



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EFICACIA DE LA ALFALFA ASOCIADA A ENMIENDAS ORGÁNICAS
PARA LA REDUCCIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE
PLOMO EN LA MINA COLQUISIRI – HUARAL.**

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

AUTORA:

ROMERO CARVALLO, MELISSA JOHANA

ASESORA:

SC. HAYDEE SUÁREZ ALVITES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTION DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA-PERÚ

2017 - II

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
 (a) Johana Melissa Romero Casallo.....

cuyo título es:.....
Eficacia de la alfalfa asociada a enmiendas orgánicas
para la reducción de diferentes concentraciones de
plomo en la mina Colguasiri - Huara.....


Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por
 el estudiante, otorgándole el calificativo de: 13.. (número)
TRECE.....(letras).

Los Olivos...18... de enero..... del 2018....



 PRESIDENTE


Dr. César Jiménez Calderón



 SECRETARIO

Dr. Jhonny Valverde





 VOCAL
 Dr. Elmer Benites Alfaro

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.

A mi padre por apoyarme y aconsejarme siempre.

A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A mi hermanito por darme tanta alegría al corazón.

Y por último, no menos importante a mi abuela, por haberme enseñado a ser fuerte a pesar de las circunstancias, se lo orgullosa que debes sentirte en donde te encuentres.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por su comprensión y estímulo constante, además de su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mi asesora: SC Haydee Suarez Alvites, quien me brindo su valiosa y desinteresada orientación y guía en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Y a todas las personas que en una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Melissa Johana Romero Carvallo con DNI No 48138665 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda 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 César Vallejo.

Lima, 18 de enero del 2018.



PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado: En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada Eficiencia de la alfalfa asociada a enmiendas orgánicas para la reducción de diferentes concentraciones de plomo en la mina Colquisiri – Huaral. La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

La autora.

ÍNDICE

Página del jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaración de autenticidad.....	v
Presentación	vi
Índice general.....	vii
Índice de figuras	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Trabajos previos.....	2
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	6
1.3.1 Remediación.....	6
1.3.2 Metales Pesados.....	6
1.3.2.1 Efectos de los metales pesados en el suelo.	7
1.3.3 Plomo.....	7
1.3.3.1 Efectos de plomo en la salud.....	8
1.3.4 Suelo contaminado.....	8
1.3.5 Fitorremediación.....	9
1.3.5.1 Proceso de fitorremediación.....	10
1.3.5.2 La remoción de contaminantes por fitorremediación.....	11
1.3.5.3 Fitorremediación con alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	13
1.3.6 Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	13
1.3.7 Enmiendas Orgánicas.....	14
1.3.7.1 Compost.....	15
1.3.8 Vermicompost (Humus).....	15

1.3.9	Propiedades del suelo.....	15
1.3.9.1	Propiedades físicas.....	16
1.3.9.1.1	Textura.....	16
1.3.9.2	Propiedades químicas.....	17
1.3.9.2.1	pH del Suelo.....	17
1.3.9.2.2	Capacidad de Intercambio Catiónico.....	18
1.3.9.2.3	Materia orgánica.....	18
1.3.10	Mecanismo de movilización de los metales en el suelo.....	18
1.3.10.1	Rutas para el transporte de elementos traza en el suelo.....	19
1.3.10.2	Dinámica de los metales pesados en el suelo.....	19
1.3.10.3	Precipitación.....	20
1.3.10.4	Complejación y Quelación.....	20
1.3.11	Marco Legal.....	20
1.4	Formulación del problema.....	21
1.4.1	Problema General.....	21
1.4.1.1	Problema Específico.....	21
1.5	Justificación del estudio.....	22
1.6	Hipótesis.....	23
1.6.1	Hipótesis general.....	23
1.6.2	Hipótesis específicos.....	24
1.7	Objetivos.....	24
1.7.1	Objetivo General.....	24
1.7.1.1	Objetivos específicos 1.....	24
1.7.1.2	Objetivos específicos 2.....	24

I. MÉTODO

2.1.	Tipo de Investigación.....	25
2.1.1.	Diseño de investigación.....	25
2.2.	Operacionalización de variables.....	25
2.3	Población y muestra.....	28
2.3.1	Población.....	28
2.3.2	Muestra.....	28
2.3.3	Muestreo.....	28

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	28
2.4.1 Técnica.....	28
2.4.2 Instrumento.....	33
2.4.3 Validez.....	34
2.4.4 Confiabilidad.....	34
2.5 Métodos de análisis de datos.....	35
2.6 Aspectos éticos.....	36

III RESULTADOS

3.1 Análisis de Caracterización del suelo inicial.....	37
3.2 Análisis de caracterización de enmiendas orgánicas (compost y vermicompost).....	38
3.3 Análisis de concentraciones de plomo en la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	39
3.3.1 Crecimiento de las plantas de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	42
3.3.2 Análisis de concentraciones iniciales de plomo en el suelo.....	44
3.3.3 Comparación del vermicompost y compost para la reducción de la concentración de plomo en la alfalfa.....	50
3.3.4 Comparación del vermicompost y compost para la reducción de la concentración de plomo en el suelo	50
3.4. Contrastación de hipótesis.....	51
3.4.1 Hipótesis General.....	51
3.4.1.2 Prueba de Hipótesis específica 1.....	52
3.4.1.3 Prueba de Hipótesis Específica 2 y 3.....	54
3.5. Homocasticidad.....	55

IV DISCUSION..... 57

V CONCLUSION..... 59

V RECOMENDACIÓN..... 60

VI REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS..... 61

INDICE DE ANEXOS

ANEXO (Nº1) Ficha de recolección de datos iniciales y finales del suelo.....	68
--	----

