1	793.33	
			12 144.91
3er Mes	S100A3	3985.31	
	S100B3	3102.81	
	S50A3	707.98	
	S50B3	700.21	

Fuente: Informe de Ensayo N° 2647 y N°1895 Laboratorio BHIOS

Gráfico 2: Concentración de Cromo Total en el suelo del Segundo y Tercer mes de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 2 y Tabla 13, se muestra la concentración de Cromo Total en el suelo en el 2do mes y 3er mes de tratamiento, evidenciándose que la concentración inicial de suelo del Parque Industrial Rio Seco de 12 144.91 mg/kg, disminuyo para la muestras de 100% a 4865.22 mg/kg y 3253.99 mg/kg en el segundo mes, mientras para la muestra de 50% disminuyo su concentración a 1699.47 mg/kg y 793.33 mg/kg. Para el tercer mes de tratamiento la concentración de cromo total para las muestras de 100% fue de 3985.31 mg/kg y 3102.81 mg/kg, mientras para la muestra de 50% fue de 707.98 mg/kg y 700.21 mg/kg.

Determinación de la concentración de Cromo Total en la raíz de la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*)

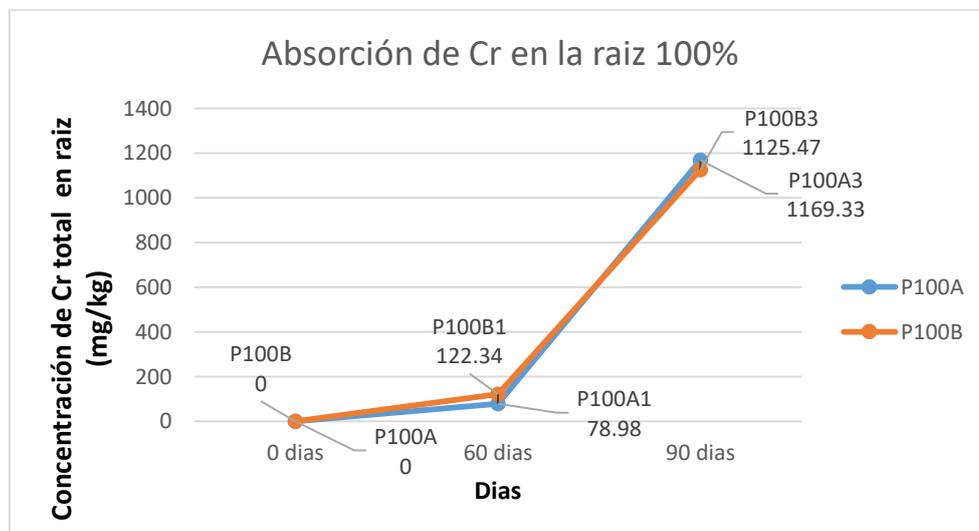
Tabla 12: Concentración de Cromo Total en la raíz de la *Hydrangea macrophylla*

	Muestra de raíz	Unidades (mg/kg)
2do Mes	P100A1	78.98
	P100B1	122.34
Mes	P50A1	238.89

	P50B1	84.43
3er Mes	P100A3	1169.33
	P100B3	1125.47
	P50A3	324.02
	P50B3	206.23

Fuente: Informe de Ensayo N° 2646 y N°1893 Laboratorio BHIOS

Gráfico 3: Concentración Cromo Total de la muestra de 100% en la raíz de la *Hydrangea macrophylla*

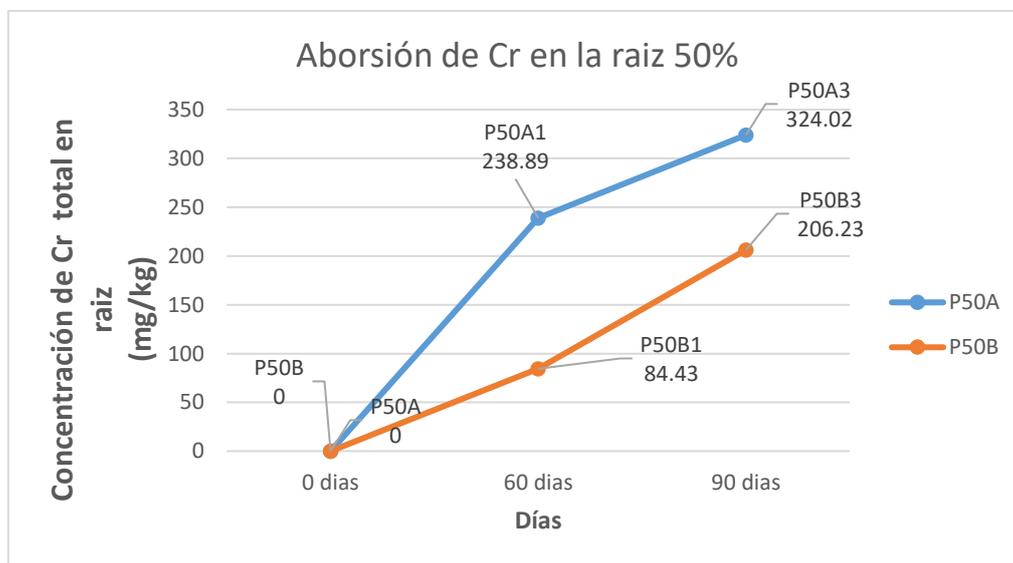


Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 3 y Tabla 14, se muestra la concentración de Cromo Total en la raíz de la *Hydrangea macrophylla* en el 2do mes y 3er mes de tratamiento, la absorción de Cromo Total en la raíz en el segundo mes (60 días) para la muestra de 100% fue de 78.98mg/kg y 122.34 mg/kg, mientras para el tercer mes (90

días) aumenta la concentración de cromo en la raíz a 1125.27mg/kg y 1169.33mg/kg.

Gráfico 4: Concentración Cromo Total de la muestra al 50% en la raíz de la *Hydrangea macrophylla*



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 4, se muestra la concentración de Cromo Total en la raíz de la *Hydrangea macrophylla* en el 2do mes y 3er mes de tratamiento, la absorción de Cromo Total en la raíz en el segundo mes (60 días) para la muestra de 50% fue de 238.89 mg/kg y 84.43mg/kg, mientras para el tercer mes (90 días) aumenta la concentración de cromo en la raíz a 324.02mg/kg y 206.23mg/kg.

