



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL

Rizofiltración de Alfalfa (*Medicago sativa L.*) y Coliflor (*Brassica oleracea var. Botrytis*), para Tratamiento de suelos contaminados con cadmio y plomo, en San José de Pará (Huarochiri – Lima) 2018-1.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Enzo Franco Peixoto Peña

ASESOR:

Juan Julio Ordoñez Gálvez

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

(2018)

Página de Jurado

Chávez Leandro, Abner
(Presidente)

Alcantara Bosa, Alejandro
(Secretario)

Ordoñez Galvez, Juan Julio
(Vocal)

Dedicatoria:

Dedico la presente tesis a mis padres Oscar y Manuela, también a mi hermano Oscar, por el gran apoyo incondicional que me han brindado durante este camino tan largo trazado; mis estudios superiores, el cual con mucho esfuerzo, sacrificio y aliento lograron que pueda llegar al objetivo propuesto desde un principio.

A Dios, por guiarme y darme la bendición, como también proveer cuando lo necesitaba durante esta etapa de mi vida.

Esto es para ustedes.

Agradecimiento:

Agradezco enteramente el apoyo total de mi asesor Juan Julio Ordoñez Gálvez, que estuvo durante todo este proceso, el cual sin sus indicaciones no podría haberlo realizado.

A mis docentes y compañeros que estuvieron presentes dándome su apoyo sin esperar nada a cambio, compartiendo mis dudas presentes en este tiempo.

Gracias a todos.

Declaratoria de Autenticidad

Yo Enzo Franco Peixoto Peña, con DNI N° 75241585 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaña es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 17 de Julio del 2018

Peixoto Peña, Enzo Franco

Presentación:

En cumplimiento al reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, presento a usted la tesis titulada “Rizofiltración de alfalfa y coliflor, para tratamiento de suelos contaminados con cadmio y plomo, en San José de Parac (Huarochirí – Lima) 2018-1”, la misma que someto a su consideración, a través de la sustentación a realizarse, esta para la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental.

Presento este documento para la sustentación a fin de poder lograr la culminación de mis estudios académicos superiores.

Sección del Jurado:

Secretario

Vocal

Presidente

Autor:

Enzo Franco Peixoto Peña

INDICE

Resumen.....	11
Abstract	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
Introducción	14
1.1 Realidad problemática:	15
1.2 Trabajos previos	16
1.3 Teorías relacionadas al tema	20
1.3.1 Rizofiltración.....	20
1.3.2 Cadmio	20
1.3.3 Plomo.....	20
1.3.4 Absorción.....	21
1.3.5 Alfalfa	21
1.3.6 Coliflor	21
1.3.7 Suelo:.....	22
1.4 Formulación del problema	22
1.4.1 Problema general:	22
1.4.2 Problemas específicos:	23
1.5 Justificación del estudio:	23
1.6 Hipótesis:.....	24
1.6.1 Hipótesis general.....	24
1.6.2 Hipótesis específicas	24
1.7 Objetivos:	24
1.7.1 Objetivo general:.....	24
1.7.2. Objetivos específicos:.....	24
II. MÉTODO	28
2.1 Diseño de investigación:	28
2.1.1 Tipo de diseño	28
2.1.2 Temporalidad	29
2.2 Variables, operacionalización:	29
2.3 Población y muestra:.....	30
2.3.1 Unidad de Análisis:	30
2.3.2 Población:.....	31
2.3.3 Muestra:	31
2.3.4 Diseño Muestral:	32
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:.....	33

2.5	Método de análisis de datos:	42
2.6	Aspectos Éticos:.....	42
III.	RESULTADOS.....	44
3.1.	Análisis pre-test de suelo y agua:.....	44
3.1.1	Resultados iniciales:	44
3.1.2	Resultados de Repeticiones:	47
3.2	Proceso experimental con la Alfalfa:.....	52
3.3	Proceso experimental con la Coliflor:	52
3.4	Análisis comparativos entre Alfalfa y Coliflor:	52
3.5	Cuadros y Análisis Estadísticos:.....	53
3.5.1	Análisis 1:.....	54
3.5.2	Análisis 2:.....	58
3.5.3	Análisis 3:.....	62
3.5.4	Análisis comparativo entre las muestras:	66
3.5	Análisis estadístico:	71
IV.	DISCUCIONES	76
V.	CONCLUSIONES	79
VI.	RECOMENDACIONES.....	81
	Referencias Bibliográficas:	83
	Anexos:.....	87
	Anexo 1.....	87
	Anexo 2.....	88
	Anexo 3.....	89
	Anexo 4.....	90

Índice de Tablas

- Tabla 1: Estándares de calidad ambiental del suelo.
- Tabla 2: Estándares de calidad ambiental del agua.
- Tabla 3: Matriz de operacionalización de variables.
- Tabla 4: Coordenadas obtenidas.
- Tabla 5: Toma de muestras de suelo.
- Tabla 6: Características fenológicas iniciales.
- Tabla 7: Resultados del análisis de agua.
- Tabla 8: Resultados del análisis de suelo.
- Tabla 9: Características fenológicas.
- Tabla 10: Resultados del análisis promedio de suelo.
- Tabla 11: Resultados del análisis promedio de suelo.
- Tabla 12: Resultados del análisis de suelo.
- Tabla 13: Resultados del análisis de suelo.
- Tabla 14: Resultados del análisis de suelo.
- Tabla 15: Resultados del análisis de suelo.
- Tabla 16: Resultados del análisis de suelo.
- Tabla 17: Resultados del análisis de suelo.
- Tabla 18: Tabla con valores de análisis generales.
- Tabla 19: Tabla con valores de análisis generales.
- Tabla 20: Normalidad para los datos de alfalfa con plomo.
- Tabla 21: Normalidad para los datos de alfalfa con cadmio.
- Tabla 22: Normalidad para los datos de coliflor con plomo.
- Tabla 23: Normalidad para los datos de coliflor con cadmio.
- Tabla 24: Prueba de T-student para alfalfa – plomo.
- Tabla 25: Prueba de T-student para alfalfa – cadmio.
- Tabla 26: Prueba de T-student para coliflor – plomo.
- Tabla 27: Prueba de T-student para coliflor – cadmio.
- Tabla 28 y 29: Prueba de T-student para coliflor – Plomo.
- Tabla 30 y 31: Prueba de T-student para coliflor – Cadmio.

Índice de Figuras

- Figura 1: Ubicación de la zona de muestreo.
- Figura 2: Diagrama de flujo del proceso de toma de muestra en campo.
- Figura 3: Diagrama de flujo del proceso de la metodología experimental.
- Figura 4: Preparación de maceteros.
- Figura 5: Selección de plántulas Alfalfa y Coliflor respectivamente.
- Figura 6: Sembrado de plántulas.
- Figura 7: Diagrama de flujo del proceso experimental desarrollado.
- Figura 8: Plantaciones de alfalfa.
- Figura 9: Plantaciones de coliflor.
- Figura 10: Muestra en laboratorio de una repetición.
- Figura 11: Toma de muestras para análisis 1.
- Figura 12: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 13: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 14: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 15: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 16: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 17: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 18: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 19: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 20: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 21: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 22: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 23: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 24: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 25: Disminución de contaminantes en plantaciones.
- Figura 26: Comparación de análisis.
- Figura 27: Comparación de análisis.
- Figura 28: Comparación de análisis.
- Figura 29: Comparación de análisis.

Resumen

El presente trabajo de investigación, el objetivo principal fue generar una aplicación de método de Rizofiltración que trata del uso de raíces para absorción de metales pesados, este método en el presente es utilizado para reducir niveles de contaminación de Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) presente en suelos, para lo cual se seleccionó las especies Alfalfa y Coliflor con el fin de poder generar con el proceso fenológico la absorción de los mencionados metales, cuya fase experimental tuvo un tiempo de 2 a 3 meses, en los cuales se realizaron tomas de muestra y análisis de laboratorio, alcanzándose valores de reducción en plomo de hasta un 78% en alfalfa y en coliflor un 85%, para el cadmio se obtuvo un 49% con la alfalfa y con la coliflor un 47%, con dichos valores se ha logrado demostrar que la utilización de estas dos especies si logra generar niveles de reducción muy positivos en suelos contaminados con los ya mencionados metales. Se concluyó que en comparación con otras especies como el girasol y otras más, la alfalfa y la coliflor llegan a tener más eficiencia, la que lograron rebajar los niveles contaminantes hasta por muy debajo de los ECA's (Estándares de Calidad Ambiental).

Palabras Clave: Rizofiltración, Contaminación, Raíces, Absorción.

Abstract

The present research work, the main objective was to generate an application of Rizofiltration method that deals with the use of roots for heavy metal absorption, this method in the present is used to reduce contamination levels of Lead (Pb) and Cadmium (Cd)) present in soils, for which the Alfalfa and Cauliflower species were selected in order to be able to generate with the phenological process the absorption of the aforementioned metals, whose experimental phase had a time of 2 to 3 months, in which intakes were made sample and laboratory analysis, reaching values of lead reduction of up to 78% in alfalfa and cauliflower 85%, for cadmium 49% was obtained with alfalfa and cauliflower 47%, with these values has managed to demonstrate that the use of these two species if it manages to generate very positive levels of reduction in soils contaminated with the aforementioned metals. It was concluded that in comparison with other species such as sunflower and others, alfalfa and cauliflower become more efficient, which managed to reduce the contaminant levels even below the ECA's (Environmental Quality Standards).

Key Words: Rizofiltration, Pollution, Roots, Absorption

I. INTRODUCCIÓN

Introducción

Uno de los problemas más señalados por la sociedad a nivel mundial y nacional, que ocupa un lugar muy prominente en los programas sociales y políticos es destacar y señalar la progresiva degradación de los recursos naturales causada por la diversidad de contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos, en la atmósfera, agua y suelo, procedentes de diversas actividades naturales y antropogénicas, generando un irreparable deterioro en el ambiente.

En las últimas décadas el acelerado desarrollo industrial, los problemas de efluentes mineros y crecimiento de las poblaciones en el Perú, han generado serios problemas de contaminación por metales pesados, provocando un incremento de su concentración en el ambiente y su migración a suelos no contaminados, que deterioran la calidad del suelo, del aire y del agua. (Pineda R., 2004).

La contaminación del agua por metales pesados ocasionada por vía antrópica y natural está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública (Efsa, 2015; Huang et. al, 2014). Estudios recientes reportan la presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa (Singh et. al, 2010; Chen et. al, 2013). Esta contaminación, proviene, entre otras causas, del uso para riego de aguas afectadas (Singh et. al, 2010; Francisca et. al, 2015; Li et. al, 2015). De igual manera, se han encontrado metales en diferentes concentraciones en peces, carnes y leche, resultado de la bioacumulación y movilidad desde el ambiente en fuentes hídricas (Singh et. al, 2010; Li et. al, 2015).

1.1 Realidad problemática:

Sabemos que el suelo es un recurso esencial, y parte importante dentro de la cadena del ciclo hidrológico, donde se dan los procesos de intercepción de la precipitación por la cobertura vegetal, infiltración del agua en el suelo, almacenamiento en depresiones naturales y finalmente el escurrimiento superficial y sub superficial. Por ello la tremenda importancia en los temas de salud de las personas, las especies animales y las plantas que lo habitan, así como las potencialidades del desarrollo económico y social de las comunidades que se benefician de este.

Los impactos que genera la actividad minera en el medio natural está relacionado íntegramente con las pérdidas de las propiedades físicas (variaciones en la textura, pérdida de la estructura edáfica, variaciones en el régimen hídrico) y pérdidas de las propiedades químicas (Contaminación con metales pesados, acidificación, adición de sales al suelo). (Lillo, Javier, 2018, dd. 35).

En el Perú, la industria minera libera anualmente 13 000 m³ de efluentes tratados ineficientemente a los que se suma la presencia de los pasivos ambientales mineros (Autoridad Nacional del Agua, 2009, p. 65), (Bebbington y Williams, 2008, p. 191).

En el centro poblado de San José de Parac, ubicado en el distrito de San Mateo, dentro de la provincial de Huarochirí, que pertenece al departamento de Lima, existe actividad minera desarrollada por la empresa PROEMSA S.A., la cual cuenta con una planta de tratamiento y canchas de relaves que origina la contaminación de los pastos, el ganado, los bofedales, el aire y el agua, deteriorando el ecosistema natural y poniendo en vulnerabilidad a la población existente en la zona.

Estas aguas ácidas liberan los metales y metaloides (Pb, Cd, Cu, Mn, Zn y As) los cuales son transportados por los cursos de agua y pueden llegar hasta el hombre por medio de la bio acumulación en la cadena trófica. Sabemos que la actividad minera que se desarrolla sobre

los 3 000 msnm, es un factor limitante en la gestión del recurso hídrico en las cuencas; como consecuencia de la contaminación originada por los vertimientos del procesamiento de minerales y por la existencia de pasivos ambientales mineros (Bury, 2002, p. 15), (Bury, 2007, pp. 49-50), (Isch, 2011), (Liverman y Vilas, 2006, pp. 338-339).

1.2 Trabajos previos

Según (Guevara, A., De la Torre, E., Villegas, A. y Criollo, Evelyn, 2009) indica que:

La rizofiltración, es una técnica alternativa de fitoremediación, que usa raíces de plantas para descontaminar aguas o efluentes líquidos. Se puede usar para el tratamiento de soluciones contaminadas con metales pesados, ya que es una de las opciones que presenta el mejor costo-beneficio respecto a otros métodos mecánicos o químicos empleados con los mismos fines. En este trabajo se emplea la rizofiltración para la detoxificación de soluciones sintéticas que contienen cromo, cobre y cadmio, de concentraciones de 5 a 20 mg/l y además para el tratamiento de un efluente líquido de cianuración industrial, con contenidos elevados de cobre (177 mg/l), cromo (0,02 mg/l) y cadmio (2,1 mg/l). (p. 871).

Según (Mahesh, J., Jagath, K., Ranil, K., Suren, W.,2008) indican que:

La macrófita *Eichhomia crassipes* para la remoción de hierro (Fe), de los recursos hídricos contaminados incluyendo las aguas subterráneas; debido a las actividades antropogénicas, logra eliminarse en gran parte a la fitorremediación principalmente a través del proceso de rizofiltración, como una alternativa para la recuperación de las aguas degradadas.

Según (Foluso, A., Bamidele, O., Kayode, A., 2009), cuentan que:

Al emplear *Eichhomia crassipes* para remover los metales, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, V y Zn, en las raíces de las plantas y en los brotes, mostraron como resultados que la planta acumula metales tóxicos como

el Cr, Cd, Pb y As, tanto en la raíz y en el brote en un alto grado, indicando que la planta logra desarrollar una importante biomasa, como producto del proceso de la rizofiltración.

Según (Ernst, W. H. O., 2000) define y señala que:

El concepto definido de utilizar plantas para limpiar aguas y suelos contaminados no es nuevo, desde hace 300 años las plantas fueron propuestas para ser utilizadas en el tratamiento de aguas residuales. En Rusia durante los años sesenta se realizaron investigaciones utilizando plantas para recuperar suelos contaminados con radionucleótidos. Existen reportes sobre el uso de plantas acuáticas en aguas contaminadas con plomo, cobre, cadmio, hierro y mercurio. La remediación de la acumulación de metales pesados en suelos utilizando plantas es también ampliamente reconocida por la eficiencia y la eficacia que se obtiene al ser realizado el tratamiento.

Según (Chávez Rodríguez, Luciana, 2014), indica que:

Pese a la elevada contaminación de plomo en el suelo, existen muchas especies vegetales que han desarrollado métodos para prosperar bajo condiciones adversas, lo cual las convierte en potenciales para ser utilizadas en procesos de Fitoremediación. La autora realiza el tratamiento de la rizofiltración utilizando dos especies pertenecientes a los géneros *Calamagrotis* y *Nicotiana*, para ser cultivados y proceder a la absorción de dichos metales contaminantes. Se obtuvieron los valores hasta de 0.3 mg de plomo en extracción del metal presente en el suelo que contenía alto nivel de este, probando de que las especies nativas tienen mucha más eficiencia y contundencia en el desarrollo del proceso.