ANEXO (N°2) Ficha de monitoreo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>).....	70
ANEXO (N°3) Ficha de caracterización del suelo.....	72
ANEXO (N°4) Ficha de caracterización de las enmiendas orgánicas.....	73
ANEXO (N°5) Validación de instrumentos.....	74
ANEXO (N°6) Matriz de consistencia.....	77
ANEXO (N°7) Análisis de suelo inicial – concentraciones de Pb.....	79
ANEXO (N°8) Análisis de suelo final – concentraciones de Pb.....	81
ANEXO (N°9) Análisis de caracterización de suelo inicial.....	85
ANEXO (N°10) Análisis de caracterización de enmiendas orgánicas.....	89

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01 Criterios para determinar el potencial productivo de la alfalfa

Tabla N° 02 Estándares de Calidad Ambiental del Perú para Suelos

Tabla N° 03 Dosis 2% de compost y vermicompost

Tabla N° 04 Ficha de recolección de datos iniciales y finales del suelo. (Alfa de Cronbach)

Tabla N° 05 Ficha de monitoreo de la alfalfa (*Medicago sativa*). (Alfa de Cronbach)

Tabla N° 06 Ficha de caracterización del suelo. (Alfa de Cronbach)

Tabla N° 07 Análisis de caracterización del suelo inicial

Tabla N° 08 Análisis de caracterización de enmiendas orgánicas (compost y vermicompost)

Tabla N° 09 Análisis de concentraciones de plomo en alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada con compost

Tabla N° 10 Análisis de concentraciones de plomo en alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada con vermicompost

Tabla N° 11 Crecimiento de las plantas de alfalfa cultivadas con enmiendas orgánicas (compost y vermicompost)

Tabla N° 12 Análisis de concentraciones iniciales de plomo en el suelo

Tabla N° 13 Resultado de las concentraciones de plomo en las plantas de alfalfa cultivadas con compost

Tabla N° 14 Resultado de las concentraciones de plomo en las plantas de alfalfa cultivadas con vermicompost

Tabla N° 15 Eficiencia de la remoción con la adición de compost
Tabla N° 16 Eficiencia de la remoción con la adición de vermicompost
Tabla N° 17 Prueba de hipótesis
Tabla N° 18 la Prueba de WILCOXON
Tabla N° 19 Prueba de Normalidad
Tabla N° 20 Pruebas de normalidad

Tabla N° 21 Prueba de Levene para la Altura de la alfalfa
Tabla N° 22 Pruebas de normalidad

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Procedimiento de investigación
Figura N°2 Diseño experimental
Figura N°3 Distribución por tratamiento

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 1: Tablas comparativas de las concentraciones de plomo en las plantas de compost y vermicompost.
Grafico N° 2 Eficiencia de remediación de todos los tratamientos
Grafico N°3 Crecimiento de Medicago sativa

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía N°1 Ubicación del área de estudio
Fotografía N°2 Obtención de las semillas de alfalfa
Fotografía N°3 Aplicación de las semillas al suelo
Fotografía N°4 Mezcla del suelo con el vermicompost y compost
Fotografía N°5 Crecimiento de la alfalfa

INDICE DE MAPAS

Mapa N°1 Delimitación del área de estudio.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de la alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada con enmiendas orgánicas, con el propósito de minimizar las altas concentraciones de plomo en el suelo agrícola colindante a la Minera Colquisiri, Huaral.

En la primera etapa se tomarán 164 Kg de suelo agrícola contaminado por la Minera Colquisiri de un área aproximadamente de 5,000 m², tomados en un total de 4 puntos establecidos con una distribución heterogénea – zigzag, según la Guía de muestreo de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM y se realizó el análisis inicial de las concentraciones de plomo en las cuatro muestras (8 tratamientos con 5 repeticiones).

En la segunda etapa se procedió a colocar los 8 tratamientos con sus 5 repeticiones cada uno, donde los primeros cuatro tratamientos fueron cultivados con compost y los cuatro últimos con vermicompost, durante un periodo de 12 semanas, durante ese periodo se realizaron medidas semanas del tallo (cm).

Finalizando las 12 semanas, se cosechó las plantas de alfalfa, las cuales fueron llevadas al laboratorio para obtener las concentraciones de plomo en sus tejidos, así como también el análisis final de concentraciones de plomo en el suelo.

De tal manera se concluyó que las plantas de alfalfa (*Medicago sativa*) cultivadas con vermicompost, específicamente las del tratamiento 7, obtuvieron en sus tejidos 44.36 ppm de concentraciones de plomo, durante un periodo de crecimiento de 12 semanas.

Palabras claves: Eficiencia, alfalfa, *Medicago sativa*, plomo, compost, vermicompost

Abstract

The objective of the present investigation was to determine the efficiency of alfalfa (*Medicago sativa*) cultivated with organic amendments, with the purpose of minimizing the high concentrations of lead in the agricultural land adjacent to the Mine Colquisiri, Huaral.

In the first stage, 164 Kg of agricultural land contaminated by the Colquisiri Mining will be taken from an area of approximately 5,000 m², taken from a total of 4 established points with a heterogeneous distribution - zigzag, according to the Soil Sampling Guide within the framework of the Supreme Decree N ° 002-2013-MINAM and the initial analysis of the concentrations of lead in the four samples (8 treatments with 5 repetitions) was carried out.

In the second stage we proceeded to place the 8 treatments with their 5 repetitions each, where the first four treatments were cultivated with compost and the last four with vermicompost, during a period of 12 weeks, during that period we measured weeks of the stem (cm).

At the end of 12 weeks, the alfalfa plants were harvested, which were taken to the laboratory to obtain the concentrations of lead in their tissues, as well as the final analysis of concentrations of lead in the soil.