Determinación de la concentración foliar de Cromo Total en la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*)

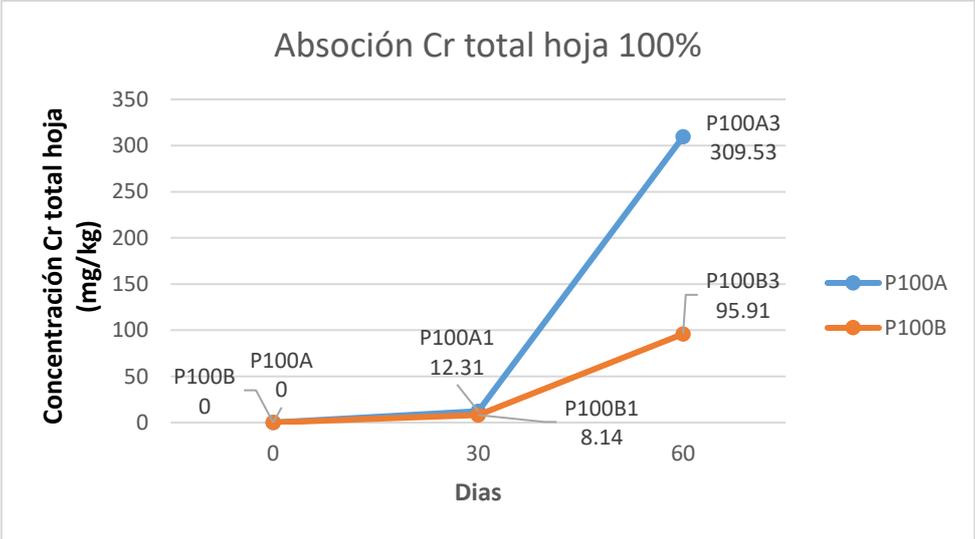
Tabla 13: Concentración Cromo Total en la hoja de la *Hydrangea macrophylla*

	Muestra de hoja	Unidades (mg/kg)
	P100A1	12.31
2do	P100B1	8.14
Mes	P50A1	6.52
	P50B1	2.65
3er		
Mes	P100A3	309.53
	P100B3	95.91

P50A3	52.86
P50B3	39.31

Fuente: Informe de Ensayo N° 2645 y N°1892 Laboratorio BHIOS

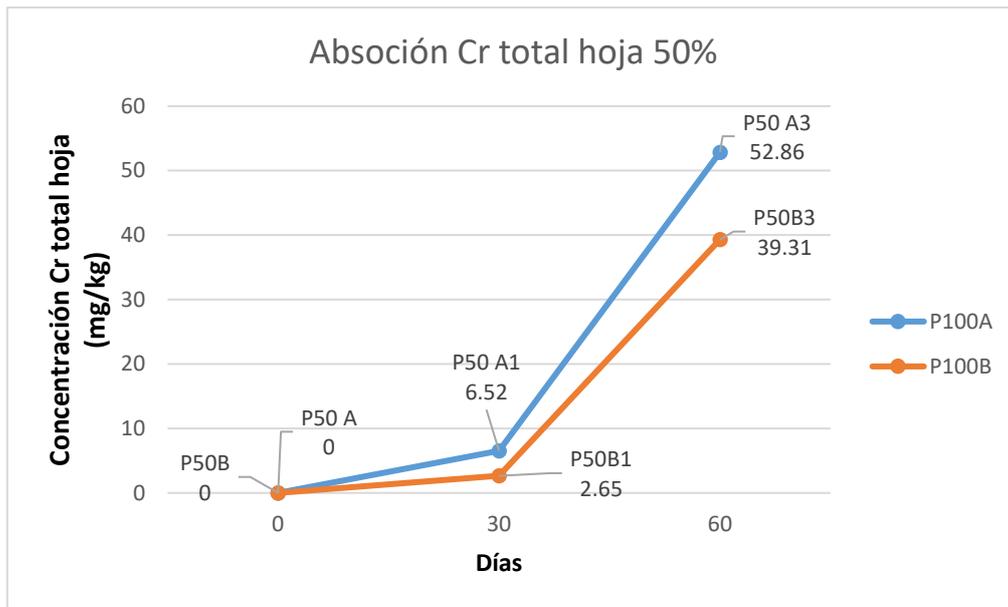
Gráfico 5: Concentración Cromo Total de la muestra al 100% en la hoja de la *Hydrangea macrophylla*



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 5 y Tabla 15, se muestra la concentración de Cromo Total en la hoja de la *Hydrangea macrophylla* en el 2do mes y 3er mes de tratamiento, la absorción de Cromo Total en la hoja en el segundo mes (60 días) para la muestra de 100% fue de 12.31mg/kg y 8.14mg/kg, mientras para el tercer mes (90 días) aumenta la concentración de cromo en la hoja a 309.53mg/kg y 95.91mg/kg.

Gráfico 6: Concentración Cromo Total de la muestra al 50% en la hoja de la *Hydrangea macrophylla*



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 6, se muestra la concentración de Cromo Total en la raíz de la *Hydrangea macrophylla* en el 2do mes y 3er mes de tratamiento, la absorción de Cromo Total en la hoja en el segundo mes (60 días) para la muestra de 50% fue de 6.52mg/kg y 2.65mg/kg, mientras para el tercer mes (90 días) aumenta la concentración de cromo en la hoja a 52.86mg/kg y 39.31mg/kg.

Evaluación de la eficiencia de remoción de la especie Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) en las diferentes dosis de cromo total suministrado.

La fórmula muestra el porcentaje de remoción por fitorremediación de Cromo Total en el suelo.

$$\% \text{ REMOCION} = \frac{\text{Concentracion inicial} - \text{Concentracion final}}{\text{Concentracion inicial}} * 100$$