Según (Deacon, JR; Driver, NE., 1999), indica que:

Dentro de los metales pesados hay dos grupos; oligoelementos o micronutrientes; estos son los requeridos en pequeñas cantidades por

plantas y animales, y estos son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Son metales pesados sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades dentro de seres vivos resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos, el Cd, Hg, Pb, Sb, Bi, Sn, Tl. En general, el orden de acumulación de metales pesados en la red trófica es como Sigue: capa biológica=sedimentos>invertebrados>peces.

Según (Velasco, M., 2009) indica que:

En un breve análisis de aplicación de tecnologías y medidas adecuadas de prevención y mitigación de la contaminación, se observa que la naturaleza y magnitud de los impactos ambientales del sector minero en el pasado fueron variando de acuerdo a las características económicas y sociales de las unidades operativas mineras, y en relación con el avance tecnológico de los métodos de producción y los sistemas de prevención, protección y control de la salud, seguridad industrial y manejo ambiental dado en los diferentes sectores relacionados a industrias mineras.

Según (Garbisu y Alkorta, 2001) indican que:

Por más de cientos de años, las actividades mineras han sido actores fundamentales en la contaminación de flora, fauna y de la población circundante a ellas, dañando agua, aire y suelo debido a sus desechos tóxicos con presencia de metales pesados, en su mayoría el plomo y el mercurio, en compañía mayormente del cadmio, y en muchos casos revisados, estas emisiones y efluentes generan fenómenos de bioacumulación en las distintas fases de la cadena alimentaria, contaminando así a todo ser vivo.

Según (Medina, A., 2001) indica que:

La producción de bienes de consumo- a lo largo del tiempo y territorio de un país, ha generado importantes focos de contaminación, en primer

lugar, por la falta de conciencia ecológica de parte de los productores, y en Segundo lugar, el inadecuado manejo de materiales tóxicos y todo tipo de residuos, lo cual genera un gran problema a las poblaciones y todo ser vivo circundante a estas industrias contaminantes.

Según (Núñez, L., Meas, V. y Ortega, B., 2009) Indican que:

En el estudio realizado para tratamientos de efluentes contaminados con Pb, trabajados en tres etapas diferentes y utilizando diferentes sustancias para la absorción, lograron durante sus tres etapas una eficiencia de absorción porcentual del 52%, 91% y 95% finalmente, determinando que esta técnica de fitorremediación genera buenos resultados en cuanto a la absorción de metales.

Según (López Martínez, Gallegos Martínez, Pérez Flores y Gutiérrez Rojas, 2005) Indican que:

Los usos de diferentes plantas con distintas características incrementan la biodegradación de varios contaminantes, pero se sabe poco sobre la participación directa o indirecta de estas plantas en el importante papel que cumplen. El objetivo que desean mostrar es dar a conocer la importancia de la fitorremediación como una técnica muy útil para la descontaminación de suelos contaminados, esto lo realizan mostrando la eficiencia de esta técnica, mostrando o analizando las capacidades de las plantas indicadas para el proceso.

Según (Chico Ruiz, Cerna Rebaza De Chico, Rodríguez Espejo, Guerrero Padilla, 2012) Indican que:

Utilizaron la planta girasol para su tratamiento de fitorremediación, la cual tiene bastante capacidad de captación de metales, es por ello que se realizó la investigación, sembrando estas semillas y siendo trasladadas a los 20 días de crecidas a otro tipo de suelo, siendo tratadas y añadiendo cierta cantidad de metales, concluyendo que el girasol tubo una

absorción de plomo de 500 mg/l, así lograron evaluar la eficiencia y conocer la cantidad de absorción en metales que tiene la raíz girasol.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Rizofiltración

La rizofiltración, es una técnica de fitoremediación que usa raíces de plantas para descontaminar agua superficial, subterránea, efluentes líquidos y suelos contaminados con metales pesados, toxinas orgánicas, entre otros elementos. (GARCÍA, J., MORATÓ, J., 2005). Las plantas que se utilizan con este fin se cultivan en invernaderos, con las raíces sumergidas en agua, en lugar de tierra. Cuando el sistema radicular de la planta está bien desarrollado, sus raíces se colocan en contacto con el agua o efluente a tratar, a medida que las raíces se van saturando en agua y suelos, luego los contaminantes se van cortando y eliminando.

1.3.2 Cadmio

El cadmio es un metal sin función biológica y es tóxico a niveles relativamente bajos. Este metal es responsable de modificar la composición de las poblaciones microbianas en el suelo y, por ello, de reducir la descomposición de la materia orgánica. Se puede acumular en plantas y en la fauna edáfica o animales superiores a través de pastos o aguas contaminadas mediante su consumo. (RÁBAGO JUAN-ARACIAL, 2011)

1.3.3 Plomo

El plomo ingresa a los suelos por la deposición de partículas arrastradas por el viento, el contacto con aguas residuales industriales, el riego de cultivos con aguas que contengan pequeñas fracciones de este metal, y aguas de escorrentía provenientes de apilamientos minerales. En el suelo el plomo tiene una gran afinidad con las sustancias húmicas y el pH y depende de ellos para fijarse, pero debido a que es poco móvil permanece

en los horizontes superiores y no es asimilado en grandes cantidades por las plantas, siendo muy contaminante para todo ser vivo que la consuma. (ACOSTA DE ARMAS & MONTILLA PEÑA, 2011).

1.3.4 Absorción

Proceso por el cual una sustancia es tomada e incorporada en un cuerpo receptor. Es el proceso por el cual una sustancia puede atravesar los tejidos o células vegetales y depende del material vegetal que se emplee y de su capacidad de desarrollar este mecanismo. Este sistema tiene bastante aplicabilidad en materia ambiental para remoción de sustancias contaminantes presentes en el suelo o agua y es un término muy empleado en el proceso denominado Biorremediación. (AMBIENTUM, 2014).

1.3.5 Alfalfa

Desde hace más de 2 000 años, la alfalfa (*Medicago sativa L.*) es uno de los cultivos forrajeros más apreciados, no solo por sus excelentes cualidades nutricionales, sino por sus altos rendimientos en cantidad y calidad. Esta planta leguminosa tiene una antigua tradición herbal. Los árabes la llamaron alfalfa, que significa “padre de todos los alimentos”, al observar que mediante su consumo los animales aumentaban notablemente el vigor y la capacidad de trabajo, posiblemente debido a que su raíz penetra en el suelo a más de 9 metros de profundidad y puede alcanzar cualquier reserva de minerales y otros nutrientes inaccesibles a la mayoría de las demás plantas, así como soportar sequías extremas. Según (Ingeniera Química).

1.3.6 Coliflor

La coliflor (*Brassica oleracea var. Botrytis*), un vegetal de alta importancia nutritiva pues posee un bajo contenido de glúcidos y bajo aporte calórico y se considera que por cada 100 g de repollo fresco contiene: 92,7 g de agua, 1,5 g de azúcares, 2,1 g de fibra, 1,5 g de carbohidratos, además

contiene calcio, magnesio, fósforo y vitaminas C, E y B6, es por esto que el consumo de coliflor se aconseja debido a su alto contenido de elementos fitoquímicos (glucosinolatos, isotiocianatos e índoles). Estos contribuyen a la prevención de algunas enfermedades degenerativas y a estimular el sistema inmunológico por su carácter antioxidante (Verduras.consumer.es, 2012).

1.3.7 Suelo:

Cuerpo natural cuyo consiste en capas (horizontes) compuestos de materiales, de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinación de clima, topografía, organismos (flora, fauna, microorganismos y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado, el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color, propiedades químicas, biológicas y físicas. (FAO, 2018).

1.3.9 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo D. S. N° 002-2013-MINAM, para agua D. S. N° 015-2015-MINAM:

Los estándares de calidad ambiental son indicadores que miden las concentraciones de diferentes químicos contaminantes que se encuentran en suelos y cuerpos de agua (Tabla 1 y 2, así mismo si las emisiones superan el valor determinado por las ECA's se considera peligro para el medio ambiente y la población, por ello la entidad responsable (MINAM) determina las concentraciones óptimas de cada contaminante.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general:

- ¿La rizofiltración de alfalfa y coliflor, permitirán recuperar los suelos contaminados con Cadmio y Plomo?

1.4.2 Problemas específicos:

- ¿La rizofiltración con alfalfa y sus características fenológicas permitirán recuperar los suelos contaminados con Cadmio y Plomo?
- ¿La rizofiltración con Coliflor y sus características fenológicas permitirán recuperar los suelos contaminados con Cadmio y Plomo?
- ¿Existen diferencias significativas del efecto de rizofiltración de alfalfa y coliflor en cuanto a los niveles de reducción hallados?

1.5 Justificación del estudio:

Los contaminantes provenientes de vertidos y tratamientos mineros y también de otras actividades que manejan metales pesados, contaminan y dañan en gran cantidad las grandes extensiones de tierra y agua y que hoy en día están siendo impactadas severamente por estas actividades extractivas, no solo en el lugar que sucede, sino en el país en general. El problema no radica solamente en la extracción de minerales como tal y aunque para el presente estudio solo se abordó la contaminación de efluentes por la extracción minera y su mal manejo de efluentes con contenido de metales pesados altamente contaminante; toda esta problemática en general merece atención urgente. (Repetto, 1995; Kosnett, 2010).

La rizofiltración es una de las opciones que presenta mejor relación de costo-beneficio con respecto a otros métodos utilizados para el tratamiento de efluentes líquidos contaminados. Además, es estética y naturalmente amigable con el ambiente, por lo que se presenta como una o la mejor forma de descontaminación socialmente aceptable para las comunidades circundantes a estos contaminantes y para los organismos de control respectivos. (Fabiana Malacarne. Libro de porque biotecnología es mejor).

Esta técnica de la rizofiltración, es una técnica alternativa de Fito remediación, que usa raíces de plantas para descontaminar suelos, aguas o efluentes líquidos con presencia de contaminantes con alta concentración. Se puede utilizar para el tratamiento de soluciones contaminadas con metales

pesados ya que es una de las opciones que presenta el mejor costo-beneficio en comparación a otros métodos mecánicos o químicos empleados con los mismos fines de solución para estos efluentes. (Alicia G., Ernesto D., Ana V., Evelyn C., 2009).

Finalmente, se consideró que la presente investigación genera conocimiento sobre el accionar de las especies alfalfa y coliflor, como medio para la reducción de los niveles de contaminación de los metales pesados de Cadmio y Plomo, en suelo y agua, evaluando la eficiencia mediante características fenológicas y capacidad de absorción de dichos metales.

1.6 Hipótesis:

1.6.1 Hipótesis general

- La rizofiltración de alfalfa y coliflor, permiten recuperar los suelos contaminados con Cadmio y Plomo.

1.6.2 Hipótesis específicas

- La rizofiltración con alfalfa y sus características fenológicas permite recuperar los suelos contaminados con Cadmio y Plomo.
- La rizofiltración con coliflor y sus características fenológicas permite recuperar los suelos contaminados con Cadmio y Plomo.
- Existen diferencias significativas del efecto de rizofiltración de alfalfa y coliflor en cuanto a los niveles hallados.

1.7 Objetivos:

1.7.1 Objetivo general:

- Evaluar la técnica de rizofiltración de alfalfa y coliflor, para recuperar los suelos contaminados con Cadmio y Plomo.

1.7.2. Objetivos específicos:

- Evaluar la técnica de rizofiltración con alfalfa y sus características fenológicas para recuperar los suelos contaminados con Cadmio y

Plomo.

- Evaluar la técnica de rizofiltración con coliflor y sus características fenológicas para recuperar los suelos contaminados con Cadmio y Plomo.
- Evaluar si existen diferencias significativas del efecto de rizofiltración de alfalfa y coliflor en cuanto a los niveles hallados.

Tabla 1. Estándares de calidad ambiental del suelo

N°	Parametros	Usos del Suelo			Metodo de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial Parques	Suelo Comercial/Industrial/Extractivos	
I Organicos					
1	Benceno (mg/kg MS)	0.03	0.03	0.03	EPA 82-60B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0.37	0.37	0.37	EPA 8250-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0.082	0.082	0.082	EPA 8250-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8250-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0.1	0.6	22	EPA 8250-B
6	Fraccion de hidrocarburos F1 (C5-	200	200	500	EPA 5015-B
7	Fraccion de hidrocarburos F2 (C10-	1200	1200	5000	EPA 8015-M
8	Fraccion de hidrocarburos F3 (C28-	3000	3000	6000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0.1	0.7	0.7	EPA 5270-O
10	Bifenilos policlorados PCB (mg/kg MS)	0.5	1.3	33	EPA 8270-D
11	Aldrín (mg/kg MS)	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrín (mg/kg MS)	0.01	0.01	0.01	EPA 8270-D
13	DOT (mg/kg MS)	0.7	0.7	12	EPA 8270-D
14	Heptadoro (mg/kg MS)	0.01	0.01	0.01	EPA 8270-D
II Inorganicos					
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0.9	0.9	8	EPA 9013
16	Arsenico Total (mg/kg MS)	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS)	750	500	2000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cadmio total (mg/kg MS)	1.4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0.4	0.4	1.4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS)	606	606	24	EPA 7471-B
21	Plomo Total (mg/kg MS)	70	140	1200	EPA 3000-B EPA 3051

Fuente: Ministerio del ambiente, 2015

Tabla 2. Estándares de calidad ambiental del agua

PARAMETRO	UNIDAD	E1: LAGUNAS Y LAGOS	E2: RIOS		E3: ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
Sulfuros	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Temperatura	°C	3	3	3	2	2
INORGANICOS						
Antimonio	mg/L	0.61	1.6	0.61	"	"
Arsenico	mg/L	0.15	0.15	0.15	0.036	0.036
Bario	mg/L	0.7	0.7	1	1	"
Cadmio	mg/L	0.00025	0.00025	0.00025	0.0088	0.0088
Cobre	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
Cromo	mg/L	0.011	0.011	0.011	0.05	0.05
Mercurio	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Niquel	mg/L	0.052	0.052	0.052	0.0082	0.0082
Plomo	mg/L	0.0025	0.0005	0.0025	0.0081	0.0081
Selenio	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.071	0.071
Talio	mg/L	0.0008	0.0006	0.0008	"	"
Zinc	mg/L	0.12	0.12	0.12	0.081	0.081

Fuente: Ministerio del ambiente, 2015

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación:

2.1.1 Tipo de diseño

El diseño de la presente investigación es no experimental; debido a que no se realiza un control, y tampoco manipulación de la variable independiente, se

realizado un pre-test y un post-test a la variable dependiente ya aplicado el estímulo.

- Pre-test:

Se realizó un análisis a las aguas contaminadas con cadmio y plomo, para obtener los parámetros de éstas.

- Post-test:

Luego de ser aplicado el estímulo, fueron nuevamente analizados los cuerpos de agua y las muestras de suelo para observar los cambios obtenidos.

2.1.2 Temporalidad

La investigación es tipo transversal, ya que, se generó información y resultados para dos escalas temporales (escenarios), permitiendo con ellos conocer el grado de intervención que tienen las plantas en el proceso de rizofiltración.

2.2 Variables, operacionalización:

En la Tabla 3, se muestran la matriz con la operacionalización de cada una de las variables consideradas en la presente de investigación, habiéndose identificado tanto la variable independiente como la dependiente; así como los indicadores respectivos que han permitido alcanzar el objetivo trazado.

Tabla 3. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	Definición Conceptual	Definición Operativa	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
------------------------	-----------------------	----------------------	-----------	-----------	--------

Rizofiltración Alfalfa y Coliflor	La rizofiltración, es una técnica alternativa de fitoremediación, que usa raíces de plantas para descontaminar aguas o efluentes líquidos. Guevara, A., De la Torre, E., Villegas, A. y Criollo, Evelyn, 2009	Se cultivará la alfalfa y la coliflor en maceteros, los cuales serán regados con efluentes conteniendo cadmio y plomo.	Características fenológicas de la alfalfa	Tamaño Número de hojas Color	Razón
			Características fenológicas de la coliflor	Tamaño Número de hojas Color	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE			DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
Reducción de Cadmio y Plomo en suelo	Las raíces de las plantas y en los brotes, mostraron como resultados que la planta acumula metales tóxicos como el Cr, Cd, Pb y As, tanto en la raíz y en el brote en un alto grado, indicando que la planta logra desarrollar una importante biomasa, como producto del proceso de la rizofiltración (Foluos, et al, 2009)	A través de la fase experimental, se logrará que las raíces de la alfalfa y la coliflor a través de la rizofiltración puedan absorber los metales de cadmio y plomo.	Absorción de metales pesados	Concentración Cadmio	Razón
				Concentración plomo	Razón

Fuente: Elaboración propia

2.3 Población y muestra:

2.3.1 Unidad de Análisis:

Para la presente investigación, se consideró trabajar con muestras

volumétricas de agua (litros), permitiendo de esta manera desarrollar los procesos de análisis.