In this way, it was concluded that alfalfa plants (*Medicago sativa*) grown with vermicompost, specifically those of treatment 7, obtained in their tissues 44.36 ppm of lead concentrations, during a growth period of 12 weeks.

Keywords: Efficiency, alfalfa, *Medicago sativa*, lead, compost, vermicompost

II. Introducción

La presente tesis es una investigación que tiene por objetivo determinar la eficiencia de la alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada con enmiendas orgánicas (Compost y Vermicompost), con el propósito de restaurar los suelos agrícolas contaminados de plomo debido a la Minera Colquisiri, Huaral. Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se presenta el planteamiento de la investigación, el problema, los objetivos, las hipótesis, la justificación y el marco teórico, así como la relevancia de la investigación.

En el Capítulo II, se aborda el diseño de la investigación, las variables que se utilizaron, la población y muestra. Así como también, el detalle de los tratamientos y repeticiones que se realizarían, además de las cantidades de enmiendas orgánicas (compost y vermicompost) por cada repetición.

Capítulo III, se abordan los resultados obtenidos durante la experimentación utilizando para ello los instrumentos validados.

Capítulo IV se aborda la discusión que se realiza respecto a los resultados obtenidos con los antecedentes de la investigación.

Capítulo V y VI en ellos se aborda la conclusión y recomendaciones respectivamente respecto a los resultados que se obtuvieron en la experimentación.

1.1. Realidad Problemática

La unidad minera María Teresa – Colquisiri que está ubicada en el distrito de Chancay, provincia de Huaral y departamento de Lima, ha contaminado los suelos agrícolas ubicado a sus alrededores, con relaves de plomo, superando el rango permitido de 70 ppm en suelo agrícola, según los ECAS (Estándares de Calidad Ambiental para suelos), afectando la salud de la población y el medio ambiente, ya que dicha minera se encuentra entre los poblados de Cerro Cenizo y Tres Estrellas, los cuales se dedican principalmente a la agricultura. Las denuncias de los dirigentes manifiestan que producto de la explotación minera, sus terrenos de cultivo se ven afectados por la contaminación y lo que es más grave los niños presentan síntomas compatibles con la contaminación del plomo, mineral que es explotado por Colquisiri.

Los pobladores y agricultores piden urgente la intervención de las autoridades, pues la empresa emplea pozas de relaves que están contaminando las aguas subterráneas y superficiales afectando a sus cultivos, teniendo en cuenta que es su principal fuente de ingreso, por esta razón este estudio pretende investigar una manera económica y ambientalmente amigable para poder lograr la remediación y extracción del plomo en dichas zonas afectadas.

1.2. Trabajos previos

Según BONILLA, S. (2013), quien elaboro su trabajo de investigación titulado “Estudio de tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación”, evaluó la capacidad de tres especies vegetales amaranto, acelga y alfalfa para absorción de plomo. Las plantas se desarrollaron en semilleros, para luego ser trasplantadas a una matriz de suelos contaminados con plomo, asimismo adicionó abono orgánico (estiércol), donde se apreció en las plantas mayor tamaño, rigidez, follaje y sistema radicular más desarrollados. Los resultados indicaron que la concentración de plomo en tallos y hojas es de 0 a 108 mg/Kg en 20 días; a 112,2 mg/Kg en 45 días y 528 mg/Kg en

60 días. Se pudo concluir que la capacidad de hiperacumulación que presenta *Medicago*

sativa aumenta a medida que tiene mayor tamaño el tallo y la edad de la planta y las especies que utilizaron abono presentan mayor cantidad de absorción de plomo comparadas con las especies que se germinaron sin la utilización de abono.

Según TREJO (2009), quien elaboro su trabajo de investigación titulado “Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amarathus hybridus* L.” algunas plantas cultivadas y silvestres se han usado como medio en el proceso de fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Así, se han encontrado especies con capacidad de hiperacumular dichos contaminantes; también se han probado productos que mejoran el potencial fitoextractora de las plantas en la fitorremediación de suelos contaminados. Sin embargo, son pocos los estudios realizados con plantas adaptadas a las zonas áridas en la fitoextracción de metales pesados; a pesar de que la región árida y semiárida comprende aproximadamente 103 millones de hectáreas, es decir el 52% de la superficie continental de México. Para este caso se utilizaron plantas de quelite (*A. hybridus* L.), en la cual se pudo observar una concentración de Pb de 300 ppm.

Según CHÁVEZ, L. (2014), quien elaboró su trabajo de investigación titulado “Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo” ,en dicho estudio se tiene como objetivo poder corroborar que las plantas nativas son las más adecuadas para fitorremediar espacios naturales, para ello se recolectaron 37 muestras vegetales de 12 sitios, localizados en la ciudad de La Oroya y lago Junín (departamentos de Cerro de Pasco y Junín - Perú), lugares con pasivos mineros, seleccionando 2 especies pertenecientes a los géneros *Calamagrostis* y *Nicotiana* para su cultivo bajo 3 niveles de plomo 700 ppm, 1000 y 1200 ppm, del estudio se concluyó que la *Nicotiana* tiene un mejor potencial de fitorremediación ya que absorbió 276.7 ppm de Plomo en la zona radicular y 96.5ppm de Plomo en la zona aérea, por lo tanto se pudo comprobar la hipótesis de que las plantas nativas son las más adecuadas para fitorremediar espacios naturales.

Según GONZALES, R. (2014), quien realizo su trabajo de investigación titulado “Recuperación de suelos contaminados con metales utilizando especies vegetales-fitorremediación”, el presente estudio tiene por fin determinar la capacidad de dos especies vegetales para la captación y absorción de plomo desde el suelo, seleccionando las especies *Medicago sativa* y *Taraxacum officinale*. Se observó que la especie *Taraxacum officinale* absorbió una mayor cantidad de plomo, siendo 0.822 ppm la máxima concentración que se encontró en los tejidos de esta especie, así como también en la especie *Medicago sativa* L., se encontró una concentración de 0,586 ppm, por lo que se concluye que la especie *Taraxacum officinale* tiene mayor capacidad de absorción.