$$\% \text{ REMOCION} = \frac{[C_0] - [C_F]}{[C_0]} * 100$$

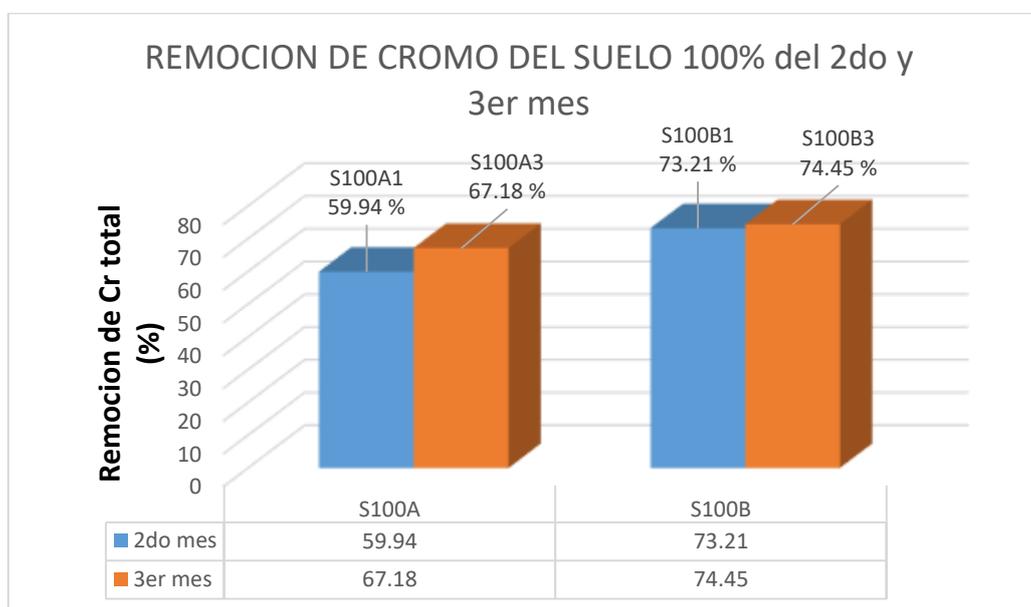
Tabla 14: Remoción de Cromo Total del suelo

Muestra de suelo	Remoción de Cromo del suelo (%)	Suelo inicial (mg/kg)	
2do En el primer mes	S100A1	59.94	12 144.91

Mes	S100B1	73.21
	S50A1	72.01
	S50B1	86.94
3er Mes	S100A3	67.18
	S100B3	74.45
	S50A3	88.34
	S50B3	88.47

Fuente: Elaboración propia

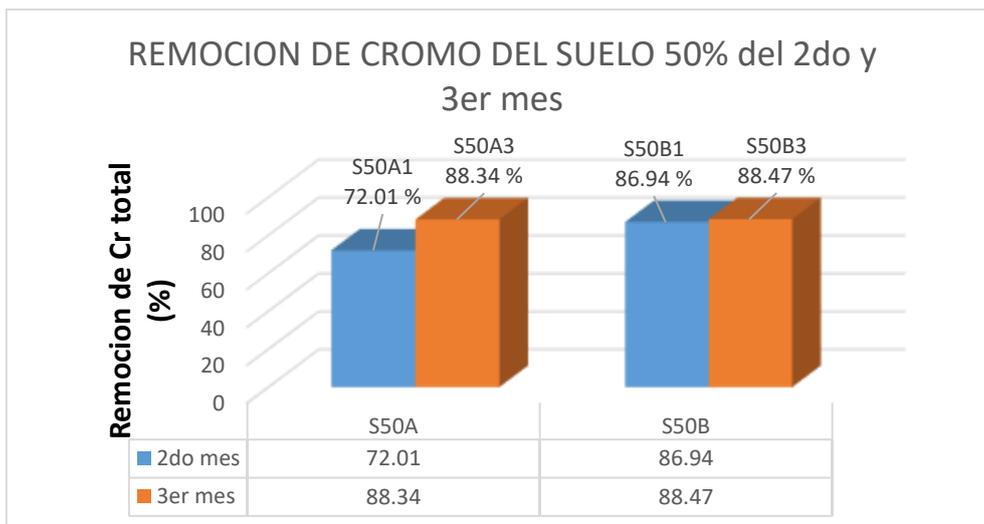
Gráfico 7: Remoción de Cromo Total en muestras de 100% en función al tiempo y la concentración



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 7. Se muestra la remoción de Cromo Total en muestras de 100% en función al tiempo, registrando 59.94% y 73.21% en el segundo mes, en el tercer mes se registró un aumento a 67.18% y 74.45%.

Gráfico 8: Remoción de Cromo Total en muestras de 50% en función al tiempo y la concentración

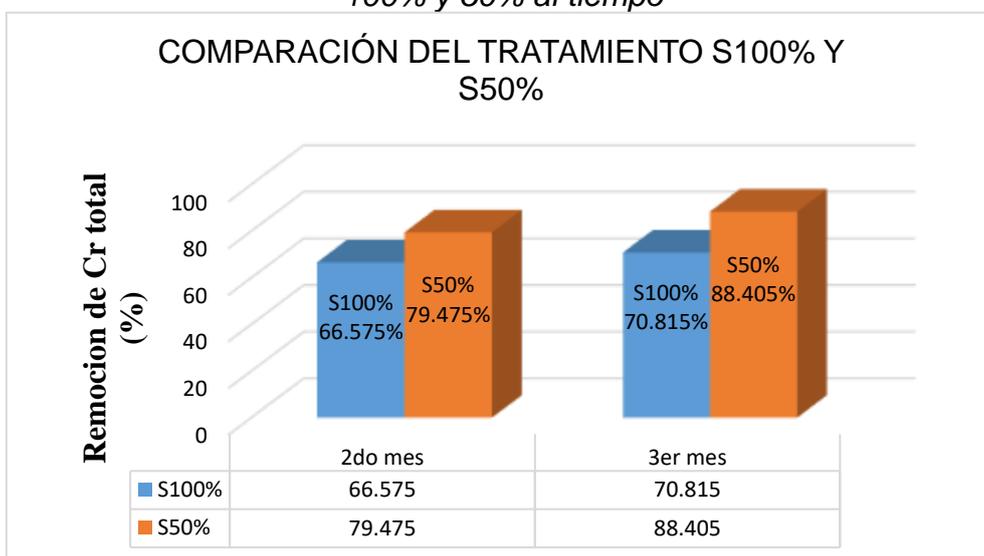


Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 9. Se muestra la remoción de Cromo Total en muestras de 50% en función al tiempo, registrando 72.01% y 86.94% en el segundo mes, en el tercer mes se registró un aumento a 88.34% y 88.47%.

a. Comparación de los tratamientos S100% y S50%

Gráfico 9: Comparación del tratamiento de la concentración de Cromo Total de 100% y 50% al tiempo



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 9, se muestra la comparación entre el tratamiento de concentración de Cromo Total de 100% y 50% en función al tiempo, registrando un promedio

para el tratamiento de 100% en el segundo mes de 66.575% y para el 50% es de 79.475%. Para el tercer mes del tratamiento de 100% es 70.815% y para el 50% es de 88.405%.