2.3.2 Población:

La población seleccionada para la presente investigación, está conformada por las aguas del río Aruri y el suelo adyacente a este, específicamente en la parte alta de la microcuenca quebrada Parac, que está ubicada en el centro poblado de San José de Parac, perteneciente al distrito de San Mateo, dentro de la provincia de Huarochirí.

2.3.3 Muestra:

La muestra fue tomada de forma simple o puntual, que consiste en la toma de un volumen de agua y suelo en un punto específico, para el posterior análisis. Esta muestra representa las condiciones, características y parámetros específicos del cuerpo de agua y suelo para el lugar, tiempo y condiciones particulares en el momento que se realiza la toma de muestra, y para el presente estudio serán tomados 14 litros de agua y 25 kg del suelo.

Según: Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).
Protocolo para muestreo de suelos (DS N°002-2013-MINAM).

Unidad Experimental:

Los kilogramos de suelo y litros de agua obtenidos en el centro poblado San José de Parac, en el distrito de Huarochiri, Provincia de San Mateo y departamento de Lima.

Localización de la zona de estudio:

La zona de estudio se ubicó en el centro poblado San José de Parac,

perteneciente a la provincia de Huarochiri, que se ubica en el distrito de San Mateo con las siguientes coordenadas UTM, WGS84 (Figura 1 y Tabla 4).

Se utilizó el software Google Earth, para la respectiva localización con las coordenadas ya tomadas.



Fuente: GOOGLE EARTH

Figura 1. Ubicación de la zona de muestreo

Tabla 4: Coordenadas obtenidas

MUESTRA	NORTE	ESTE
SUELO	8700546.50 m S	358987.40 m E
AGUA	8700533.38 m S	358999.88 m E

Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Diseño Muestral:

El muestreo fue de tipo aleatorio, ya que las condiciones naturales del escurrimiento de las aguas del río Aruri, presentaron niveles de

concentraciones uniforme dentro de su caja hidráulica, como consecuencia del régimen hídrico.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad:

Los procedimientos o métodos y los correspondientes instrumentos que se utilizaron en el presente proyecto para la obtención de la información fueron los siguientes:

- **Revisión Bibliográfica:**

Se procedió a la revisión de fuentes bibliográficas referentes al presente tema de investigación, para su posterior desarrollo de contenido.

- **Observaciones:**

Se realizó la obtención de información y antecedentes del lugar a tratar, para conocer la problemática y saber la manifestación de la variable de estudio.

- **Fichas para recolección de datos:**

Para la recopilación de la data en campo y los procesos de análisis en laboratorio, se requerirá de fichas técnicas debidamente validados por juicios de expertos (Anexo 2).

Desarrollo de instrumentos de recolección de datos:

- ✓ Toma de muestras de agua y posterior análisis de presencia de plomo y cadmio:

Esta etapa se inició con la identificación del punto de muestreo, para la recolección de las muestras de aguas contaminadas en el río Aruri perteneciente al centro poblado San José de Parac, de este río fueron tomados 25 litros de agua, según el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales,

según ANA, el cual es una toma de muestras simple o puntual. Posterior a ello, se envió al laboratorio una parte de la muestra (1 litro), para su análisis y verificación de los parámetros esenciales en la investigación (Figura 2). Después de obtener los primeros resultados, estos fueron comparados con el ECA nacional de agua.

- ✓ Sembrado de las especies Alfalfa (*Medicago Sativa*) y Coliflor (*Brassica oleracea var. Botrytis*):

Esta etapa se inició con la construcción de semilleros, específicamente tres maceteros para cada especie. Las semillas fueron plantadas con tierra que contiene humus y nutrientes para su crecimiento. Estos semilleros sirvieron para la germinación de las dos especies, en cada uno de estos habrá presencia de 7 semillas, las mismas que fueron humedecidas con agua utilizando el respectivo y cuidadoso regadío, brindando la cantidad de agua necesaria (0.2 L) para las semillas y lograr humedecer el suelo, esto cada vez que sea necesario.

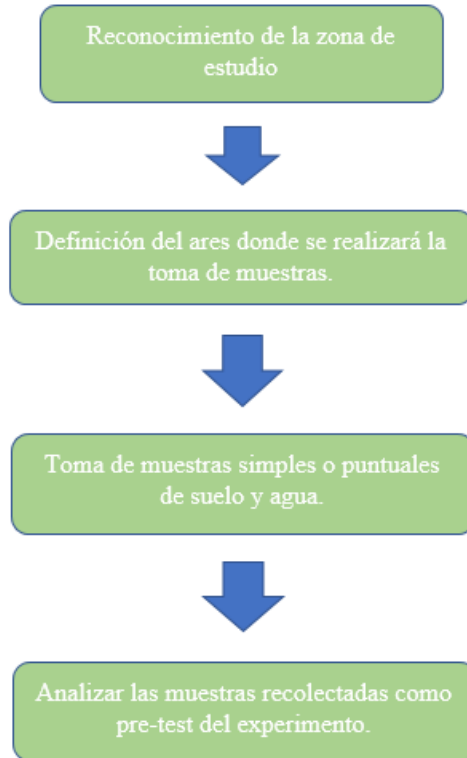
Luego de la germinación, se alargará el tiempo para que las plantas logren alcanzar su madurez y así poder lograr la remoción de los contaminantes. Esta observación de la eficiencia de las dos especies se realizó mediante tres análisis o repeticiones más en el transcurso de su crecimiento, para así poder saber la cantidad en la que van disminuyendo los contaminantes (Figura 3).

- ✓ Comparación de resultados obtenidos:

Al haber transcurrido el tiempo de crecimiento y absorción de contaminantes, se fueron realizando los respectivos análisis de suelo y agua, para así observar los resultados obtenidos durante la investigación, estos análisis fueron nuevamente comparados con los ECA's de suelo y agua para poder disminuir los contaminantes y lograr obtener un suelo y agua con la mínima presencia de estos.

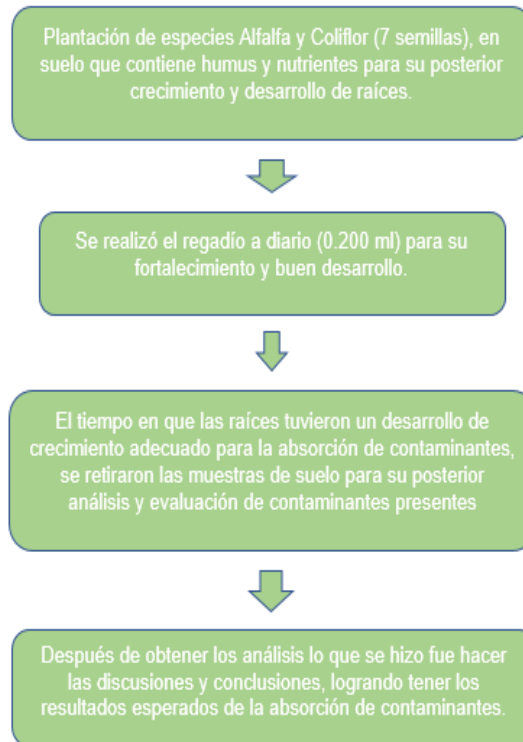
- Preparación de los maceteros:

En las Figuras 4, 5 y 6, se muestran los procesos de preparación de los maceteros con sus respectivas muestras de suelo, permitiendo tener las condiciones mínimas para la fase de sembrado de las plántulas de Álfala y Coliflor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de toma de muestra en campo



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de la metodología experimental.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Preparación de maceteros



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Selección de plántulas Alfalfa y Coliflor respectivamente





Fuente: Elaboración propia

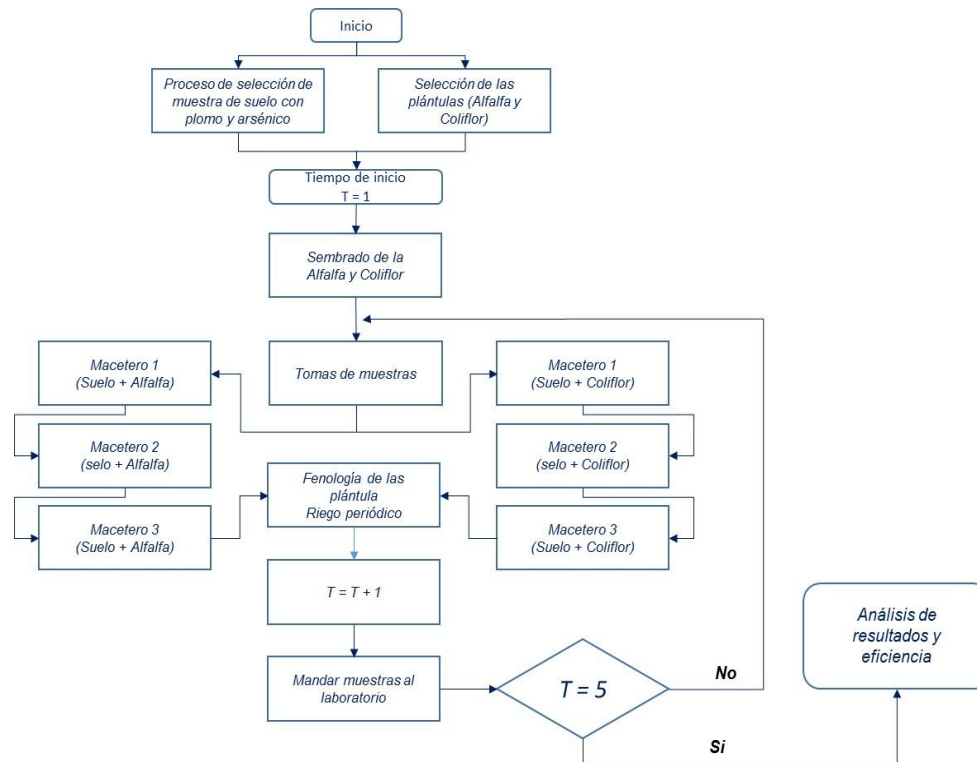
Figura 6. Sembrado de plántulas

2.4.1 Materiales utilizados en el experimento:

- Cooler
- Lampa pequeña
- Bolsas Herméticas para 1kg
- Botellas de polietileno de 1L
- Guantes y Guardapolvo
- 6 Maceteros
- Semillas de las dos especies utilizadas

2.4.2 Metodología y repeticiones de análisis de datos:

En la presente investigación se realizaron las mediciones en cada una de las muestras seleccionadas, tanto del suelo como de las características fenológicas de cada una de las plántulas seleccionadas, lo que se puede apreciar claramente en la Figura 7.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso experimental desarrollado

En la Tabla 5, se muestran las características del punto de donde se extrajeron las muestras de suelo y la temperatura promedio existente en el lugar.

En la Tabla 6, se muestran las características fenológicas de las semillas que fueron indicadas y tomadas en cuenta para así poder observar sus condiciones físicas (tamaño).

Tabla 5: Toma de muestras de suelo

Día	Variables	Muestra		
	Parámetros	Altitud (msnm)	Temperatura del agua (°C)	Observación
ALFALFA COLIFLOR	Pb	3793 msnm	10°	-
	Cd	3793 msnm	10°	-
	Ph	3793 msnm	10°	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Características fenológicas iniciales:

Día	Variables	Muestra		
	Parámetros	Tamaño (cm)	Altura de raíz (cm)	Observación
ALFALFA	Semillas	2mm	-	Etapa inicial, plantaciones sin tamaño.
	Semillas	2mm	-	Etapa inicial, plantaciones sin tamaño.
COLIFLOR	Semillas	2mm	-	Etapa inicial, plantaciones sin tamaño.
	Semillas	2mm	-	Etapa inicial, plantaciones sin tamaño.

Fuente: Elaboración propia

En las Figuras 8 y 9, se muestran los maceteros con las respectivas plántulas seleccionadas, para nuestro caso son la Alfalfa y la coliflor, las cuales fueron sembradas en las muestras de suelo debidamente distribuidas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Plantaciones de alfalfa



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Plantaciones de coliflor

De las plantaciones de Alfalfa y coliflor se realizaron tres repeticiones, las cuales fueron realizadas cada una en el tiempo de 7 días,



esto dio a conocer la eficiencia de las raíces y cuanta absorción se obtuvo en el tiempo, logrando una disminución de las concentraciones de los metales cadmio y plomo. En la Figura 10, se muestran un recipiente con la toma de muestra de suelo de una de las repeticiones.

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Muestra en laboratorio de una repetición

2.5 Método de análisis de datos:

Para el análisis de los datos generados en la fase experimental se recurrirá al uso de los métodos estadísticos descriptivo e inferencial con el fin de corroborar la confiabilidad de los mismos, por ello, se seleccionó como estadístico la T student.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

2.6 Aspectos Éticos:

Toda la información recolectada en el presente proyecto de investigación está

referenciada por diversas fuentes bibliográficas, con autores diversos referentes al tema de investigación, siendo correctamente citadas según el formato requerido, y también información recolectada en campo.

A la vez no hubo manipulación de los resultados obtenidos, ya que todo esto fue registrado por evidencia como son los análisis de muestreo de agua por el respectivo laboratorio certificado y las fotos tomadas durante las fases para realizar el proyecto.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis pre-test de suelo y agua:

3.1.1 Resultados iniciales:

Para dar inicio al proceso de la investigación, fue necesario que las muestras de agua y suelo obtenidos en la localidad de San José de Parac, fueran analizadas en laboratorio, con el fin de conocer los niveles de concentración de plomo y cadmio, por ello en la Tabla 7, se muestras

los valores obtenidos para el agua y en la Tabla 8, los valores para el suelo.

Resulta que la muestra de agua tiene un pH de 7.46; mientras que las concentraciones de Pb y Cd superan ampliamente a los valores del ECA

Tabla 7: Resultados del análisis de agua

ANALISIS DE AGUA		
PARAMETROS	CONCENTRACIONES	ECA
Pb	0.12 mg/L	0.0025 mg/L
Cd	0.005 mg/L	0.00025 mg/L
Ph	7.46	

Fuente: Elaboración propia

La muestra de suelo, tiene un pH de 8.31; mientras que la concentración de Pb supera significativamente al ECA, y el Cd es ligeramente superior.

Tabla 8: Resultados del análisis de suelo

ANALISIS DE SUELO		
PARAMETROS	CONCENTRACIONES	ECA
Pb	134.48 ppm	70 ppm
Cd	1.513 ppm	1.4 ppm
Ph	8.31	

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la línea base, de las muestras de suelo agrícola y agua de río, es que el objetivo es lograr estabilizar y reducir dichos niveles de contaminación presentes en el suelo.

Luego de los análisis previos y del análisis promedio de las plantaciones,

se realizó la observación de las características fenológicas de las especies (Tabla 9), para llevar un control del proceso en que se encuentra su desarrollo.

Tabla 9. Características fenológicas

Día	Variables	Muestra		
	Parámetros	Tamaño (cm)	Altura de raíz (cm)	Observación
ALFALFA	Semillas	16cm	8cm	La temperatura climática de lima es condicionante para el crecimiento de las especies.
	Semillas	16cm	8cm	La temperatura climática de lima es condicionante para el crecimiento de las especies.
COLIFLOR	Semillas	14cm	7cm	La temperatura climática de lima es condicionante para el crecimiento de las especies.
	Semillas	14cm	7cm	La temperatura climática de lima es condicionante para el crecimiento de las especies.

Fuente: Elaboración propia

En las Tablas 10 y 11, se muestran los resultados generados en el tratamiento del suelo con la alfalfa y coliflor, habiéndose realizado un promedio de los niveles de concentración de plomo y cadmio, extrayendo una concentración de 100 mg de cada sembrío, lo cual fue hecho como base para un resultado en general de cada especie.