Según LÓPEZ, Y. (2012), quien realizo la investigación titulada “Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados”, el presente trabajo se realizó dentro de un invernadero en suelos con altas concentraciones de plomo (4245 ppm) y se evaluaron 4 tratamientos, los cuales son testigo, alfalfa (*Medicago sativa* L.), zacate ballico y zacate navajita. Como resultado se pudo observar que la Alfalfa, Z. Ballico y Z. Navajita tuvieron una concentración, de plomo final en la planta, de 3625 ppm, 1185 ppm y 1615 ppm, a los 90 días, respectivamente. Por lo tanto se demostró con este trabajo experimental que la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es capaz de absorber grandes contenidos de metales pesados.

Según CASTILLO, B. (2013), quien realizo el trabajo de investigación titulado “El efecto del EDTA sobre *Medicago sativa* L. y *Cynodon dactylon* L. en la extracción de metales pesados de suelo de Cuernavaca, México” , en el presente trabajo se observa que el proceso de fitorremediación puede ser optimizado de diferentes maneras, en el caso de metales pesados, puede ser más eficiente cuando se incrementa la biodisponibilidad del metal por la adición de agentes quelantes que forman complejos solubles fácilmente asimilados por las plantas. Este proyecto se realizó para evaluar la eficacia de un agente quelante (EDTA), para movilizar los metales del suelo hacia las plantas: *Medicago sativa* L. y *Cynodon dactylon* L. Los resultados obtenidos son: *Medicago sativa* L. tuvo una acumulación mayor de Plomo en el tallo de 65 ppm, por lo que se concluye que *Medicago sativa* es hiperacumuladora de Plomo.

Según COYAGO, E. (2016), quien realizo el trabajo de investigación titulado “Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano”, el presente trabajo evaluó la capacidad de absorción de plomo de tres especies vegetativas: Amarantho Hybridus, Beta Vulgaris y Medicago sativa, las tres especies fueron germinadas en semilleros, usando tierra negra y tierra mezcla, y replantadas en suelos contaminados artificialmente; la evolución de la absorción de plomo en las diferentes especies vegetativas fue cuantificada mediante la técnica de espectrofotómetro de absorción atómica, dando como resultado a los 60 días, en la especie Medicago sativa L., concentración de 1201 ppm, así como la especie Beta vulgaris que presento una concentración de 529 ppm. En conclusión, se pudo observar que las especies Medicago sativa y Beta vulgaris durante el tiempo de estudio presentaron un proceso de absorción de plomo sin mostrar desintoxicación de la planta, esto significa que dichas especies se pueden clasificar como hiperacumuladoras.

Según CASTRO, J. (2013), quien realizo el trabajo de investigación titulado “Capsicum annum L. como fitorremediador de suelos contaminados por metales pesados”, el presente trabajo se realizó con el fin de evaluar la capacidad de Capsicum annum L., para acumular metales pesados (Zn, Ni, Cd, Pb y Cu). Dando como resultados obtenidos en el suelo con la mezcla de metales pesados una acumulación máxima 238.33 ppm de plomo en la raíz, por lo tanto, se puede concluir que la especie Capsicum annum L. es capaz de absorber el Pb, por lo que se le considera fitoextractora.

Según Orozco, O. (2012), quien realizo el trabajo de investigación titulado “Fitoextracción de Plomo de un suelo contaminado, utilizando especies vegetales con diferentes densidades estomática”, el objetivo del presente trabajo fue cuantificar la extracción de plomo de un suelo contaminado, utilizando plantas con diferentes densidades estomática. El trabajo se realizó en un invernadero de Fitomejoramiento ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Para empezar, se determinó la densidad estomática y apertura total estomática de diez especies vegetales, de las cuales se seleccionaron dos, de las cuales fueron el girasol y el

frijol. Obteniendo como resultado 613.6 ppm y 721.1 ppm respectivamente. Con estos resultados se concluye que las especies vegetales utilizadas se pueden considerar como plantas hiperacumuladoras.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Remediación

La Remediación consiste en sanear un ecosistema que ha sido contaminado o intervenido. En este contexto, se busca minimizar los impactos de la actividad minera sobre el medio ambiente. El éxito de la remediación dependerá de la magnitud de la intervención y de la exigencia legal para asegurar que se proteja la vida y salud humana, el medio ambiente y otros bienes. La mayoría de las veces los esfuerzos en remediar un ecosistema contaminado están limitados a un presupuesto y no es posible conseguir un resultado exitoso (DOMEDECH; Peral, 2006)

El comportamiento de un contaminante en el suelo, así como la efectividad de una tecnología de remediación están determinados por una variedad de factores que interactúan de manera compleja y que dependen de las características propias del contaminante así como las del suelo. Por consiguiente, para la selección adecuada de una tecnología de remediación con buenas perspectivas de éxito, es indispensable considerar las propiedades del contaminante como las del sitio contaminado. En general dentro de los factores a tomar en cuenta son los siguientes: proceso químico (reacciones de hidrólisis, oxidación, reducción, fotólisis); procesos físicos de transporte (sorción, advección, dispersión, difusión, volatilización y solubilización); y procesos biológicos (biodegradación, biotransformación y toxicidad) (SEPÚLVEDA y VELASCO, 2002).

1.3.2 Metales Pesados

Se denomina metal pesado a cualquier elemento químico que tenga una densidad relativamente alta y sea tóxico o venenoso inclusive en concentraciones muy

pequeñas. Los ejemplos de metales pesados son el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros. Por lo general los metales pesados se encuentran en forma de componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos (MÉNDEZ, et al, 2009).