b. Análisis de varianza ANOVA de las muestras

Tabla 15: Análisis de Varianza ANOVA

Analysis of Variance for Remocion Cr total - Type III Sums of Squares					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Concentración Cr total	464.82	1	464.82	8.23	0.0455
B:Tiempo	86.7245	1	86.7245	1.54	0.2830
INTERACTIONS					
AB	10.998	1	10.998	0.19	0.6818
RESIDUAL	225.934	4	56.4834		
TOTAL (CORRECTED)	788.476	7			

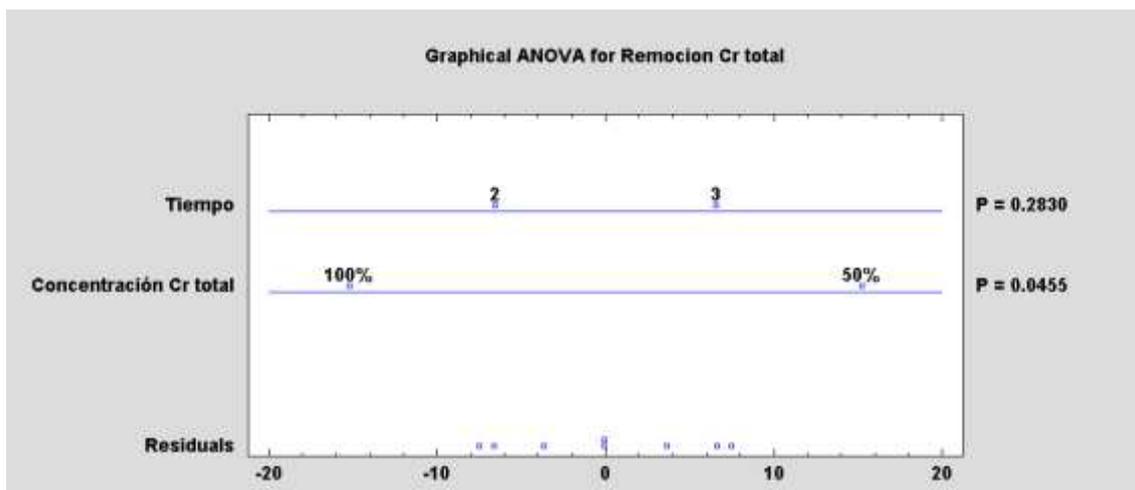
All F-ratios are based on the residual mean square error.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 17 se observa el Análisis de Varianza ANOVA que descompone la variabilidad de la remoción Cr total en contribuciones debidas a varios factores. Dado que se han elegido sumas de cuadrados de tipo III (el valor predeterminado), la contribución de cada factor son las medidas que han eliminado los efectos de todos los demás factores. El valor P es menor que 0.05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo ($P\text{-value} < 0.05$) sobre la remoción Cr total al 95% de nivel de confianza, afirmando que las medias son diferentes con el valor de 0.0455 (aceptando la hipótesis alternativa).

En cuanto a la interacción de concentración de Cromo total y el tiempo es no significativa cuyo P-value es mayor a 0.05.

Gráfico 10: ANOVA para la remoción de Cr total



En la Gráfica 10, muestra el intervalo de confianza de la concentración de Cr total, el P-value es menor a 0.05 no existe muestras comparables por lo que son dos tipos de concentraciones diferentes (50% y 100%), mientras para la variable tiempo el P-value es mayor a 0.05 existiendo muestras comparables.

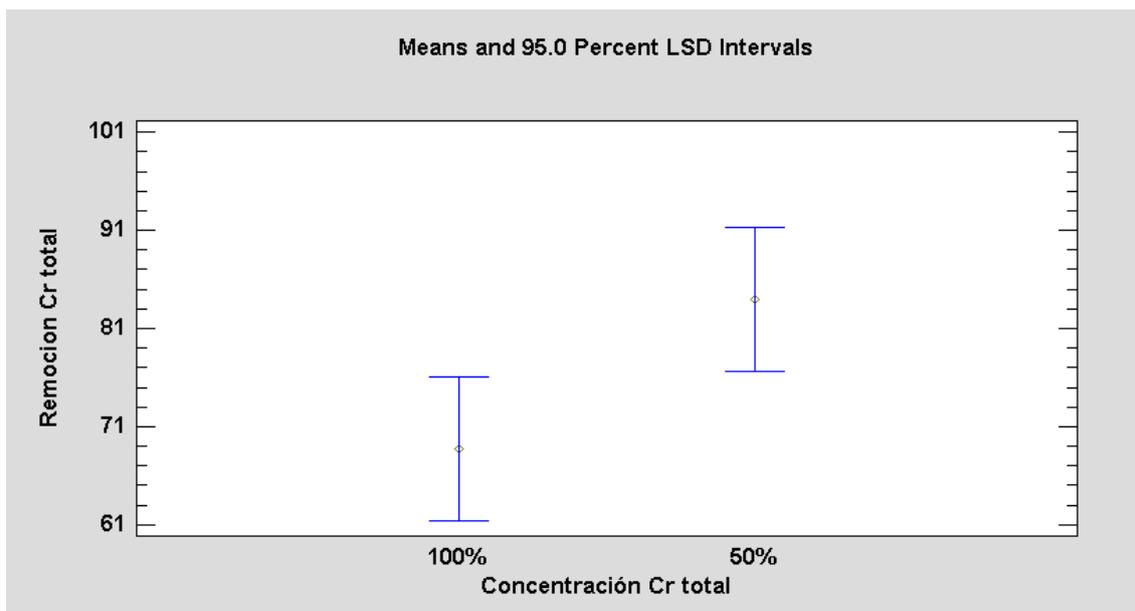
Tabla 16: Mínimos cuadrados y medias para la remoción de Cr total con 95%

Table of Least Squares Means for Remocion Cr total with 95.0% Confidence Intervals					
Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	8	76.3175			
Concentración Cr total					
100%	4	68.695	3.75777	58.2617	79.1283
50%	4	83.94	3.75777	73.5067	94.3733
Tiempo					
2	4	73.025	3.75777	62.5917	83.4583
3	4	79.61	3.75777	69.1767	90.0433
Concentración Cr total by Tiempo					
100%,2	2	66.575	5.31429	51.8201	81.3299
100%,3	2	70.815	5.31429	56.0601	85.5699
50%,2	2	79.475	5.31429	64.7201	94.2299
50%,3	2	88.405	5.31429	73.6501	103.16

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 18 muestra la remoción media Cr total para cada nivel de los factores. También muestra el error estándar de cada media, que es la medida de su variabilidad muestral. Las dos columnas más a la derecha muestran intervalos de confianza del 95% para cada una de las medias. Puede mostrar estas medias e intervalos seleccionando la gráfica de medias de la lista de opciones gráficas.