Tabla 10. Resultados del análisis promedio de suelo

ANÁLISIS DE SUELO			
PARAMETROS	ESPECIE		ECA
	ALFALFA		
	PRE-TEST	ANÁLISIS PROMEDIO	

Pb	134.48 ppm	124 ppm	70 ppm
Cd	1.513 ppm	0.005 ppm	1.4 ppm
Ph	8.31	8.12	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Resultados del análisis promedio de suelo

ANÁLISIS DE SUELO			
PARAMETROS	ESPECIE		ECA
	COLIFLOR		
	PRE-TEST	ANÁLISIS 1 PROMEDIO	
Pb	134.48 ppm	131 ppm	70 ppm
Cd	1.513 ppm	0.005 ppm	1.4 ppm
Ph	8.31	8.43	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11, se muestra el desarrollo fenológico de la plántula de Alfalfa, sembrado en el suelo contaminado con plomo y cadmio, así como también la primera toma de muestras de suelo para su análisis.



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Toma de muestras para análisis 1

3.1.2 Resultados de Repeticiones:

En las Tablas 12, 13 y 14, se muestran los resultados para la alfalfa, obtenidos después de haberse hecho el análisis en laboratorio, observando la eficiencia existente de las especies y la disminución de los contaminantes.

El comportamiento fenológico que tuvo la alfalfa fue algo lento, debido a que su crecimiento también lo fue, esto a consecuencia de las condiciones climáticas y su adaptación a él fue algo difícil, puesto a que esta especie no crece en condiciones climatológicas como las de lima metropolitana, esto condiciono el desarrollo que se pudo obtener durante el proceso, lo cual se refleja en la segunda repetición de los análisis, hallando un aumento en los valores de Pb, el clima condiciona muchos aspectos del proceso, debido a ello que se producen tales márgenes de error. Estos resultados del segundo análisis cambiaron y volvieron a disminuir, logrando una eficiencia alta para el proceso. Muy aparte, las concentraciones de Cd siguieron disminuyendo, lo cual da a notar de que el proceso para absorción de este metal no tiene como condicionante al clima.

Se halló la conclusión de que el clima fue el que afecto a las muestras, debido a que el regadío y el cuidado de las especies fue el mismo, la única variante fue el cambio climático de lima metropolitana.

Tabla 12: Resultados del análisis de suelo

ANALISIS DE SUELO				
PARAMETROS	ESPECIE: ALFALFA 1			ECA
	ANÁLISIS 1	ANÁLISIS 2	ANÁLISIS 3	
Pb	24.72 ppm	34.31 ppm	30.16 ppm	70 ppm
Cd	1.072 ppm	0.789 ppm	0.8 ppm	1.4 ppm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Resultados del análisis de suelo

ANALISIS DE SUELO				
PARAMETROS	ESPECIE: ALFALFA 2			ECA
	ANÁLISIS 1	ANÁLISIS 2	ANÁLISIS 3	
Pb	26.2 ppm	29.97 ppm	33.05 ppm	70 ppm
Cd	1.06 ppm	0.728 ppm	0.8 ppm	1.4ppm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Resultados del análisis de suelo

ANÁLISIS DE SUELO				
PARAMETROS	ESPECIE: ALFALFA 3			ECA
	ANÁLISIS 1	ANÁLISIS 2	ANÁLISIS 3	
Pb	32.16 ppm	38.24 ppm	30.36 ppm	70 ppm
Cd	1.22 ppm	0.791 ppm	0.77 ppm	1.4 ppm

Fuente: Elaboración propia

Después de que se realizaron los análisis de la primera repetición, se obtuvieron valores que disminuyeron en gran cantidad, de los cuales la plantación “ALFALFA 1” es la que disminuyó más en el análisis de Pb, respecto a la segunda repetición, los valores registrados arrojan que la muestra “ALFALFA 2” es la que disminuyó en mayor cantidad y por último en la tercera repetición la muestra que redujo más fue “ALFALFA 1”, volviendo a ser la muestra con mejor reducción.

Respecto al Cd el sembrío que tuvo mayor disminución de contaminante en el primer análisis fue “ALFALFA 2”, lo cual se mantuvo en el segundo, sin embargo, para el tercer análisis la muestra denominada “ALFALFA 3” es la que redujo mejor los niveles de contaminación.

Esto refleja la eficiencia de las raíces de alfalfa para la absorción y con ello la descontaminación de suelos afectados con metales pesados, en el presente estudio solo observando Plomo (Pb) y Cadmio (Cd), pero también sirviendo como base para tratamiento de otros metales contaminantes.

En las Tablas 15, 16 y 17, se muestran los resultados para la coliflor, obtenidos después de haberse hecho el análisis en laboratorio, observando la eficiencia existente de las especies y la disminución de los contaminantes.

El comportamiento fenológico de la coliflor fue diferente al de la alfalfa, debido a que esta especie tuvo un mejor crecimiento, esto debido a que se adaptó al clima con mayor facilidad, no obstante, los resultados reflejan un desfase en el segundo análisis, esto es debido más que todo a las condiciones en las que se desarrollaba su crecimiento, porque el cuidado y regadío permaneció de igual

manera durante todo el periodo de tratamiento.

Tabla 15: Resultados del análisis de suelo

ANÁLISIS DE SUELO				
PARAMETROS	ESPECIE: COLIFLOR 1			ECA
	ANÁLISIS 1	ANÁLISIS 2	ANÁLISIS 3	
Pb	50.2 ppm	28.00 ppm	20.22 ppm	70 ppm
Cd	1.199 ppm	0.815 ppm	0.80 ppm	1.4 ppm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Resultados del análisis de suelo

ANÁLISIS DE SUELO				
PARAMETROS	ESPECIE: COLIFLOR 2			ECA
	ANÁLISIS 1	ANÁLISIS 2	ANÁLISIS 3	
Pb	42.61 ppm	48.76 ppm	29.75 ppm	70 ppm
Cd	1.103 ppm	1.015 ppm	0.96 ppm	1.4 ppm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Resultados del análisis de suelo

ANÁLISIS DE SUELO				
PARAMETROS	ESPECIE: COLIFLOR 3			ECA
	ANÁLISIS 1	ANÁLISIS 2	ANÁLISIS 3	
Pb	34.1 ppm	50.75 ppm	25.64 ppm	70 ppm
Cd	1.132 ppm	1.127 ppm	0.91 ppm	1.4 ppm

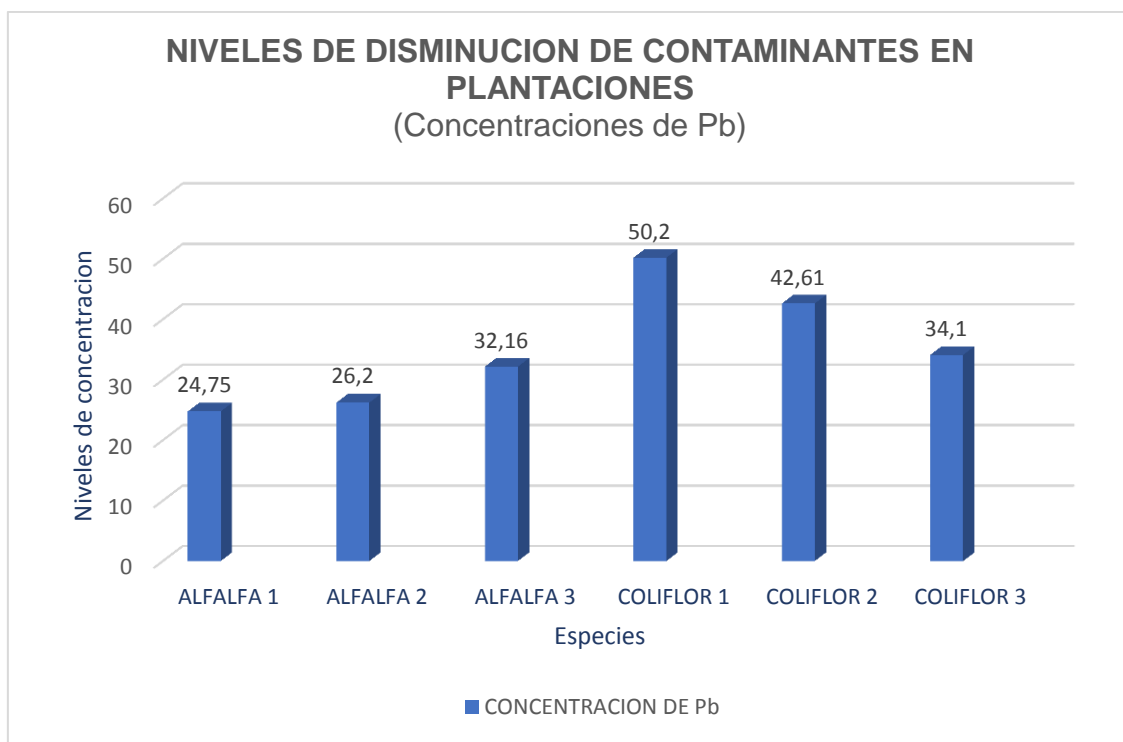
Fuente: Elaboración propia

De igual manera, también se realizó un análisis de los sembríos de coliflor, de los cuales respecto al Pb la muestra que logro disminuir más en el primer análisis fue “COLIFLOR 3”, y para el segundo análisis fue la muestra “COLIFLOR 1”.

Respecto al Cd, la muestra que obtuvo más disminución en el primer análisis de contaminantes fue “COLIFLOR 2”, posteriormente en el segundo análisis la muestra “COLIFLOR 1” obtuvo mejores niveles de descontaminación, esto

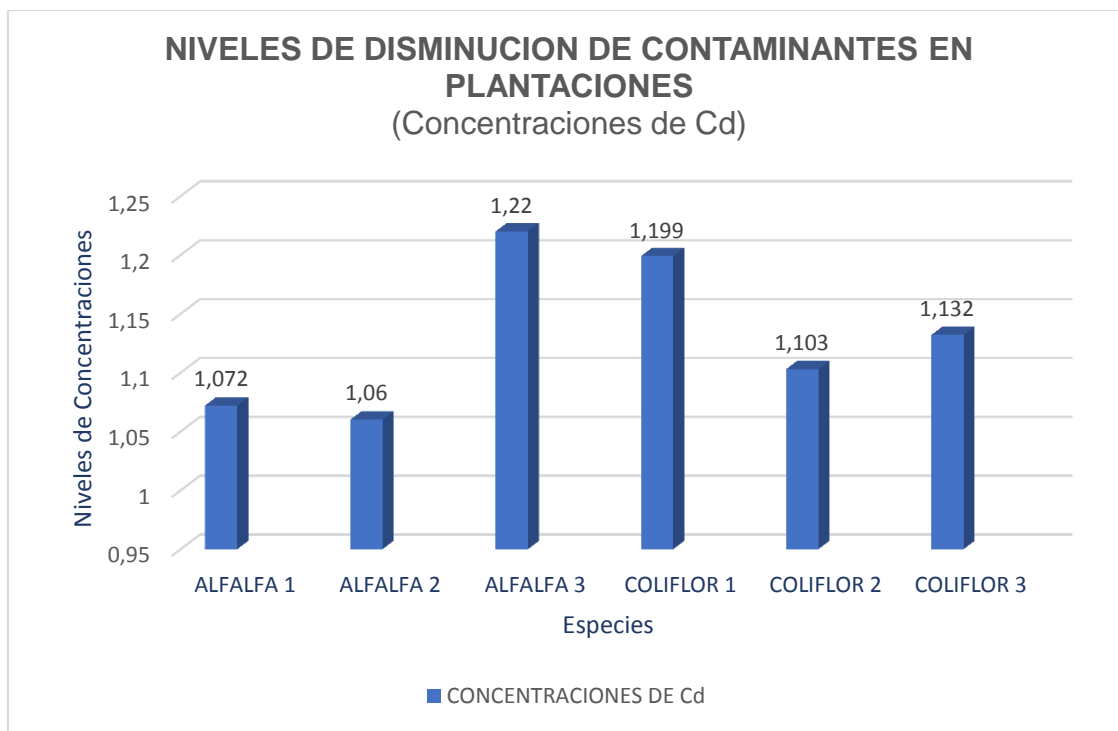
refleja la eficiencia de las raíces de esta especie para la absorción y con ello la descontaminación de suelos contaminados con metales pesados, en el presente estudio solo observando Plomo (Pb) y Cadmio (Cd), pero también sirviendo como base para tratamiento de otros metales contaminantes.

En las Figuras 12 y 13, se muestran los niveles de concentraciones obtenidos en cada una de las fases experimentales para la Alfalfa y la Coliflor apreciándose claramente como a través de desarrollo fenológico de cada cultivo, se ha logrado generar una reducción de los niveles de concentración de Plomo y Cadmio en el suelo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Disminución de contaminantes en plantaciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Disminución de contaminantes en plantaciones

3.2 Proceso experimental con la Alfalfa:

El presente proceso se realizó con el inicio de la toma de muestras de suelo, el cual fue abonado para poder realizar las plantaciones correspondientes, posterior a esto, se obtuvieron las semillas de alfalfa, las cuales fueron colocadas en el macetero adecuado para su crecimiento, luego se fue tomando control y cuidado con el regadío y la observación del tamaño en que iban creciendo.

3.3 Proceso experimental con la Coliflor:

El presente se realizó de igual manera al de la alfalfa, a diferencia de que la adecuación al ambiente fue más aceptable por parte de esta especie, la cual no sufrió ningún daño o mal formación en el transcurso de su crecimiento.

3.4 Análisis comparativos entre Alfalfa y Coliflor:

Comparando la eficiencia obtenida en los resultados de laboratorio por cada especie, se observó que la alfalfa tiene mayor porcentaje de absorción de

contaminantes con respecto a la coliflor, estas observaciones siguieron, debido a que se fueron haciendo más análisis y la eficiencia de cada especie puede variar.

3.5 Cuadros y Análisis Estadísticos:

En las figuras 14 – 17 se puede observar la comparación y disminución que se efectuó debido al experimento, en donde el grafico expone claramente las cantidades que se encontraron al inicio, una referencia de las concentraciones de los ECA's y los valores arrojados por el primer análisis de laboratorio según muestras de alfalfa y muestras de coliflor.

Las muestras de alfalfa claramente son las que tienen mayor mejoría, lo cual evidencia la eficiencia de las raíces de alfalfa para la absorción de metales pesados presentes en el suelo.

Se obtuvo el porcentaje de disminución realizando la siguiente formula en el proceso:

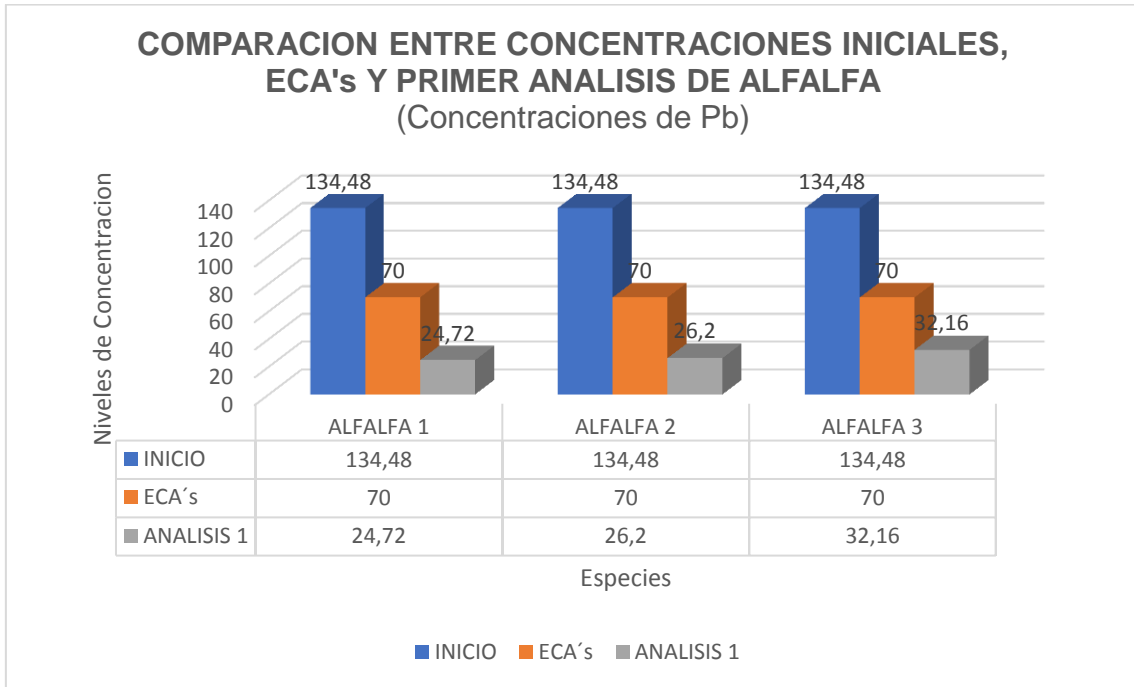
$$\begin{array}{l} \text{Concentración inicial ----- 100\%} \\ \text{Concentración de muestra 1 ----- X\%} \end{array}$$

Entonces:
$$X = \frac{\text{Concentración de la muestra 1} * 100 \%}{\text{Concentración inicial}}$$

La misma fórmula se aplica para la muestra 2 y muestra 3, para ambas especies analizadas, alfalfa y coliflor.