1.3.2.1 Efectos de los metales pesados en el suelo.

Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanzan niveles que rebasan los límites máximo permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros campos del ambiente así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo, el termino que se usa o se emplea es “polución de suelos”.No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos. (CERRARI, 2012).

1.3.3 Plomo

El Plomo es un elemento de color azul grisáceo, se obtiene principalmente a partir de la galena donde se encuentra en forma de sulfuro de plomo. A partir de 500 °C la emisión de vapores de plomo es ya importante y por tanto lo es su toxicidad. Actualmente la toxicidad del plomo no solo se extiende a los ambientes laborales en que se utiliza este metal, sino que llega también a ser un elemento importante de la contaminación ambiental debido fundamentalmente al empleo de plomo (ESCOBAR y MANZANARES, 2013).

El plomo no realiza un papel esencial en las plantas; la absorción en caso de presentarse, es de un modo pasivo; es absorbido principalmente por las raíces y es almacenado en un grado considerable en las paredes celulares, esta absorción varia significativamente en relación con la concentración presente en los suelos, así como las variadas formas en el que el plomo se presenta (BAUTISTA, 1999).

1.3.3.1 Efectos del plomo en la salud

El plomo, en el cuerpo humano tiene efectos tóxicos dependiendo del nivel de exposición y su duración. Los efectos biológicos notables de la presencia del plomo en el cuerpo humano se ven reflejados por la alteración de la biosíntesis del grupo hem (mayor aportador en la formación de la hemoglobina en la sangre), eritropoyesis (formación de los eritrocitos), función endocrina, hepática, reproductiva, sistema cardiovascular, retraso en el crecimiento, trastornos en el aprendizaje, alergia, cáncer y daño al sistema nervioso central, dichos efectos se dan debido a que el plomo, al momento de ingresar al organismo, se aloja en el tejido óseo donde permanece entre 5 a 19 años, para proceder a liberarse al torrente sanguíneo. (MARTÍNEZ, 2002).

Según la Organización Mundial de la Salud, se cree que los efectos neurológicos y conductuales asociados al plomo son irreversibles (OMS, 2017).

1.3.4 Suelo contaminado

Por contaminación o degradación de las tierras se entiende la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas (ALMOROX y LÓPEZ, 2011)

La contaminación o degradación del suelo es el proceso degenerativo que reduce la capacidad de los suelos para desempeñar sus funciones. Esto puede obedecer a causas naturales o a consecuencias de las actividades humanas.

Existen diferentes factores que causan una degradación del suelo, todos ellos están interrelacionados lo que dificulta su estudio. Como hemos visto los principales factores de degradación de tierra son la erosión del suelo causada por el viento o el agua, proceso que afecta de forma generalizada en el mundo y que es posible

que se agrave por el cambio climático; el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas; disminución de la materia orgánica; contaminación; salinización; y pérdida de biodiversidad; o en general de las propiedades económicas del suelo, o la pérdida duradera de vegetación natural (Rubio, 2008). El suelo se puede degradar por sustancias nocivas que se almacenan e incluso influyen negativamente en su comportamiento como es la disminución del rendimiento de los cultivos con posibles cambios en la composición de sus tejidos con riesgo para la salud de los consumidores al ingresar determinados elementos a la cadena trófica (PORTA, 1994).

1.3.5 Fitorremediación

La fitorremediación es un conjunto de tecnologías que reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas (DELGADILLO, 2011).

Según DELGADILLO, 2011, la fitorremediación es un proceso que tiene por objeto descontaminar suelos valiéndose de especies vegetales capaces de extraer, metabolizar y acumular las sustancias tóxicas presentes en el suelo; si bien la factibilidad de su empleo aún está siendo evaluado de diferentes perspectivas, los estudios de que se disponen coinciden en señalar de que se trata de una técnica más limpia, simple y efectiva.

La fitorremediación ofrece ventajas adicionales a la limpieza de suelos y mantos freáticos al emplear alguno de los siguientes mecanismos:

- Incremento de la actividad y población microbiana en el subsuelo, que eleva la cantidad de carbón activado.
- Mejoras en la aireación del suelo por la liberación de oxígeno por las raíces.
- Retardo en el movimiento e intercepción de compuestos orgánicos y algunos metales.

a. Ventajas

- Es un método apropiado para descontaminar superficies grandes o para finalizar la descontaminación de áreas restringidas en plazos largos.
- Otra ventaja de la fitorremediación es que es una tecnología verde y cuando se ejecuta correctamente es estéticamente agradable para el público.
- La fitorremediación no requiere de un equipo costoso o personal altamente especializado y es relativamente fácil de implementar. Sin embargo, la mayor ventaja de la fitorremediación es su bajo costo en comparación con las tecnologías de saneamiento convencional. (HENRY, 2000)

1.3.5.1 Proceso de fitorremediación

Los metales pesados son aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g/cm³ cuando están en forma elemental o cuyo número atómico es superior a 20. Muestran una elevada tendencia a bioacumularse y a biomagnificarse a través de su paso por los distintos eslabones de las cadenas tróficas. En concentraciones elevadas, ocasionan graves problemas en el desarrollo, crecimiento y reproducción de los seres vivos (DELGADILLO, 2011).

Los mecanismos de tolerancia varían entre las distintas especies de plantas y están determinados por el tipo de metal, eficiencia de absorción, translocación y secuestro. Las fases del proceso por el cual las plantas incorporan y acumulan metales pesados son las siguientes (NAVARRO, AGUILAR y LÓPEZ, 2007).