Gráfico 11: Medidas de muestras



En la Gráfica 11 se observa la relación de la remoción de Cromo total y las concentraciones, por lo que la media de la concentración de 100% y de 50% no existe significancia porque no existe medias comparables entre intervalos, la concentración de Cromo total es mayor en concentraciones de 50%

Tabla 17: Test de comparación múltiple Cr total

Multiple Range Tests for Remoción Cr total by Concentración Cr total

Method: 95.0 percent LSD

Concentración Cr total	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
100%	4	68.695	3.75777	X
50%	4	83.94	3.75777	X

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 muestra la comparación múltiple para determinar qué medias son significativamente diferentes de las demás. La mitad inferior de la salida muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, lo que indica que este par muestra una diferencia estadísticamente significativa al nivel de confianza del 95%. En la parte superior de la página, se identifican 2 grupos homogéneos mediante columnas de X. Dentro de cada columna, los niveles que contienen X's de un grupo de medias dentro no existen diferencias estadísticamente significativas. El método que se utiliza actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con este método, existe un riesgo del 5% de llamar

a cada par de medias significativamente diferente cuando la diferencia real es igual a o.

V. DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación empezó con la recolección del suelo industrial del Parque Industrial Rio Seco-Arequipa, extrayendo la cantidad de 41kg de muestra, se homogenizaron las muestras y obtener 1kg como muestra representativa al laboratorio BHIOS para el análisis de Cromo Total. Se procedió a mezclar para obtener dos concentración de 50% y 100% con 2 repeticiones por cada grupo experimental, posterior a ello se realizó la plantación de la Hortensia (***Hydrangea macrophylla***) una por maceta, consistiendo de 8 muestras para el estudio (4 muestras para el segundo mes y 4 para el tercer mes de tratamiento) y un control, estando en las mismas condiciones de trabajo.

Evaluación de la concentración de Cromo Total de suelo del Parque Industrial de Rio Seco

La concentración de Cromo Total en el suelo del Parque Industrial Rio Seco-Arequipa se realizó tomando la muestra por medio de un monitoreo de suelo teniendo como referencia la Guía de muestreo de Suelos Contaminados del MINAM, por lo que se obtuvo una muestra representativa y fue enviada al laboratorio BHIOS, determinando su concentración de 12144.91 mg/kg (muestra inicial) que comparada con el Estándar de Calidad Ambiental ECA Suelo Industrial D.S. 011-2017-MINAM sobrepasa los 1000 mg/kg para suelo Industrial.

Según Flores (2018) en su investigación sobre la remoción parcial de Cromo presento 10611 mg/kg de Cromo Total en el suelo del Parque Industrial Rio Seco-Arequipa, considero como concentraciones de tratamiento 25%, 50% y 100% como suelos contaminados, para un periodo de 30 y 60 días para la especie ***Tagetes sp marigold*** (Flores, 2018)

Determinación de la concentración de Cromo Total en la hoja y raíz de la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*)

La concentración de Cromo Total en la hoja de la especie *Hydrangea macrophylla* en el segundo mes fue de 10.23 mg/kg para la muestra de 100% (S100), pero para el tercer mes aumento a 202.72 mg/kg; mientras para la concentración de 50% (S50) en el segundo mes fue de 4.59mg/kg, aumentando para el tercer mes a 46.09 mg/kg. La concentración de Cromo Total en la raíz de la especie *Hydrangea macrophylla* en el segundo mes fue de 100.67 mg/kg para 100% (S100), para el tercer mes aumento a 1147.4 mg/kg; mientras para la concentración de 50% (S50) en el segundo mes fue de 161.66 mg/kg, aumentando para el tercer mes a 265.13 mg/kg

Según Bautista (2015) en su investigación tomó las concentraciones de 0%, 10%, 20, 30% de lodo textil en relación al resultado de cromo de 23 mg/kg, por lo que a concentraciones mayores a 10% disminuye el desarrollo del cultivo de hortensias (Bautista, y otros, 2015)

Evaluación de la eficiencia de remoción de la especie Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) en las diferentes dosis de cromo total suministrado.

La evaluación de la eficiencia de remoción de Cromo Total de la Hortensia (*Hydrangea macrophylla*) (Gráfico 7) se observó que se obtuvo una remoción mayor en el tercer mes, comparando ambos tratamientos se evidencio que el promedio para la concentración de 50% fue de 88.4% mayor que la concentración de 100% con promedio de 70.8%, debiéndose a que la planta ha llegado a un nivel de saturación en la concentración de 100% provocando la disminución en su capacidad de remoción.

Según la investigación del lodo industrial textil en la producción de hortensias (Vargas, y otros, 2015) mostraron resultados de 23 mg/kg en el lodo industrial textil, por lo que recomienda incorpora 10% de concentración para posibilitar el desarrollo del cultivo de hortensias en macetas, siendo factible el uso de los lodos en concentraciones bajas para sistemas de producción de la planta ornamental Hortensia.

En la investigación menciona las fases del proceso de transporte del metal en la planta, la Fase I: sucede el transporte del metal al interior de la planta para luego pasar al interior de la célula, por lo que la raíz absorbe al metal por medio de la

difusión en el medio por flujo masivo o por intercambio iónico, ya que la raíz posee cargas negativas en sus células por la presencia de grupos carboxilo que interaccionan con las positivas de los metales pesados mediante el equilibrio dinámico. En la Fase II: el metal se encuentra en el interior de la planta, por lo que el metal es secuestrado y acomplejado mediante la unión a ligandos específicos. Los quelantes producidos por las plantas que secuestran los ácidos orgánicos son los ácidos cítricos, oxálico y málico, para aminoácidos son la histidina y cisteína, para los péptidos son la fitoquelatina y metaloinas. Las metalotioneinas son péptidos con gran contenido en cisteína, es importante ya que forma complejos con cationes mediante el grupo sulfhídrico teniendo una gran afinidad por los iones Cr, Zn, Cd, Hg, Cu.

En la Fase III: Se da la compartimentalización y detoxificación por el cual el complejo ligando-metal se retiene en la vacuola de la planta. La toxicidad del metal depende de su especiación lo que determina la capacidad de absorción, translocación y acumulación. En el caso del cromo se acumula en las hojas y en las raíces, debido a ello la hortensia acumula cromo en dichas zonas, transformándolo en metales no tóxicos e inmovilizándolos.