El porcentaje de disminución de contaminantes es la diferencia entre el 100% - X%.

3.5.1 Análisis 1:



Fuente: Elaboración propia

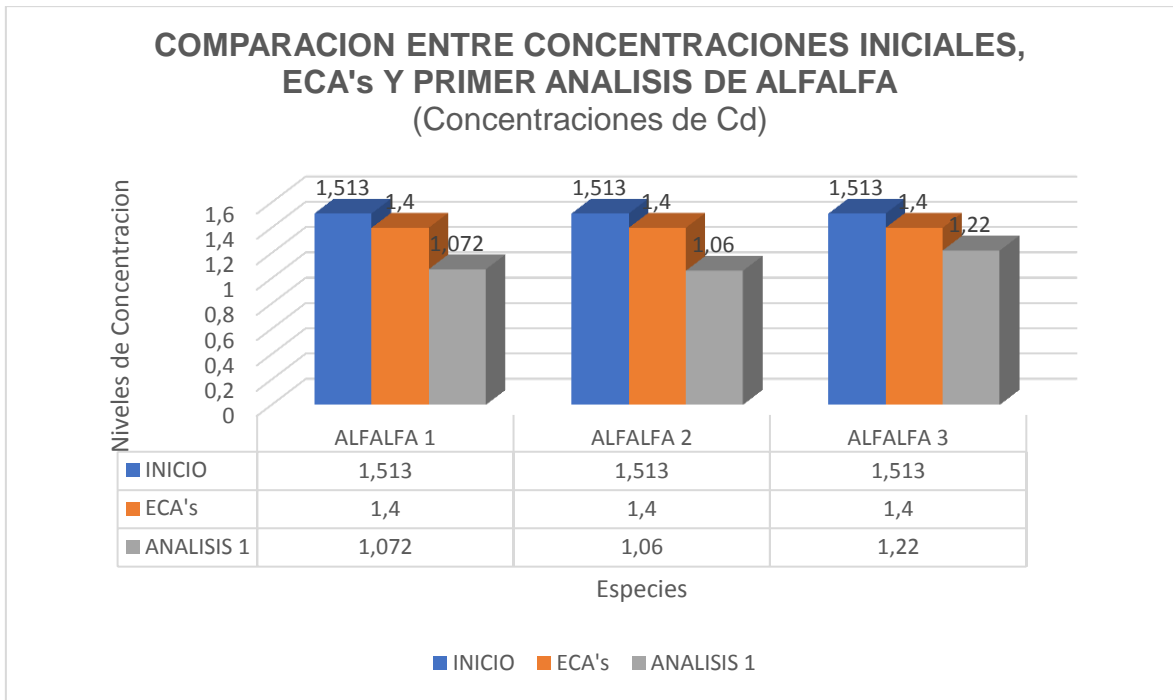
Figura 14. Disminución de contaminantes en plantaciones

En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Pb y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

ALFALFA 1: Reducción de un 82%

ALFALFA 2: Reducción de un 81%

ALFALFA 3: Reducción de un 76%



Fuente: Elaboración propia

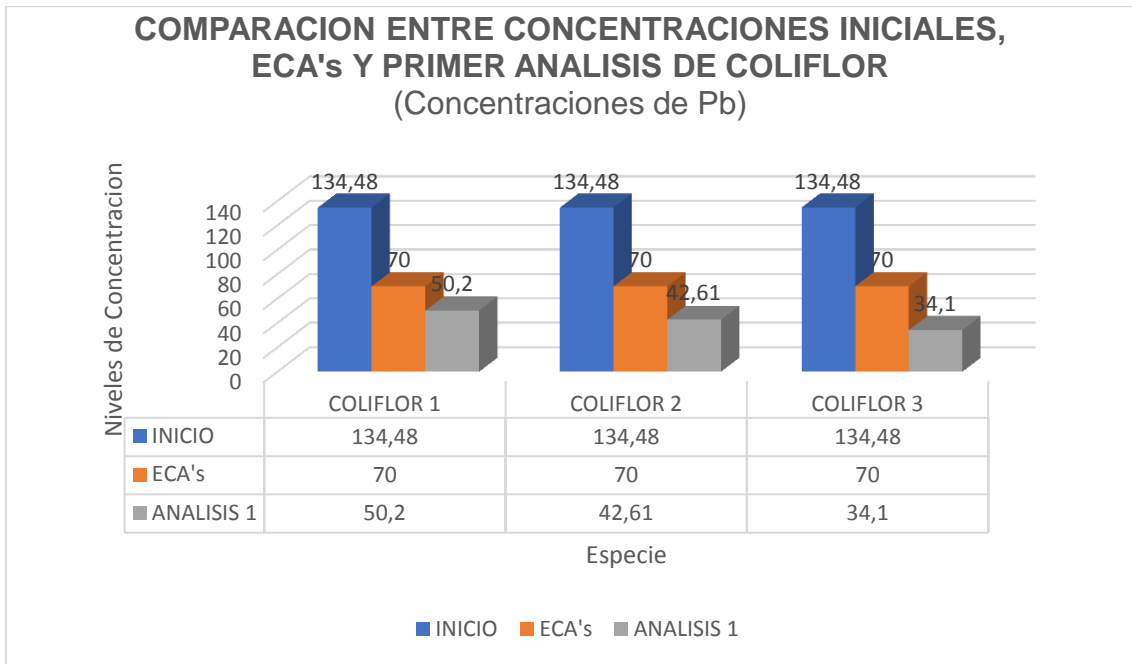
Figura 15. Disminución de contaminantes en plantaciones

En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Cd y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

ALFALFA 1: Reducción de un 29%

ALFALFA 2: Reducción de un 30%

ALFALFA 3: Reducción de un 19%



Fuente: Elaboración propia

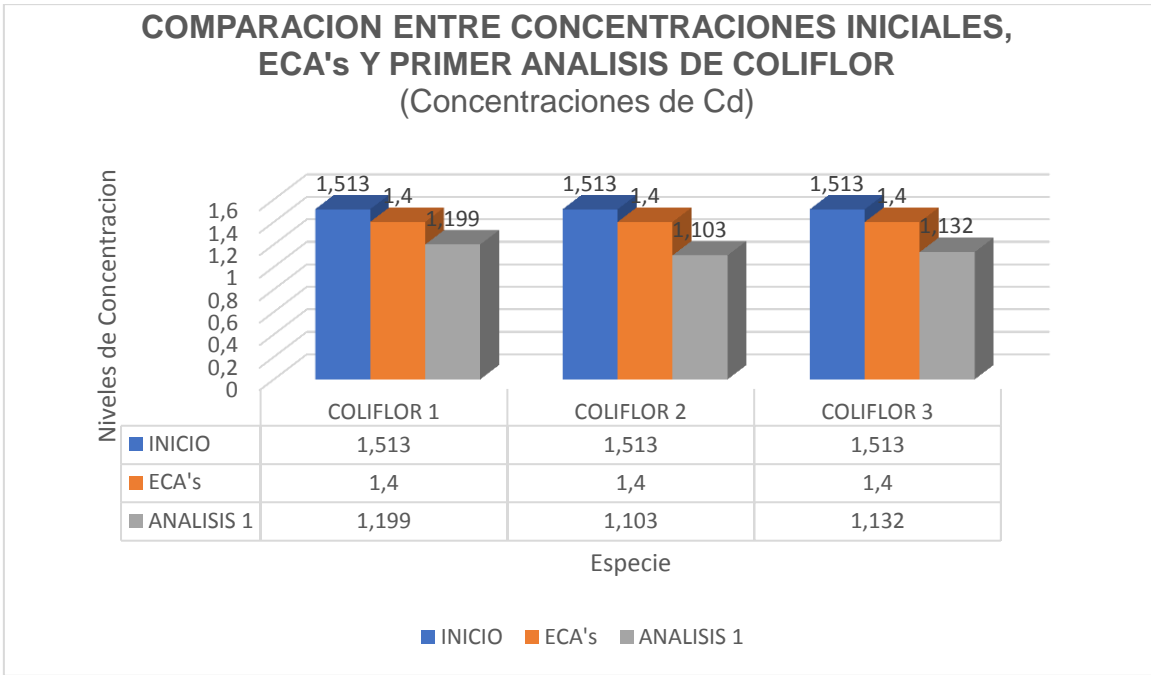
Figura 16. Disminución de contaminantes en plantaciones

En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Pb y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

COLIFLOR 1: Reducción de un 63%

COLIFLOR 2: Reducción de un 68%

COLIFLOR 3: Reducción de un 75%



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Disminución de contaminantes en plantaciones

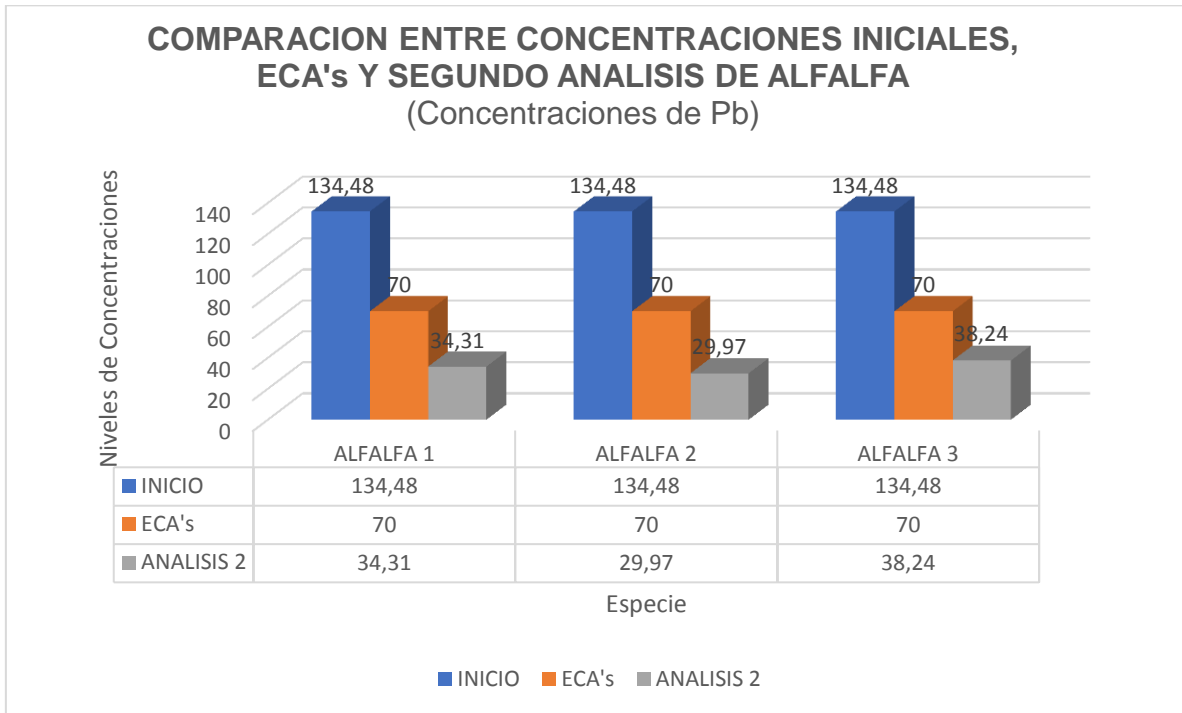
En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Cd y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

COLIFLOR 1: Reducción de un 21%

COLIFLOR 2: Reducción de un 27%

COLIFLOR 3: Reducción de un 25%

3.5.2 Análisis 2:



Fuente: Elaboración propia

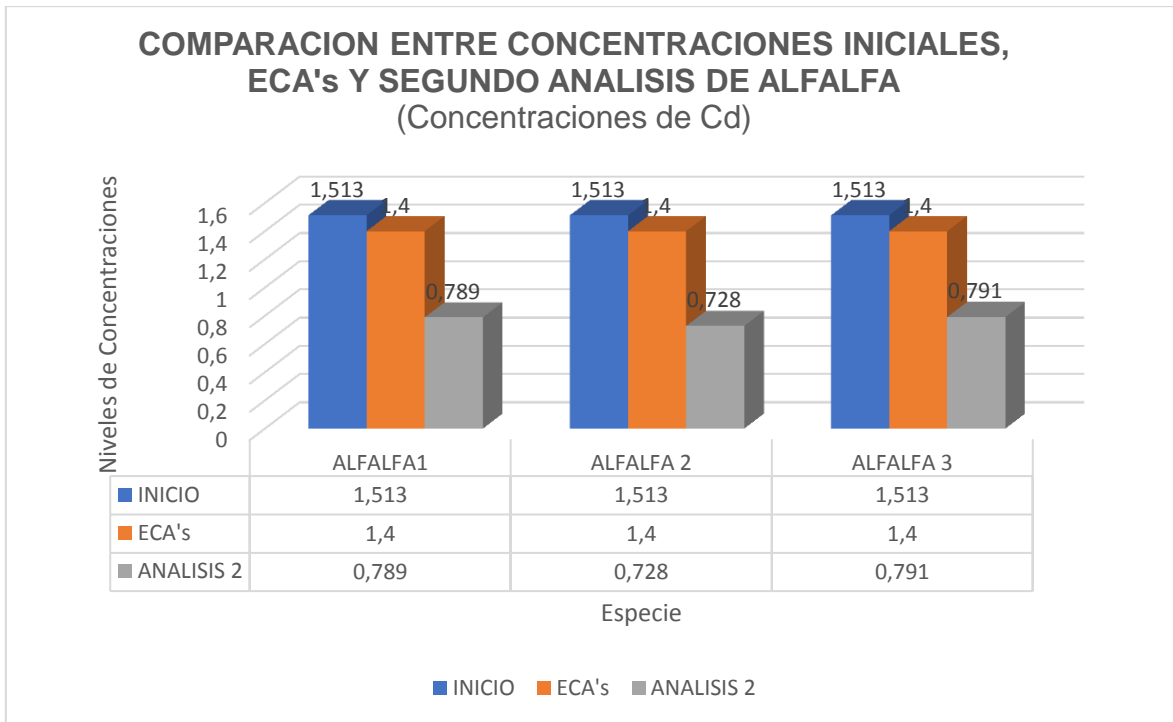
Figura 18. Disminución de contaminantes en plantaciones

En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Pb y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