Fase I. Implica el transporte de los metales pesados al interior de la planta y, después, al interior de la célula. La raíz constituye el tejido de entrada principal de los metales, los cuales llegan por difusión en el medio, mediante flujo masivo o por intercambio catiónico. La raíz posee cargas negativas en sus células, debido a la presencia de grupos carboxilo, que interaccionan con las positivas de los metales pesados, creando un equilibrio dinámico que facilita la entrada hacia el interior celular, ya sea por vía apoplástica o simplástica.

Fase II. Una vez dentro de la planta, las especies metálicas son secuestradas o acomplejadas mediante la unión a ligandos específicos. Entre los quelantes producidos por las plantas se encuentran los ácidos orgánicos (ácidos cítrico, oxálico y málico), algunos aminoácidos (histidina y cisteína) y dos clases de péptidos: fitoquelatinas y metaloteínas

Las fitoquelatinas son ligandos de alta afinidad que tienen como sustrato al glutatión. Están constituidas básicamente por 3 aminoácidos: ácido glutámico, cisteína y glicina, unidos por enlaces peptídicos.

Las metalotioneinas son polipéptidos de unos 70-75 aminoácidos con un alto contenido en cisteína, aminoácido capaz de formar complejos con cationes mediante el grupo sulfidrilo. Tienen una marcada afinidad por las formas iónicas de Zn, Cd, Hg y Cu.

Fase III. Involucra la compartimentalización y detoxificación, proceso por el cual, el complejo ligando-metal queda retenido en la vacuola.

1.3.5.2 La remoción de contaminantes por fitorremediación

La remoción de contaminantes por fitorremediación se realiza empleando alguno de los siguientes mecanismos (BONILLA, 2013):

- **Fitoextracción:** Consiste en la absorción de contaminantes por las raíces, tallos o follaje usando plantas acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables sin presentar síntomas de toxicidad. La selección de las plantas debe realizarse considerando el tamaño de las raíces, la tasa de crecimiento, acumulación de contaminantes, biomasa y potencial de evapotranspiración. Los pastos, musgos y helechos son el género que presentan mayor adaptabilidad a las diferentes condiciones ambientales y pueden captar gran cantidad de contaminante (VOLKE, VELASCO y PÉREZ, 2005).

- **Fitoestabilización:** Uso de plantas para reducir la biodisponibilidad y movilidad de los contaminantes en el entorno, evitando el transporte a capas subterráneas o a la atmósfera, mejorando las propiedades físicas y químicas del medio (DIEZ, 2003).
- **Fitoimmobilización:** Uso de las raíces de las plantas para la fijación o inmovilización de los contaminantes en el suelo (BONILLA, 2013).
- **Fitovolatilización:** Uso de plantas para eliminar los contaminantes del lugar mediante su volatilización, y para eliminar contaminantes del aire. Se produce a medida que las plantas en crecimiento absorben agua junto con los contaminantes orgánicos solubles. Algunos de los contaminantes pueden llegar hasta las hojas y evaporarse o volatilizarse a la atmósfera (BONILLA, 2013).
- **Fitodegradación:** Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes orgánicos en moléculas más simples. En determinadas ocasiones, los productos de la degradación le sirven a la planta para acelerar su crecimiento, en otros casos los contaminantes son biotransformados (BONILLA, 2013).
- **Rizofiltración:** uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes del agua y de otros efluentes acuosos. Se prefieren raíces de plantas terrestres con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar contaminantes (BONILLA, 2013).
- **Fitoestimulación o rizodegradación:** las plantas generan los exudados radiculares que estimulan el crecimiento de los microorganismos nativos capaces de degradar compuestos orgánicos xenobióticos (BONILLA, 2013).

1.3.5.3 Fitorremediación con alfalfa (*Medicago sativa*)

Las leguminosas (alfalfa) acumulan altas cantidades de metales en sus tallos y raíces, con una marcada diferencia en cada una de las especies empleadas en la extracción y limpieza de suelos. Por otro lado, la ciencia de la fitoextracción de contaminantes depende de la producción de biomasa en los tallos, esto es necesario para seleccionar los cuerpos de plantas adecuados para que persistan en el suelo e incrementan su producción y contribuya en la maximización de la efectividad de la fitorremediación. (LÓPEZ, 2012).

1.3.6 Alfalfa (*Medicago sativa*)

Desde hace más de 2 000 años, la alfalfa (*Medicago sativa*, de la familia de las Papilionáceas) 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 al - falfa, 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. (LEMUS, Zoe, et al)

En cuadro N°1 se encuentran algunos de los factores que determinan el potencial productivo de la alfalfa, donde se indica que los mejores suelos son de textura franco arenosa a franco arcilloso y el pH óptimo del suelo para la producción de alfalfa es de 6.5 a 7.5. (MARBLE, 1996).

Tabla N° 1 Criterios para determinar el potencial productivo de la alfalfa

Variable	Bajo	Mediano	Alto
Temperatura anual, °C	<12.5°	<14.5>12.5	14.5° – 22.5°

Textura de suelo	Arenosa Arcillosa	Areno – arcillosa Limo – arenosa Limo – arcillosa Arcillo – arenosa	Franco – arcillo – arenosa Franco – arcillosa Franco – arenosa
pH	<5.8>8.5	5.8 – 6.5 7.5 – 8.5	6.5 – 7.5
Conductividad eléctrica	>4 dS/m	2 dS/m – 4 dS/m	0 dS/m – 2 dS/m

Fuente: Inifrap produce, 2000

1.3.7 Enmiendas Orgánicas

Es un material o sustrato que al ser adicionado en el suelo aumenta la estabilidad de los agregados y la capacidad de retención de agua, aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (LOBOS, 2008), puede crear las condiciones físicas y químicas favorables para la sobrevivencia y el desarrollo inicial de las plantas, mejora las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los sustratos.