Capacidad fitorremediadora de Cromo Total de la especie Hortensia (*Hydrangea macrophylla*)

La capacidad fitorremediadora de la especie *Hydrangea macrophylla* para Cromo Total se observó por el porcentaje de remoción en la planta frente a dos concentraciones (50% y 100%).

Se observó que la dosis eficiente fue de 50% ya que alcanza valores de 79.45% para el segundo mes en comparación de 100%, pero para el tercer mes el valor aumenta a 88.41%, en la concentración de 100% la planta llega a saturarse por la gran cantidad de contaminante el suelo.

VI. CONCLUSIONES

1. La especie *Hydrangea macrophylla* mostro ser una planta fitorremediadora para suelos contaminados con Cromo Total, ya que es una especie que llego a remover hasta el 88.41% de Cromo Total en tres meses.
2. Se analizó la concentración de Cromo Total presente en el suelo llegando a 12144.91 mg/kg, por lo que sobrepasa el Estándar de Calidad Ambiental (ECA Suelo Industrial D.S. 011-2017-MINAM) de 1000 mg/kg.
3. La concentración de Cromo Total absorbida en la raíz en el segundo mes de tratamiento fue de 161.66mg/kg (50% de concentración) y 100.66mg/kg (100% de concentración), mientras para el tercer mes de tratamiento fue de 265.13mg/kg (50% de concentración) y 1147.4mg/kg (100% de concentración). La concentración de Cromo Total resultante de la parte aérea (hoja) fue de 4.59 mg/kg (50% de concentración) y 10.23mg/kg (100% de concentración) para el segundo mes de tratamiento, mientras para el tercer mes es 10.23 mg/kg (50% de concentración) y 202.72mg/kg (100% de concentración).
4. La capacidad de remoción de la especie *Hydrangea macrophylla* presento un porcentaje de 79.4% para el (50% de concentración) y 66.5% para (100% de concentración) en el segundo mes de tratamiento, para el tercer mes presento el 79.4% (50% de concentración) y 70.8% (100% de concentración).

VII. RECOMENDACIONES

- Estudiar a profundidad la especie *Hydrangea macrophylla* para evaluar la exposición del metal en diferentes estaciones del año, conociendo su ciclo de vida para conocer en que temporada tiene mayor capacidad fitorremediadora.
- Se recomienda realizar tratamientos con otros metales pesados a la especie *Hydrangea macrophylla* con el fin de determinar su capacidad fitorremediadora y su tolerancia.
- Es recomendable realizar el tratamiento en el suelo del Parque Industrial Rio Seco in situ, para evidenciar los cambios frente a factores atmosféricos y su tolerancia de acumulación.
- Realizar el tratamiento con la especie *Hydrangea macrophylla* por muchos más tiempo a los 3 meses para determinar el tiempo que logra remediar el suelo del Parque Industrial Rio Seco-Arequipa
- Realizar fiscalizaciones ambientales las autoridades competentes a los efluentes de las empresas curtidoras del sector de Rio Seco aplicando sanciones a aquellas que sobrepasen el VMA (valor máximo admisible) ya que dichos efluentes son desechados a las lagunas de oxidación desbordándose e impactando el suelo.

REFERENCIAS

- Alcócer Meneses, P. (2016). *Proceso productivo del cuero en la curtiembre San Pedro SR Ltda.* Lima.
- Almagro Romero, L. S. (2015). *Tolerancia y acumulación de metales pesados y As en diferentes especies de Cistus L.* (Vol. 37). *Anales de biología.*
- Almagro, L. A. (2015). *Tolerancia y acumulación de metales pesados y As en diferentes especies de Cistus L.* España: Departamento de Conservación de Suelos y Agua y Manejo de Residuos Orgánicos, Centros de Edafología y Biología Aplicada del Seguro.
- Apaza-Aquino, H. M. (2020). *MODELO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA EFLUENTES DE LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE.* . PUNO,: *Revista de Investigaciones (Puno)-Escuela de Posgrado de la UNA .*
- Arias, S. A. (2010). *itorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas.* Colombia.
- Audet, P. &. (2007). *Heavy metal phytoremediation from a meta-analytical perspective.* . *Environmental Pollution.*
- Bautista, L. G. (2014). *ENTOMOPATHOGENIC ACTIVITY OF THREE FUNGI ON Hortensia similis (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) AND Collaria scenica (HEMIPTERA: MIRIDAE) IN SILVOPASTORAL SYSTEMS.* *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural.*
- Bautista, V., Benavides, M., Rodríguez, M., Gonzales, F., Robledo, T., & Sandoval, R. (2015). *Lodo industrial textil en la producción de hortensias (Hydrangea macrophylla L.) en maceta.* Mex. *Ciencia Agric.*
- Bernal, M. P., & et al. (2007). *Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcóllar.* *Revista Ecosistemas,* 16.
- Córdova Bravo, H. M. (2014). *Minimización de emisiones de cromo en el proceso de curtido, por uso de complejantes y basificantes de cromo y tratamiento de efluentes.* Lima.
- Crespel, M. G. (2011). *Architectural and genetic characterization of hydrangea aspera subsp. Aspera Kawakami group, H. aspera sargentiana and their hybrids.* *Springer Science + Business Media B.V.* *Revista EBSCO.*
- Cuadros, A. M. (2005). *Técnicas de Remediación Biológicas.* *Microbiología Ambiental.*
- Estefany, R. Q. (2019). *CARACTERIZACIÓN Y REMOCIÓN DE CROMO (III) DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES DEL PARQUE INDUSTRIAL DE RIO SECO UTILIZANDO HUESO DE OLIVO (Olea europea) PROCESADO COMO BIOSORBENTE.* Arequipa.