ALFALFA 1: Reducción de un 74%

ALFALFA 2: Reducción de un 78%

ALFALFA 3: Reducción de un 72%



Fuente: Elaboración propia

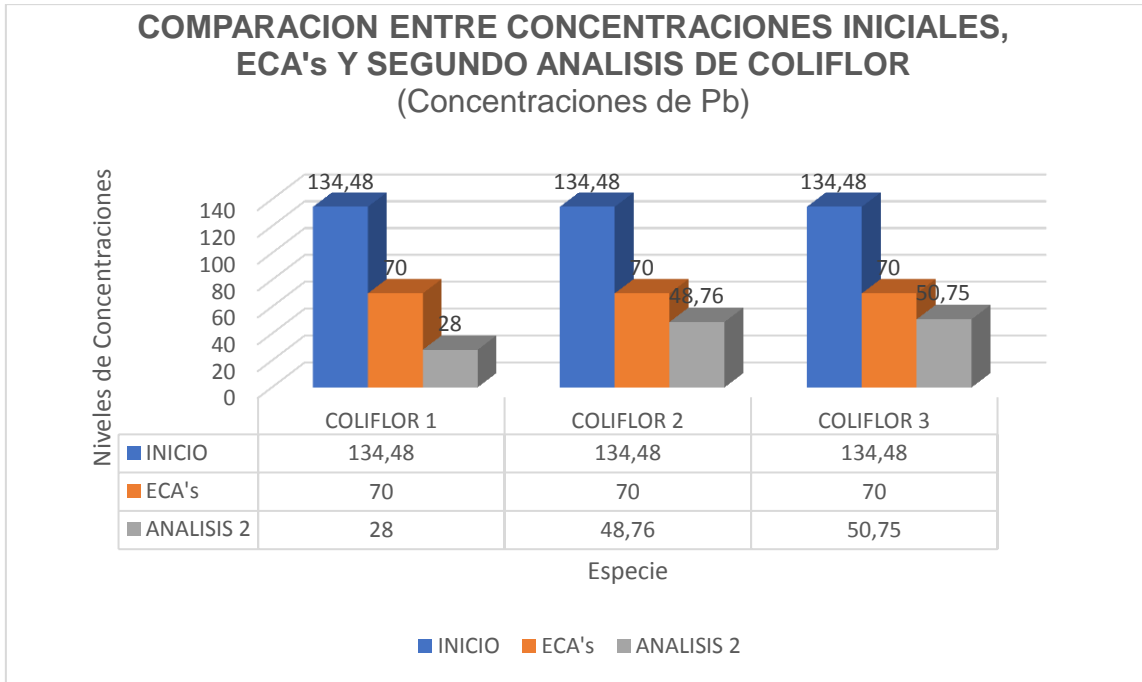
Figura 19. Disminución de contaminantes en plantaciones

En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Cd y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

COLIFLOR 1: Reducción de un 48%

COLIFLOR 2: Reducción de un 52%

COLIFLOR 3: Reducción de un 48%



Fuente: Elaboración propia

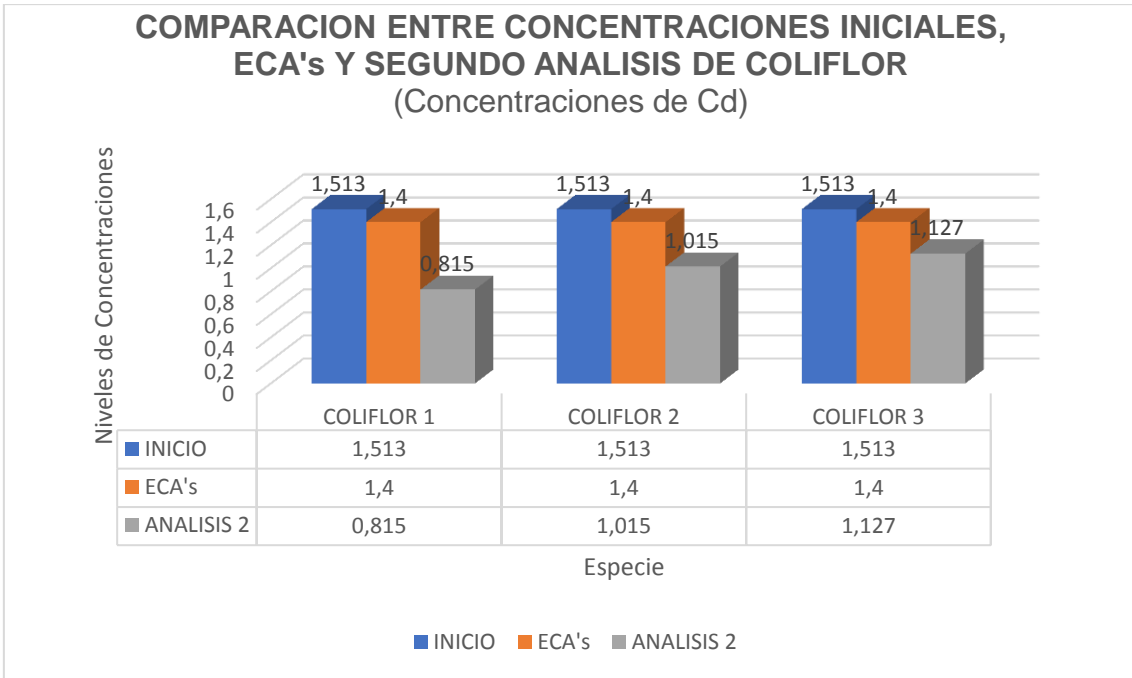
Figura 20. Disminución de contaminantes en plantaciones

En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Pb y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

ALFALFA 1: Reducción de un 79%

ALFALFA 2: Reducción de un 64%

ALFALFA 3: Reducción de un 62%



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Disminución de contaminantes en plantaciones

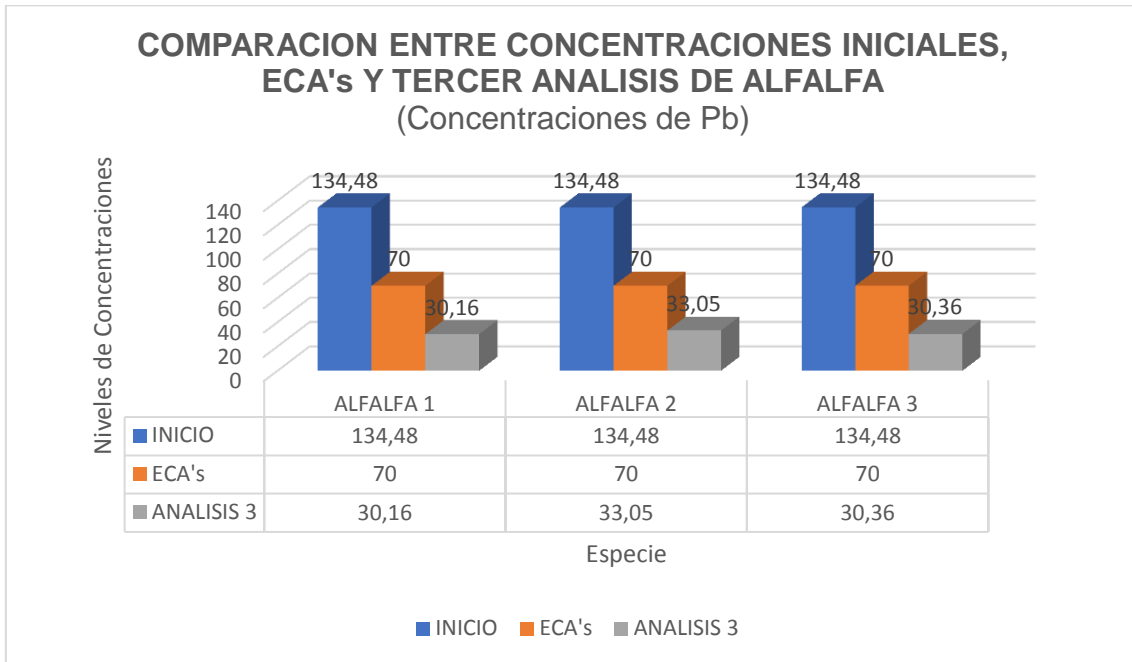
En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Cd y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

COLIFLOR 1: Reducción de un 46%

COLIFLOR 2: Reducción de un 33%

COLIFLOR 3: Reducción de un 26%

3.5.3 Análisis 3:



Fuente: Elaboración propia

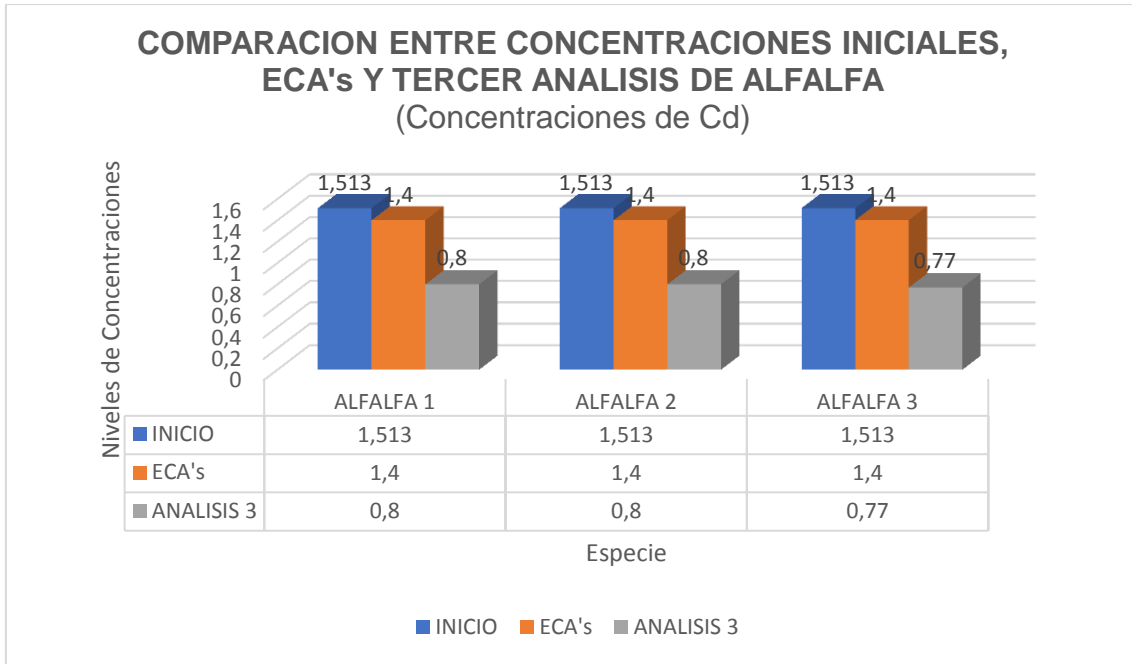
Figura 22. Disminución de contaminantes en plantaciones

En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Pb y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

ALFALFA 1: Reducción de un 78%

ALFALFA 2: Reducción de un 75%

ALFALFA 3: Reducción de un 77%



Fuente: Elaboración propia

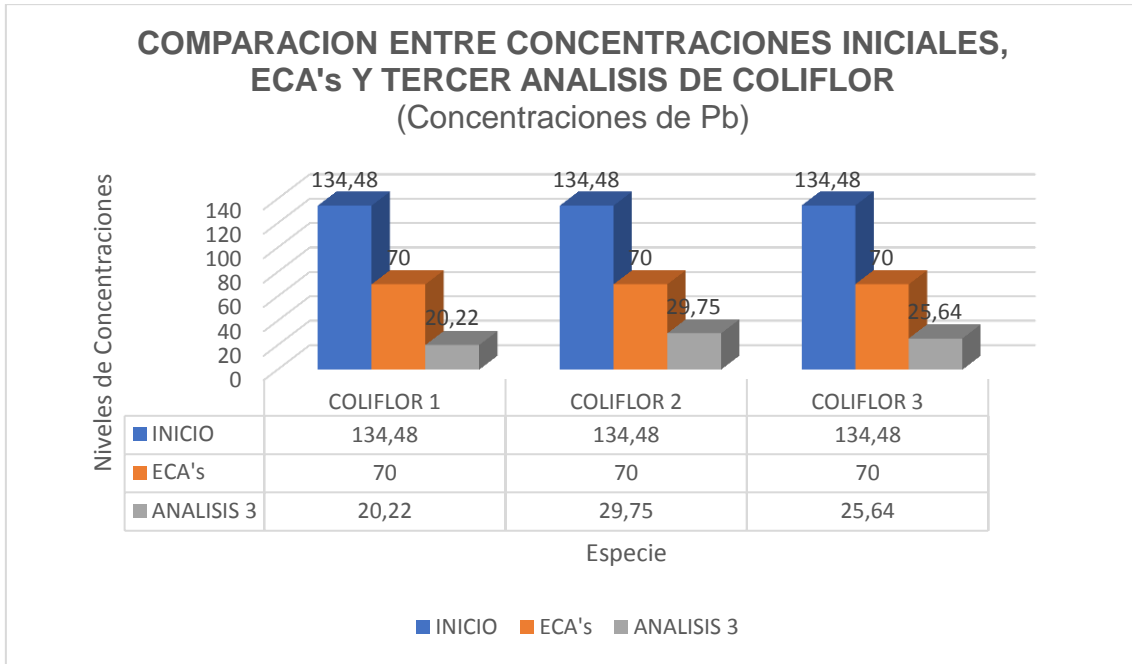
Figura 23. Disminución de contaminantes en plantaciones

En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Cd y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

ALFALFA 1: Reducción de un 47%

ALFALFA 2: Reducción de un 44%

ALFALFA 3: Reducción de un 49%



Fuente: Elaboración propia

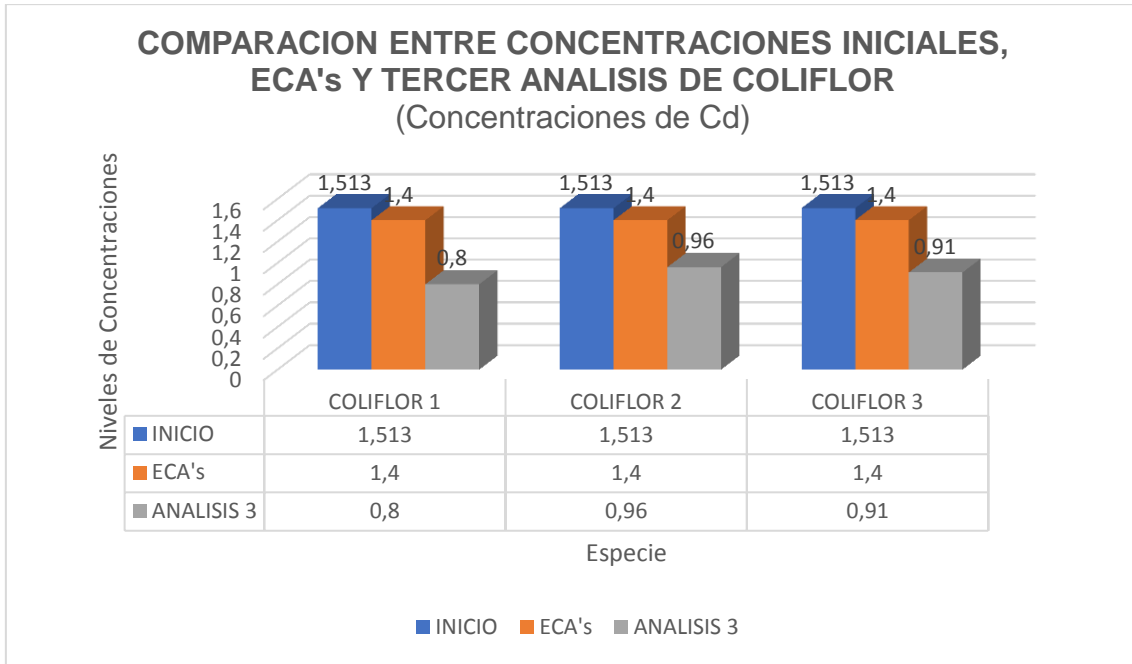
Figura 24. Disminución de contaminantes en plantaciones

En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Pb y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

COLIFLOR 1: Reducción de un 85%

COLIFLOR 2: Reducción de un 78%

COLIFLOR 3: Reducción de un 81%



Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Disminución de contaminantes en plantaciones