En este sentido, la adición de enmiendas podría mejorar las condiciones del suelo y contribuir a mejorar el establecimiento y crecimiento de las plantas, mejorando subsecuentemente los procesos de fitoestabilización y/o fitoextracción de metales pesados (DIEZ, J. 2008).

La aplicación de determinadas enmiendas orgánicas, constituye en la actualidad una puerta de entrada de nuevos componentes orgánicos ajenos a dicho suelo, que van a interactuar con los compuestos y elementos propios del mismo, además de, en muchos casos, introducir elementos como metales pesados y, por tanto, afectar a las reacciones de estos elementos e incidir en el destino final de los mismos y en su biodisponibilidad. Por tanto, al aplicar estos materiales estamos modificando las propiedades del suelo, además de favorecer el desarrollo de una actividad microbiana que puede incidir en la descomposición de complejos entre

los metales y la materia orgánica y la adición de sustancias orgánicas sintéticas que podrían solubilizar metales que originariamente estuvieran inmovilizados en el suelo (GARCÍA, et al, 2002).

1.3.7.1 Compost

Es un compuesto con alto contenido en materia orgánica parcialmente mineralizada y humificada, que puede ser usada como abono orgánico o como sustrato, que puede sufrir mineralizaciones más lentas una vez incorporado al suelo y según su contenido de nutrientes puede ser un abono de buena calidad. (CORPOICA, 2009)

1.3.8 Vermicompost (Humus)

Es el producto que resulta de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas que tienen lugar en los residuos orgánicos durante el proceso de ingestión y digestión por las lombrices, así como de la actividad microbiana asociada en el vermicompostaje. Este es un producto de color oscuro acercándose a negro, que se caracteriza por poseer un elevado contenido de materia orgánica parcialmente humificada. (NOGALES, ROMERO y FERNÁNDEZ, 2014)

1.3.9 Propiedades del suelo

Una propiedad física química o biológica del suelo es aquella que caracteriza al suelo; por ejemplo, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado el interperismo (desintegración por agentes atmosféricos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas a través del tiempo (SPOSITO, 1989), citado en VOLKE, T.; VELASCO y PÉREZ, D. (2005).

1.3.9.1 Propiedades físicas

1.3.9.1.1 Textura

La textura de un suelo está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene. La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica. Las partículas de arena son comparativamente de tamaño grande (0.05-2mm) y, por lo tanto, exponen una superficie pequeña comparada con la expuesta por un peso igual de partículas de arcilla o de limo. La función que ésta tiene en las actividades físicas y químicas de un suelo es casi insignificante, las arenas aumentan el tamaño de los espacios de los poros entre las partículas, facilitando el movimiento del aire y del agua de drenaje. El tamaño de partícula de los limos va de 0.002 a 0.05mm, tiene una velocidad de intemperización más rápida y una liberación de nutrimentos solubles para el crecimiento vegetal mayor que la arena. Los suelos limosos tienen gran capacidad para retener agua disponible para el crecimiento vegetal. Las partículas de limo se sienten suaves, semejantes a un polvo y tienen poca tendencia a reunirse o a adherirse a otras partículas (BUCKMAN y BRADY, 1966).

El tamaño de partícula de los suelos arcillosos es menor a 0.002mm; tienen la capacidad de retener agua contra la fuerza de gravedad. La fracción de arcilla, en la mayoría de los suelos, está compuesta de minerales que difieren grandemente en composición y propiedades en comparación con la arena y el limo. El componente arcilloso de un suelo es fundamental para determinar muchas características de éste, debido a que las partículas de arcilla tienen un área superficial mayor. Cada partícula de arcilla tiene cargas eléctricas negativas en su superficie externa que atraen y retienen cationes de manera reversible. Muchos cationes como potasio (K^+) y magnesio (Mg^{2+}), son esenciales para el crecimiento vegetal y son retenidos en el suelo por las partículas de arcilla.

1.3.9.2 Propiedades químicas

La química de suelos es la ciencia que estudia las propiedades químicas del suelo y de sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes. (BORNEMISZA, 1982). Algunas propiedades químicas del suelo son:

1.3.9.2.1 pH del Suelo

Una de las características del suelo más importantes es su reacción, ésta ha sido debidamente reconocida debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente tanto a su medio químico, como a la reacción del suelo y los factores asociados con ella. Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad, y alcalinidad (BUCKMAN et al, 1966).

Por lo general la acidez del suelo es común en todas las regiones donde la precipitación es alta, lo que ocasiona la lixiviación de grandes cantidades de bases intercambiables de los niveles superficiales de los suelos; en este caso, la solución del suelo contiene más iones hidrógeno (H^+) que oxidrilos (OH^-). Los suelos alcalinos son característicos de las regiones áridas y semiáridas; la alcalinidad se presenta cuando existe un alto grado de saturación de bases. La presencia de sales especialmente de calcio, magnesio y sodio en formas de carbonatos da también preponderancia a los iones (OH^-) sobre los iones (H^+) en la solución del suelo (MILLAR, C., TURK, L. y FOTH, H., 1971).

Existen dos grupos de factores que provocan cambios en el pH del suelo: (1) los que resultan del aumento del hidrógeno adsorbido y (2) los que aumentan el contenido de bases adsorbidas. Uno de los factores que provocan la acidez en el suelo es la descomposición de la materia orgánica ya que se forman ácidos tanto orgánicos como inorgánicos; el ácido orgánico que se encuentra con mayor frecuencia es el ácido carbónico ($CO_3 H_2$). Éste ácido remueve grandes cantidades de bases por disolución o lixiviación. Los ácidos inorgánicos, tales como ácido

sulfúrico H_2SO_4 y el ácido nítrico (HNO_3), son reservorios importantes de iones H en el suelo. (BUCKMAN et al, 1966).