- Eweis, J. B. (1998). *Bioremediation principles*. . Europa: McGraw-Hill Book Company Europe.
- Fabelo, J. A. (2017). *Propuesta de metodología para la recuperación de suelos contaminados*. Cuba: Departamento de Química. Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
- Fernández, F. D. (2017). *Mycorrhization protects Betula pubescens Ehr. from metal-induced oxidative stress increasing its tolerance to grow in an industrial polluted soil*. Journal of hazardous materials.
- Flores, C. J. (2018). *Propuesta de simulación de remoción parcial de cromo en suelos contaminados utilizando como fitorremediador el Tagete sp Madriglod*. Arequipa.
- García, I. a. (2003). *Contaminación por Metales Pesados. En Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola*. .
- Gestión. (2014). *Economía*. Obtenido de Productores de hortensias de Huánuco destinan el 55% de su producción al mercado local: <https://gestion.pe/economia/productores-hortensias-huanuco-destinan-55-produccion-mercado-local-152052-noticia/>
- Gómez, M. A. (2000). *Horticultura internacional*. España.
- Hernández Sampieri, e. a. (2010). *Metología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- ITRC. (2001). *Phytotechnology. Technical and Regulatory Guidance Document. Interstate Tehnology and Regulatory Cooperation*. Word Group Phytotechnologies Work Team.
- Kesumawati, E. K. (2006). *Correlation of phytoplasma concentration in Hydrangea macrophylla with green-flowering stability*. Scientia horticulturae.
- Kidd, P., C., B. C., García, L., & C., M. (2007). *Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural: el género Alyssum L*. España: Revista Ecosistemas.
- Lillo, J. (2003). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas.
- Martinez, L. A. (2018). *EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA RELAVERA EL MADRIGAL-AREQUIPA Y PROPUESTA DE FITORREMEDIACIÓN*. Arequipa.
- Martinez, M. L. (2018). *Evaluación del estado de conservación de suelos contaminados por la relavera el Madrigal-Arequipa y propuesta de Fitorremediación*. Arequipa.

- Martinez, S. A., & Toro, F. (2010). *Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas*. Infomador técnico.
- McIntyre, T. (2003). *Phytoremediation of heavy metals from soils*. *Adv Biochem. Engin Biotechnol.*
- Mejía, R. (2015). *Manual del Cultivo de Hortensias de Exportación Bajo Buenas Prácticas Agrícolas*. Unidad de Gestión Agroambiental.
- Méndez, J. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *10*, 29-44.
- Mendez, M. y. (2008). *Phytoremediation of mine tailings in temperate and arid environments*. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*
- MINAM. (2017). *DS N° 011-2017-MINAM Estandar de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. Perú.
- Núñez, R. M. (2004). *Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones, tecnología y Biología Molecular*. Ciencia .
- Orozco, F. (2012). *Establecimiento del protocolo de micropropagación de hortensia (Hydrangea macrophylla) a partir de segmentos nodales, como una estrategia de producción a gran escala, para su utilización ornamental en los espacios públicos del distrito de Quito*. Ecuador: Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí,.
- Osorio, G. V. (2015). *Manual técnico del cultivo de hortensias de exportación bajo buenas practicas agrícolas*. Medellín, Colombia: Departamento de Antioquia.
- Osorio, N. W. (2012). *pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. Manejo integral del suelo y nutrición vegetal*.
- Peña, C. (2001). *Toxicología ambiental: evaluación de riesgos y restauración ambiental*. Estados Unidos.
- Peña, S. E. (2013). *Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: caso Heliconia psittacorum (Heliconiaceae)*. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*.
- Piola, J. C. (2011). *Del Mundo Vegetal, I., & Plantas, I. Hortensias (Hydrangeas)*.
- Puebla, S. D. (2017). *Análisis de los principios activos en la especie Hydrangea macrophylla (Thunb.) Ser. de explantes in vivo e invitro*. Universidad de las Fuerzas Armada ESPE. Matriz Sangolquí.
- QuijanoA., C. M. (2015). *Potencial mutagénico y genotóxico de aguas residuales de la curtiembre Tasajero en la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander*. Colombia: Revista U.D.C.A.
- Raine, R. (2014). *Pink Hydrangea varieties*. Obtenido de <http://homeguides.sfgate.com/pink-hydrangea-varieties-40790.html>.

- Reigosa, M. P. (2003). *La ecofisiología Vegetal. Una ciencia de síntesis*. Universidad del Vigo. . Editorial Thomson.
- Rey de Castro Rosas, A. C. (2013). *Recuperación de cromo (III) de efluentes de curtido para el control ambiental y optimización del proceso productivo*. Lima.
- Rosas Quina, Y. (2019). *CARACTERIZACIÓN Y REMOCIÓN DE CROMO (III) DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES DEL PARQUE INDUSTRIAL DE RIO SECO UTILIZANDO HUESO DE OLIVO (Olea europea) PROCESADO COMO BIOSORBENTE*. Arequipa.
- Saad, I., & Castillo, J. (2009). *Fitorremediación: estudio de inteligencia tecnológica competitiva*. Sinnco.
- Sanjay M. S., S. D. (2020). *Isolation and identification of chromium*. Journal of King Saud University - Science.
- Singh, O. L. (2003). *Phytoremediation: An Overview of Metallic Ion Decontamination From Soil*. Applied Microbiology and Biotechnology.
- Steysi, P. Z. (2019). *EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE FITORREMEDIACIÓN DE Isolepis cernua y Nasturtium aquaticum PARA EL TRATAMIENTO SECUNDARIO DE EFLUENTES DE CURTIEMBRE DEL PARQUE INDUSTRIAL RIO SECO– AREQUIPA*. Arequipa.
- Torres, D., & Cumana, A. (2010). *Uso del vetiver para la fitorremediación de cromo en lodos residuales de una tenería*. Mexico: Rev. Mex. Cienc. Agríc.
- Vallejo, P. (2012). *Cultivo de a Hortensia*.
- Vanessa, Z. H. (2018). *BIORREMEDIACIÓN DE EFLUENTES DE CURTIEMBRES MEDIANTE HONGOS AISLADOS DEL PARQUE INDUSTRIAL DE RIO SECO (PIRS) – AREQUIPA, EN CONDICIONES DE BIORREACTOR TIPO AIRLIFT*. Arequipa.
- Vargas, E. B., Mendoza, A. B., Mendoza, M. d., Fuentes, J. A., Torres, V. R., Rangel, A. S., & Bautista, e. (2015). *Lodo industrial textil en la producción de hortensias (Hydrangea macrophylla L. en maceta*. Mexico: Revista mexicana de ciencias agrícolas.
- Vila, M. (2018). *Biodisponibilidad de metales pesados en suelos contaminados*. España: Dialnet.
- Zapana Huarache, S. V. (2018). *BIORREMEDIACIÓN DE EFLUENTES DE CURTIEMBRES MEDIANTE HONGOS AISLADOS DEL PARQUE INDUSTRIAL DE RIO SECO (PIRS) – AREQUIPA, EN CONDICIONES DE BIORREACTOR TIPO AIRLIFT*. Arequipa.