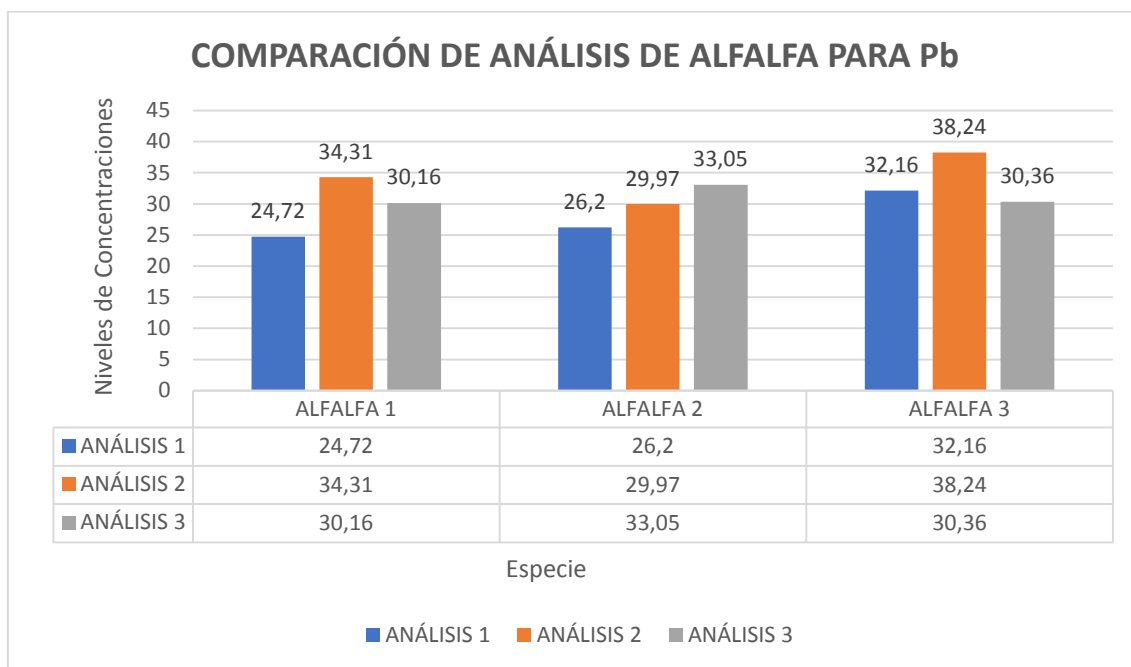
En el presente grafico se da a notar las cantidades existentes de contaminantes de Cd y también la cantidad que se halló después del proceso, de acuerdo a ello se aplica la fórmula para hallar el porcentaje de disminución, y lo que se obtuvo fue:

COLIFLOR 1: Reducción de un 47%

COLIFLOR 2: Reducción de un 37%

COLIFLOR 3: Reducción de un 40%

3.5.4 Análisis comparativo entre las muestras:

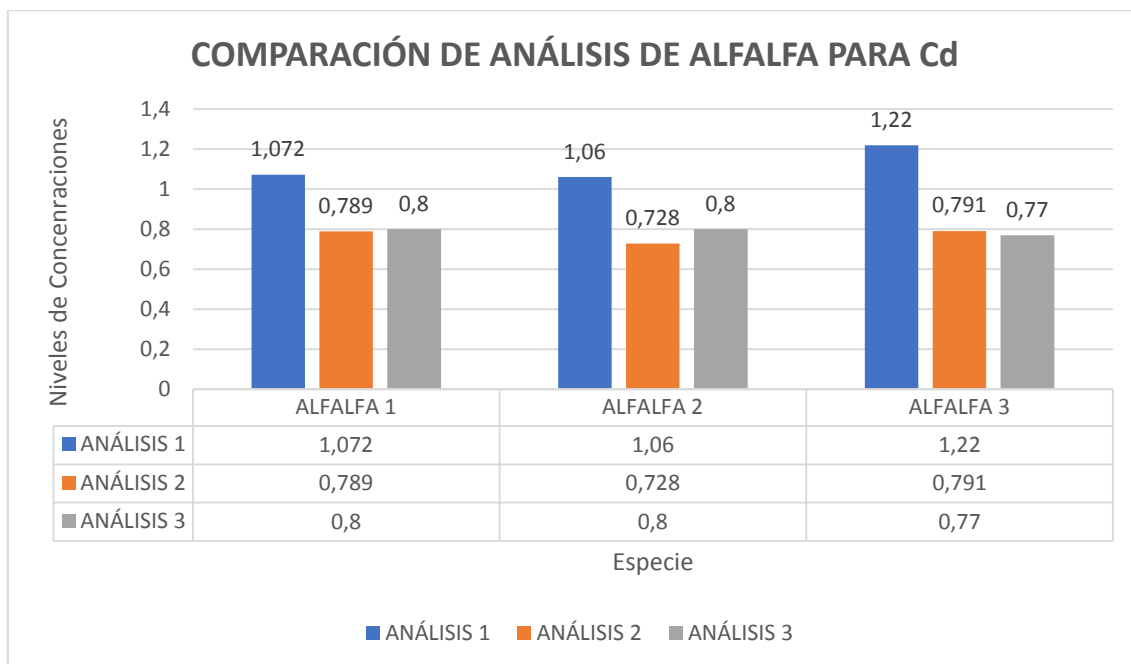


Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Comparación de análisis

En la presente comparación se da a conocer gráficamente los valores obtenidos en los diferentes análisis para cada una de las muestras, lo cual resalta a simple vista cual fue la plantación más eficiente, respecto al proceso realizado. La muestra que arrojó mejor eficiencia de reducción en cuanto al plomo fue “**ALFALFA 1**”, llegando a disminuir el contaminante hasta un 30.16 ppm.

Estos valores expuestos fueron obtenidos uno a uno de acuerdo al tiempo, características, efectos y adaptación al clima cambiante de Lima metropolitana.

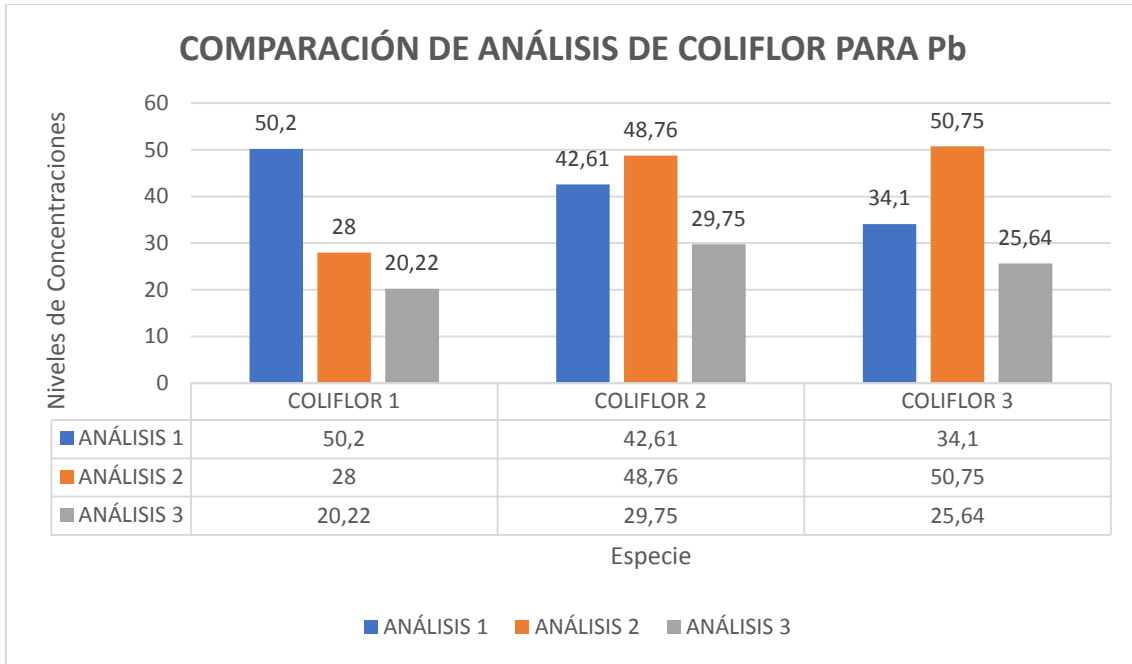


Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Comparación de análisis

En la presente comparación se da a conocer gráficamente los valores obtenidos en los diferentes análisis para cada una de las muestras, lo cual resalta a simple vista cual fue la plantación más eficiente, respecto al proceso realizado. La muestra que arrojó mejor eficiencia de reducción en cuanto al cadmio fue “**ALFALFA 3**”, llegando a disminuir el contaminante hasta un 0.77 ppm.

Estos valores expuestos fueron obtenidos uno a uno de acuerdo al tiempo, características, efectos y adaptación al clima cambiante de Lima metropolitana.

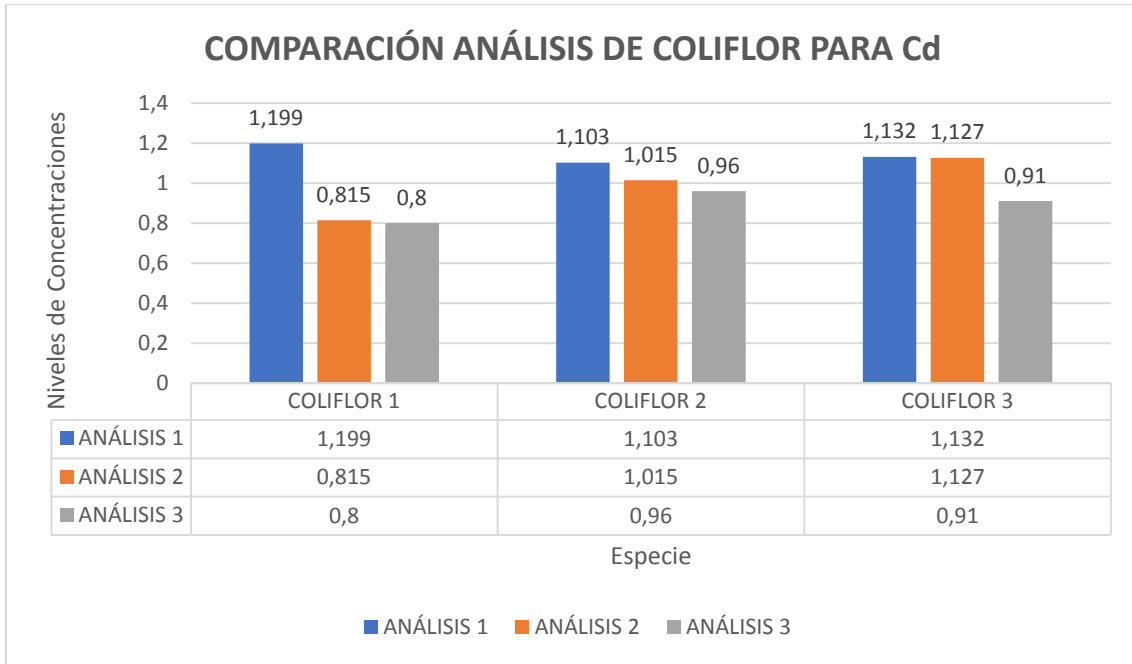


Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Comparación de análisis

En la presente comparación se da a conocer gráficamente los valores obtenidos en los diferentes análisis para cada una de las muestras, lo cual resalta a simple vista cual fue la plantación más eficiente, respecto al proceso realizado. La muestra que arrojó mejor eficiencia de reducción en cuanto al plomo fue “**COLIFLOR 1**”, llegando a disminuir el contaminante hasta un 20.22 ppm.

Estos valores expuestos fueron obtenidos uno a uno de acuerdo al tiempo, características, efectos y adaptación al clima cambiante de Lima metropolitana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Comparación de análisis

En la presente comparación se da a conocer gráficamente los valores obtenidos en los diferentes análisis para cada una de las muestras, lo cual resalta a simple vista cual fue la plantación más eficiente, respecto al proceso realizado. La muestra que arrojó mejor eficiencia de reducción en cuanto al cadmio fue “**COLIFLOR 1**”, llegando a disminuir el contaminante hasta un 0.8 ppm.

Estos valores expuestos fueron obtenidos uno a uno de acuerdo al tiempo, características, efectos y adaptación al clima cambiante de Lima metropolitana.

3.5 Análisis estadístico:

Tabla con valores de análisis de Alfalfa:

Tabla 18: Tabla con valores de análisis generales

ALFALFA						
N° DE ANÁLISIS	Pb			Cd		
	ALFALFA 1	ALFALFA 2	ALFALFA 3	ALFALFA 1	ALFALFA 2	ALFALFA 3
ANÁLISIS 1	24.72 ppm	26.2 ppm	32.16 ppm	1.072 ppm	1.06 ppm	1.22 ppm
ANÁLISIS 2	34.31 ppm	29.97 ppm	38.24 ppm	0.789 ppm	0.728 ppm	0.791 ppm
ANÁLISIS 3	30.16 ppm	33.05 ppm	30.36 ppm	0.8 ppm	0.8 ppm	0.77 ppm

Fuente: Elaboración propia

Tabla con valores de análisis de Coliflor:

Tabla 19: Tabla con valores de análisis generales

COLIFLOR						
N° DE ANÁLISIS	Pb			Cd		
	COLIFLOR 1	COLIFLOR 2	COLIFLOR 3	COLIFLOR 1	COLIFLOR 2	COLIFLOR 3
ANÁLISIS 1	50.2 ppm	42.61 ppm	34.1 ppm	1.199 ppm	1.103 ppm	1.132 ppm
ANÁLISIS 2	28 ppm	48.76 ppm	50.75 ppm	0.815 ppm	1.015 ppm	1.127 ppm
ANÁLISIS 3	20.22 ppm	29.75 ppm	25.64 ppm	0.8 ppm	0.96 ppm	0.91 ppm

Fuente: Elaboración propia

- Prueba de T – Student para los datos de la Alfalfa – plomo

En la Tabla 20, se muestran los análisis comparativos entre los niveles de concentración inicial con cada una de los valores encontrados en el proceso experimental, habiéndose determinado que la disminución del plomo es significativo dado que p-valor es menor que el nivel de significancia (alfa = 0.05).

Tabla 20. Prueba de T-student para alfalfa - plomo

	Valor de prueba = 134.48					
	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
MU1	-37,724	2	,001	-104,75000	-116,6973	-92,8027
MU2	-52,879	2	,000	-104,74000	-113,2625	-96,2175
MU3	-42,321	2	,001	-100,89333	-111,1508	-90,6359

Fuente: SPSS

- Prueba de T – Student para los datos de la Alfalfa – cadmio

En la Tabla 21, se muestran los análisis comparativos entre los niveles de concentración inicial con cada una de los valores encontrados en el proceso experimental, habiéndose determinado que la disminución del plomo es significativo dado que p-valor es menor que el nivel de significancia (alfa = 0.05).

Tabla 21. Prueba de T-student para alfalfa - cadmio

	Valor de prueba = 1.513					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
MU1	-6,764	2	,021	-,626000	-1,02423	-,22777
MU2	-6,450	2	,023	-,650333	-1,08418	-,21649
MU3	-3,997	2	,057	-,586000	-1,21688	,04488

Fuente: SPSS

- Prueba de T – Student para los datos de la Coliflor– plomo

En la Tabla 22, se muestran los análisis comparativos entre los niveles de concentración inicial con cada una de los valores encontrados en el proceso experimental, habiéndose determinado que la disminución del plomo es significativo dado que p-valor es menor que el nivel de significancia (alfa = 0.05).

Tabla 22. Prueba de T-student para coliflor - plomo

	Valor de prueba = 134.48					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
MU1	-11,320	2	,008	-101,67333	-140,3197	-63,0270
MU2	-16,803	2	,004	-94,10667	-118,2037	-70,0096
MU3	-13,239	2	,006	-97,65000	-129,3865	-65,9135

Fuente: SPSS

- Prueba de T – Student para los datos de la Coliflor – Cadmio

En la Tabla 23, se muestran los análisis comparativos entre los niveles de concentración inicial con cada una de los valores encontrados en el proceso experimental, habiéndose determinado que la disminución del plomo es significativo dado que p-valor es menor que el nivel de significancia (alfa = 0.05).

Tabla 23. Prueba de T-student para coliflor – cadmio

	Valor de prueba = 1.513					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
MU1	-4,404	2	,048	-,575000	-1,13681	-,01319
MU2	-11,694	2	,007	-,487000	-,66619	-,30781
MU3	-6,240	2	,025	-,456667	-,77154	-,14179

Fuente: SPSS

De estos análisis estadísticos, se ha comprobado que significativa en la

reducción de los niveles de concentración de plomo y cadmio.

- Prueba de T – Student para los datos de Alfalfa y Coliflor – Plomo

En la Tabla 24 y 25, se muestran los análisis comparativos entre los niveles de concentración con cada una de los valores encontrados en el proceso experimental, habiéndose determinado que la disminución del plomo es significativo dado que p-valor es menor que el nivel de significancia (alfa = 0.05).

Tabla 24 y 25. Prueba de T-student para coliflor – Plomo

Prueba T

[ConjuntoDatos0]

Estadísticas de grupo

GRUPO1		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Rizofiltración de Pb	Rizofiltración de Pb con Alfalfa	9	31,0189	4,08615	1,36205
	Rizofiltración de Pb con Coliflor	9	36,6700	11,64411	3,88137

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Rizofiltración de Pb	Se asumen varianzas iguales	17,352	,001	-1,374	16	,188	-5,65111	4,11342	-14,37117	3,06895
	No se asumen varianzas iguales			-1,374	9,941	,200	-5,65111	4,11342	-14,82377	3,52155

Fuente: SPSS

- Prueba de T – Student para los datos de Alfalfa y Coliflor – Cadmio
- En la Tabla 26 y 27, se muestran los análisis comparativos entre los niveles de concentración con cada una de los valores encontrados en el proceso experimental, habiéndose determinado que la disminución del plomo es significativo dado que p-valor es menor que el nivel de significancia (alfa = 0.05).

Tabla 26 y 27. Prueba de T-student para coliflor – Cadmio

Prueba T

Estadísticas de grupo					
	GRUPO2	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Rizofiltración de Cd	Rizofiltración de Cd con Alfalfa	9	,8922	,17597	,05866
	Rizofiltración de Cd con Coliflor	9	1,0068	,14470	,04823

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Rizofiltración de Cd	Se asumen varianzas iguales	,770	,393	-1,508	16	,151	-,11456	,07594	-,27554	,04643
	No se asumen varianzas iguales			-1,508	15,424	,152	-,11456	,07594	-,27603	,04692

Fuente: SPSS

IV. DISCUCIONES

- Al inicio del experimento se evidencio una alta presencia de plomo y cadmio contaminante en agua, lo cual producía la contaminación del suelo, después de realizar las plantaciones y evaluar el proceso mediante el crecimiento fenológico de las especies, seguido de la toma y análisis de las muestras, se obtuvieron resultados de gran importancia, señalando que las raíces de alfalfa y coliflor tenían un importante poder de absorción de metales, observando que los niveles contaminantes disminuyeron hasta llegar a menos que los ECA's, esto hace ver que el experimento tiene eficacia e importancia ambiental.
- Núñez López, Meas Vong y Ortega Borges (2009), obtuvieron con la técnica de rizofiltracion un 52% 91% y 95% de eficiencia, esto en comparación con los resultados adquiridos se asemeja y da contundencia al proceso de la rizofiltracion en cuanto al uso de la alfalfa la cual, para el plomo, obtuvo una reducción de hasta un 78% y de cadmio redujo un 49%, por otro lado la coliflor logró una disminución de 85% en cuanto al plomo y para el cadmio un 47%. Estos valores comparados con el estudio anterior, determinan la eficiencia en la absorción de metales pesados presentes en suelos contaminados.
- Chico Ruiz, Cerna Rebaza De Chico, Rodríguez Espejo y Guerrero Padilla (2012) realizaron la técnica de la Rizofiltracion, con ella lograron obtener una absorción de 500 mg/L para ciertos metales, comparado con la presente técnica utilizada, en la cual se logró alcanzar un nivel de disminución después del desarrollo fenológico, cuidado y observacion respecto a las especies analizadas. Los datos recopilados para la alfalfa y coliflor en cuanto al plomo fueron las concentraciones hasta de 104.32 mg/L y 114.26 mg/L respectivamente, de acuerdo a la cantidad hallada en las muestras en un inicio, la cual fue 134.48 mg/L, en cuanto al cadmio, se

obtuvieron los valores en alfalfa y coliflor de 0.743 mg/L y 0.713 mg/L respectivamente, en comparación al valor inicial que fue de 1.513 mg/L. Esto afirma la eficiencia de este proceso, el cual tiene un nivel de significancia muy considerable, y también lo vuelve muy recomendable.

- Chávez Rodríguez, Luciana, 2014 indica que al utilizar dos especies nativas de la zona y realizando los procesos de sembrío, observación de crecimiento y desarrollo de las raíces, logro alcanzar una gran disminución, llegando hasta los 0.3 ,g de plomo en las muestras, obteniendo un nivel de eficiencia muy importante, evaluando y afirmando que utilizando especies nativas de la zona contaminada, el tratamiento será más productivo, obteniendo valores mucho más bajos a tratamientos con otras especies.

V. CONCLUSIONES

- La evaluación de la técnica de rizofiltración con las especies alfalfa y coliflor fueron óptimas para el suelo analizado, arrojando valores mínimos de hasta 20.22 ppm para el plomo y un 0.77 ppm para el cadmio, estos por debajo del nivel de los ECA's; por ende, funciona como técnica de absorción para metales pesados, siendo muy eficiente para tratamiento de suelos contaminados por metales pesados.
- Según la evaluación, observación y medición de las características fenológicas de la alfalfa, esta especie llegó a tener 20 a 25 cm de tamaño, medida apta según información obtenida para poder realizar la absorción de los contaminantes, dicha especie redujo de manera significativa los metales presentes en el suelo (Plomo y Cadmio), habiéndose alcanzado en dicho proceso valores muy favorables.
- Según el análisis fenológico, evaluación y medición de las raíces de la coliflor, estas deben tener unos 21 cm aproximadamente, según información obtenida, para realizar el tratamiento efectivo en suelos contaminado con plomo y cadmio, absorbiendo los metales y dando valores eficientes por debajo de los ECA's, lo cual indica que el suelo es óptimo para diversos usos.
- Los niveles de reducción de cadmio y plomo presentes en el suelo disminuyeron por debajo del valor de los ECA's; respecto al plomo, en cuanto a la alfalfa y coliflor se obtuvo una disminución de hasta un 78% y 85% respectivamente, por otro lado, el cadmio disminuyó hasta un 49% y 47% respectivamente, dando a notar que para la reducción del plomo la especie más eficiente fue la coliflor, y en cuanto al cadmio, la especie que redujo más fue la alfalfa. Esto da a demostrar la eficacia de las raíces para absorber metales presentes en los suelos, demostrando con los valores hallados que este método tiene gran importancia ambiental y social.

VI. RECOMENDACIONES

- Para estudio futuro, realizar una adecuación de las especies, según condiciones climatológicas en la zona de donde es nativa y la zona donde se realizará el proceso.
- Realizar los análisis con el adecuado tiempo para que no existan inconvenientes de ningún caso.
- Se recomienda realizar el proceso de rizofiltración en un tiempo donde no se tenga presiones de diferentes tipos, para poder así con más paciencia y cuidado realizar las observaciones mínimas de lo que ocurra.
- Para un estudio futuro, se recomienda realizar el proceso en mayor escala, realizarlo en parcelas de gran tamaño, para así obtener valores de gran trascendencia en lo que es una zona específica.
- Sería recomendable realizar el proceso para absorción de otros metales, y así verificar si estas raíces sirven para absorción de suelos con contaminación polimetálica.

Referencias Bibliográficas:

1. ACOSTA DE ARMAS & MONTILLA PEÑA. FITORREMEDIACIÓN IN SITU PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS. Bogotá, 2015.
2. Alicia G., Ernesto D., Ana V., Evelyn C. Nivel de Contaminación Por Metilmercurio, 2009.
3. AMBIENTUM. FITORREMEDIACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS (PLOMO Y CADMIO) Y EVALUACIÓN DE SELENIO EN LA FINCA FURATENA ALTA EN EL MUNICIPIO DE ÚTIC. Colombia, 2015.
4. ANA, Autoridad Nacional del Agua. Política y estrategia nacional de recursos hídricos del Perú. Lima: Autoridad Nacional del Agua, 2009.
5. BEBBINGTON, Anthony y MARK, Williams. «Water and Mining Conflicts in Peru.» Mountain Research and Development 28, nº 3/4 (2008): 190-195.
6. BURY, Jeffrey. «Livelihoods, Mining and Peasant Protests in the Peruvian Andes.» Journal of Latin American Geography 1, nº 1 (2002): 3-19.
7. BURY, Jeffrey. «Neoliberalism, Mining and Rural Change in Cajamarca.» En Minería, movimientos sociales y respuestas campesinas. Una ecología de transformaciones territoriales, de Anthony Bebbington. Lima. Instituto de Estudios Peruano. 2007. 49-80.
8. CORSO, Remigio, Amelia. "Impacto de los Pasivos Ambientales Mineros en el Recurso Hídrico de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima". 2015.
9. DEACON, JR; Driver, NE. 1999. "Distribution of trace elements in streambed Sediment associated with mining activities in the upper Colorado River Basin, Colorado, USA. 1995-96. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 37: 7-18

10. El Cuaderno de "Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología
11. ERNST, W. H. O. 2000. Evolution of Metal Hyperaccumulation and Phytoremediation. *New Phytol* 146, 357-357
12. FAO, 2018. Recuperado: <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es>.
13. Ingeniera Química. Master en Medicina Natural y Bioenergética. Investigadora Auxiliar 2 Licenciada en Ciencias Farmacéuticas
14. ISCH, Edgar. «La contaminación del agua como proceso de acumulación.» En *Justicia hídrica: acumulación conflicto y acción social*, de Rutgerd Boelens, Leontien Cremers y Margreet Zwarteveen, 97-109. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, Fondo editorial PUCP, 2011.
15. Libro de porque biotecnología es mejor. Fundacion Instituto de Estudios Avanzados.
16. LILLO, Javier (2018). Impactos de la minería en el medio natural. [Diapositivas]. Grupo de Geología – España. Universidad Rey Juan Carlos. Grupo de estudios y medio ambiente.
17. LIVERMAN, Diana, y VILAS, Silvana. «Neoliberalism and the Environment in Latin America.» *Annual Review of Environment and Resources* 31. 2006. 327-363.
18. MEJÍA, R. Diseño, restauración y rehabilitación de cauces con materiales naturales, Tesis especialización. México DF (México): Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1997.
19. NEDELKOSKA, & DORAN. PLANTAS QUE SE UTILIZAN PARA DESCONTAMINAR EFLUENTES Y SUELO CONTAMINADOS UTILIZAN PLANTACIONES DE RAÍCES SUMERGIDAS EN AGUA, EN VEZ DE TIERRA. 2016.
20. PINEDA, H. R.. Presencia de Hongos Micorrízicos Arbusculares y

- Contribución de Glomus Intraradices en la Absorción y Translocación de Cinc y Cobre en Girasol (*Helianthus Annuus L.*) Crecido en un Suelo Contaminado con Residuos de Mina. Tesis para Obtener el Grado de Doctor en Ciencias. Universidad de Colima Tecoman. Colima. México 2004.
21. CHÁVEZ RODRÍGUEZ, LUCIANA, Fitoremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo, 2014. Recuperado: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2435/T01-C517-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 22. PINEDA, R. Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorción y translocación de cinc y cobre en *Helianthus annuus L.* "girasol" crecido en un suelo contaminado con residuos de mina. Tesis de doctorado en Biotecnología. Universidad de Colima Tecomán. Colima, México. 2004. (Repetto, 1995; Kosnett, 2010).
 23. RÁBAGO JUAN-ARACIAL, CAPACIDAD DE AMORTIGUACION DE LA CONTAMINACION POR PLOMO Y CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS. Madrid, España. 2011.
 24. Repetto, 1995; Kosnett, 2010, PROTOCOLO PARA LA RIZOFILTRACION DE EFLUENTES CONTAMINADOS CON CADMIO.
 25. VELAZCO, Mario. Diagnóstico de situación y temas prioritarios de investigación en Oruro y Potosí. Documento de revisión y evaluación del PIA-PIEB- Sector Minero 2009.
 26. Verduras consumer, HORTALIZAS Y VERDURAS, GUIA PRACTICA DE VERDURAS. 2012.

Anexos:

Anexo 1: Toma de muestras en campo

Día	Variables	Muestra		
	Parámetros	Altitud (msnm)	Temperatura del agua (°C)	Observación
ALFALFA COLIFLOR				

Fuente: Elaboracin Propia

Anexo 2: Características Fenológicas

Día	Variables	Muestra		
	Parámetros	Tamaño (cm)	Altura de raíz (cm)	Observación
ALFALFA	Semillas			
	Semillas			
COLIFLOR	Semillas			
	Semillas			

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Ficha de análisis de resultados

ESPECIES	PARÁMETROS	Pb			Cd			Ph			Turbidez		
	DÍAS DOSIS	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3
ALFALFA	DOSIS 1												
	DOSIS 2												
COLIFLOR	DOSIS 1												
	DOSIS 2												


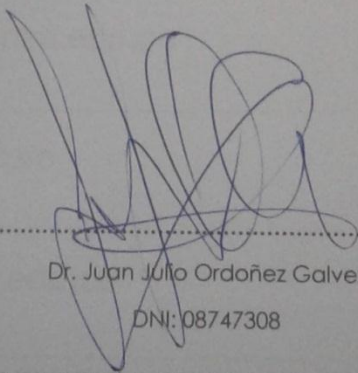
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Características del suelo

Día	Variables	Muestra		
	Parámetros	Tipo de suelo	Temperatura del suelo (°C)	Observación
SUELO				

Fuente: Elaboración Propia

ACTA DE ORIGINALIDAD

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1			
<p>Yo, Juan Julio Ordoñez Galvez, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Sede Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada:</p> <p>“Rizofiltración de Alfalfa (<i>Medicago sativa L.</i>) y Coliflor (<i>Brassica oleracea var. Botrytis</i>), para Tratamiento de suelos contaminados con cadmio y plomo, en San José de Parac (Huarochiri – Lima) 2018-1”, del estudiante Enzo Franco Peixoto Peña, constató que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.</p> <p>El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.</p> <p style="text-align: right;">Los Olivos, 11 de junio de 2018</p> <div style="text-align: center;"> ----- Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez DNI: 08747308</div>					
Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado

ORIGINALIDAD TURNITIN

The screenshot displays the Turnitin Feedback Studio interface. On the left, a sidebar lists users. The main area shows a document from Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Ambiental, titled 'TRACCIÓN DE ALFALFA Y COLIFLOR, PARA SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO Y PLOMO, EN SAN JOSÉ DE PARAC (HUAROCHECHI - LIMA) 2018-1'. The document author is Enzo Franco Peixoto Peña, and the advisor is Juan Julio Ordoñez Galvez. The document is from the 'LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CALIDAD Y GESTIÓN RECURSOS NATURALES' in Lima, Perú (2018).

On the right, a 'Resumen de coincidencias' (Summary of Similarities) panel shows a total similarity score of 19%. Below this, a list of 13 sources is provided, each with its percentage contribution to the total score:

Rank	Source	Percentage
1	docplayer.es	3 %
2	tesis.pucp.edu.pe	2 %
3	www.rimm.org	2 %
4	repositorio.unilivre.edu...	2 %
5	cybertesis.uni.edu.pe	1 %
6	repositorio.unsa.edu.pe	1 %
7	www.scribd.com	1 %
8	revistas.upc.edu.co	1 %
9	www.facbio.unitru.edu...	1 %
10	repositorio.ucv.edu.pe	1 %
11	www.bvs.sld.cu	1 %
12	www.munichumbivilca...	1 %
13	mef.gob.pe	1 %

At the bottom right of the similarity panel, it indicates 'PÁGINA: 1 2' and a 'Mostrar todo' button.

DIGITALIZACION DE TESIS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

Digitalización de tesis.

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Yo, Enzo Franco Rizofo Peña con DNI N° 7524585 domiciliado (a) en Asent. H. Bocanegra Mz. B14 Lt. 2 ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2018-1 del programa INGENIERÍA AMBIENTAL... Identificado con el código de matrícula N° 6700259647 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

Digitalización de tesis.

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.



Do. Beatez A. H. S.

[Signature]

Lima, 24 de 08 de 2018



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Peixoto Peña, Enzo Franco
D.N.I. : *75241585*
Domicilio : *Asent. H. Bocanegra Mz. B.14 Lt. 2*
Teléfono : Fijo : *015748836* Móvil : *980580326*
E-mail : *franco.peixoto84@gmail.com*

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : *Ingeniería*
Escuela : *Ingeniería Ambiental*
Carrera : *Ingeniería Ambiental*
Título : *Ingeniero Ambiental*

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Peixoto Peña, Enzo Franco

Título de la tesis:

*Prozofiltración con Alúmina y Celulosa para tratamiento de aguas
contaminadas con plomo y cadmio*

Año de publicación : *2018*

**4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN
ELECTRÓNICA:**

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha : *24-08-2018*