ANEXOS

Anexo 1

Figura 18: Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD
Variable Independiente -Capacidad fitorremediadora de la <i>Hydrangea macrophylla</i>	Indicador para determinar la concentración del metal en la planta, evaluando los mecanismos de absorción como el factor de bioacumulación en la raíz, en parte foliar y el factor de translocación de la planta.	Mecanismo de biodisponibilidad	-Factor de absorción, bioacumulación -Coeficiente de bioconcentración o fitoextracción -Tiempo de exposición de la planta	- mg/kg - mg/kg -Dias
Variable Dependiente Remoción de cromo en los suelos contaminados	Eliminación o disminución de la concentración de cromo en el suelo con la finalidad de bajar la toxicidad del metal del suelo en estudio y que pudiera ser usado en otras posibles actividades como la agricultura.	Concentración de Cr en el suelo	-Diagnóstico de la concentración inicial de Cromo en el suelo -Concentración de Cromo al ser extraída la planta	-mg/kg -mg/kg

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

Informe de ensayos de resultado inicial de cromo total en el suelo

BHIOS LABORATORIOS 

INFORME DE ENSAYOS N° 0983-2020
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	MUESTRA DE SUELO		UNIDADES
		Muestra de Suelo de las Curtembres del Parque Industrial Río Seco		
FQ	Cromo Hexavalente	<0.01		mg/Kg
FD	Elemento Cr	12144.91		mg/Kg

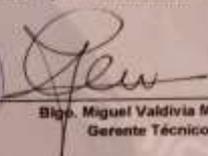
ABREVIATURAS:
mg/Kg Miligramos por kilogramo

OBSERVACIONES:
Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de detección del método.

MÉTODOS UTILIZADOS:
Cromo Hexavalente | Environmental Protection Agency, Method 218.4 Chromium, Hexavalent (AA, Chelation Extraction) 1978
Elemento Cr | Environmental Protection Agency, Method 30505, Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils, Revision 1998

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: FQ 07/03/2020 a 25/03/2020

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 27/03/2020


Bigo, Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PRP-06-F-05-E Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GD Página 2 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983766883 RPM #954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 3

Informe de ensayos de cromo total en el suelo al segundo mes





INFORME DE ENSAYOS N° 2647-2020
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	550B1	mg/Kg
		793.33	

ABREVIATURAS : mg/Kg ; Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS : Elemento Cr Environmental Protection Agency Method 3050B Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils Revision 1996

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	550A1	mg/Kg
		1599.47	

ABREVIATURAS : mg/Kg ; Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS : Elemento Cr Environmental Protection Agency Method 3050B Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils Revision 1996

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	S100A1	mg/Kg
		4895.22	

ABREVIATURAS : mg/Kg ; Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS : Elemento Cr Environmental Protection Agency Method 3050B Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils Revision 1996

RESULTADOS

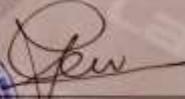
LAB	DETERMINACIÓN	SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	S100B1	mg/Kg
		3253.99	

ABREVIATURAS : mg/Kg ; Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS : Elemento Cr Environmental Protection Agency Method 3050B Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils Revision 1996

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 25/07/2020 al 04/08/2020

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/08/2020



Bgd. Miguel Valdivia Martinez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PRP-08-2-05-E Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/18 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG

Página 2 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS - calidad a su servicio

Anexo 5

Informe de ensayos de cromo total en la hoja al segundo mes




INFORME DE ENSAYOS N° 2645- 2020
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HOJAS	UNIDADES
FG	Elemento Cr	P90B1	3.65

ABREVIATURAS :
mg/Kg

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

Migramos por kilogramo

BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Húmedo y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc) Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HOJAS	UNIDADES
FG	Elemento Cr	P100B1	8.14

ABREVIATURAS :
mg/Kg

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

Migramos por kilogramo

BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Húmedo y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc) Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HOJAS	UNIDADES
FG	Elemento Cr	P90A1	8.62

ABREVIATURAS :
mg/Kg

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

Migramos por kilogramo

BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Húmedo y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc) Versión 02-2011

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HOJAS	UNIDADES
FG	Elemento Cr	P150A1	12.31

ABREVIATURAS :
mg/Kg

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

Migramos por kilogramo

BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Húmedo y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc) Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FG 25/07/2020 al 04/08/2020

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/08/2020





Digo. Miguel Valdria Martinez
Gerente Técnico

Fin del Informe

RRP-06-F-06-E- Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/18 Elaborado por: GT / Revisado por: CAD / Aprobado por: GGG Página 2 de 2

Av. Quiñones 8-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 6

Informe de ensayos de cromo total en el suelo al tercer mes



BHIOS
LABORATORIOS



INFORME DE ENSAYOS N° 1895 - 2020
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	556A3 707.98	mg/Kg

ABREVIATURAS : mg/Kg ; Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS : Elemento Cr ; Environmental Protection Agency, Method 3050B, Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils, Revision 1996.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	S10003 3102.61	mg/Kg

ABREVIATURAS : mg/Kg ; Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS : Elemento Cr ; Environmental Protection Agency, Method 3050B, Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils, Revision 1996.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	835 113.79	mg/Kg

ABREVIATURAS : mg/Kg ; Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS : Elemento Cr ; Environmental Protection Agency, Method 3050B, Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils, Revision 1996.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	S5003 700.21	mg/Kg

ABREVIATURAS : mg/Kg ; Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS : Elemento Cr ; Environmental Protection Agency, Method 3050B, Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils, Revision 1996.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	S100A3 3965.31	mg/Kg

ABREVIATURAS : mg/Kg ; Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS : Elemento Cr ; Environmental Protection Agency, Method 3050B, Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils, Revision 1996.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 12/06/2020 al 20/06/2020

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 22/06/2020





Miguel Valdivia Martinez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PHI-087-05-E Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/18 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: JGG Página 2 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ... calidad a su servicio

Anexo 8

Informe de ensayos de cromo total en blancos

BHIOS
LABORATORIOS

ISO
17025

INFORME DE ENSAYOS N° 1894- 2020
PÁGINA 2 DE 2

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cr	72.98	mg/kg

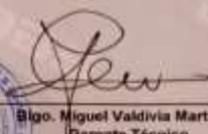
ABREVIATURAS :
mg/kg

MÉTODOS UTILIZADOS :
Elemento Cr

Miligramos por kilogramo

BHIOS-FQ-008, Determinación de Metales por Electroquímica de Absorción Atómica, Húmedo y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Boro, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estadio, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc) Versión 02-2011

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 12/06/2020 al 20/06/2020
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 22/06/2020


Bigo. Miguel Valdivia Martinez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PRP-06-F-06-E Versión: 01 Fecha de Emisión: 27/03/19 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GS Página 2 de 2

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 963768883 RPM #954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