1.3.9.2.2 Capacidad de Intercambio Catiónico

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de una muestra de suelo o de alguno de sus componentes, expresa: el número de moles de iones de carga positivos adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase líquida y una relación de masa-solución dada. Un mol de carga positiva equivale a 6.02×10^{23} cargas de cationes adsorbidos.

En unidades SI la CIC se expresa en centimoles de carga positiva por kilogramo, $cmol (+) kg^{-1}$ o bien $cmolc kg^{-1}$. Con anterioridad se venía utilizando como unidad el $meq/100g$, cuyo uso se halla todavía muy extendido. El valor numérico es el mismo con ambas unidades (PORTA, J., LÓPEZ, M. y ROQUERO, C., 2003).

1.3.9.2.3 Materia orgánica

La materia orgánica del suelo constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo, así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (BORNEMISZA, 1982).

1.3.10 Mecanismo de movilización de los metales en el suelo

Entre los elementos presentes en un suelo, los metales pesados, por una parte pueden ser considerados esenciales para las plantas (micronutrientes) y por otra pueden ser potencialmente tóxicos produciendo efectos perjudiciales, siempre que

sus concentraciones superen determinados niveles de referencia. La presencia de metales en el suelo está íntimamente relacionada con la propia litología del terreno pero también pueden proceder de contaminaciones exógenas (CANCELA *et al.* 2000).

1.3.10.1 Rutas para el transporte de elementos traza en el suelo

En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo u ocupando sitios de intercambio; segunda, específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos. Por otra parte, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pueden pasar a la atmósfera por volatilización y pueden ser movilizados a las aguas superficiales o subterráneas (GARCÍA y DORRONSORO, 2005).

La movilidad relativa de los elementos traza en suelos es de suma importancia en cuanto a su disponibilidad y su potencial para lixiviarse de los perfiles del suelo hacia las agua subterránea y difiere de si su origen es natural o antrópico y, dentro de este último, al tipo de fuente antrópica).

1.3.10.2 Dinámica de los metales pesados en el suelo

Los metales pesados presentes en los suelos no se comportan como elementos estáticamente inalterables, sino que siguen unas pautas de movilidad generales. La dinámica de los metales pesados en el suelo puede clasificarse resumidamente en cuatro vías (CALLIRGOS, 2014):

- Movilización a las aguas superficiales o subterráneas.
- Transferencia a la atmósfera por volatilización.
- Absorción por las plantas e incorporación a las cadenas tróficas.
- Retención de metales pesados en el suelo de distintas maneras: disueltos o fijados, retenidos por adsorción, complejación y precipitación.

Los factores que influyen en la movilización de metales pesados en el suelo son características del suelo: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de intercambio (catiónico y/o aniónico), presencia de carbonatos, materia orgánica, textura, entre otras. La naturaleza de la contaminación y el origen de los metales y formas de deposición y condiciones medio ambientales producen acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad en los suelos.

1.3.10.3 Precipitación

Los iones metálicos en la solución suelo pueden precipitar con un agente químico, generalmente aniones como fosfatos, carbonatos o sulfatos. También pueden precipitar como hidróxidos al reaccionar con los iones de la solución. La precipitación es improbable que suceda en condiciones ácidas, excepto cuando hay grandes cantidades de cationes y aniones, por ejemplo la precipitación de Cd es poco probable que ocurra en suelos neutros y ácidos, excepto cuando hay altas concentraciones de carbonatos, sulfatos o fosfatos (CALLIRGOS, 2014).

1.3.10.4 Complejación y Quelación

La complejación de metales involucra a un ión metálico en solución que está siendo rodeado por uno o más ligandos orgánicos o inorgánicos. Dentro de los ligandos complejantes orgánicos se encuentran los ácidos cítrico, oxálico y gálico, además de ácidos complejantes más estructurados, como aquellos incluidos en las fracciones húmica y fúlvica solubles (Evans, 1989). Los hidróxidos y el ión cloruro son considerados como los ligandos inorgánicos más importantes (CALLIRGOS, 2014).

1.3.11 Marco Legal

El Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM – Estándares de Calidad Ambiental - Suelo, son aplicables a todo proyecto y actividad económica, cuyo desarrollo dentro

del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia.

Tabla N°2 Estándares de Calidad Ambiental del Perú para Suelos

N°	Parámetros	Usos de Suelo			Método de Ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
II	Inorgánicos				
21	Plomo total (mg/ kg MS)	70	140	1200	EPA 3050 –B EPA 3051

Fuente: MINAM, 2013

1.4. Formulación del problema

1.4.1 Problema General

¿Es efectivo el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) mediante la adición de las enmiendas orgánicas (compost y vermicompost), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?

1.4.1.1 Problema Específico

¿Es el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con la adición de la enmienda orgánica vermicompost más eficiente que el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con la adición de la enmienda orgánica compost para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?

¿Es efectivo el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con la adición de la enmienda orgánica compost para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?

¿Es efectivo el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) con adición de la enmienda orgánica vermicompost para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?

¿Cómo influye las enmiendas de compost y vermicompost en relación a la (altura) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?

1.5. Justificación del estudio

Los desechos generados de la minera Colquisiri, no son tratadas adecuadamente y estas son desechadas en zonas agrícolas sin ningún tipo de tratamiento, esto provoca que en lugar donde se desechan genere una degradación y alteración el suelo, debido a que entre la composición de estos desechos se encuentra los metales pesados entre ellos el plomo, el cual altera la composición química del suelo y de las especies que crecen en estas zonas agrícolas, las cuales tiendan a adsorber este metal pesado, la cual es dañino para la población más aledaña ya que ellos son los que consumen estos productos como la mandarina y palta, y debido a la ingesta de los cuales padecen de enfermedades a la salud.

La degradación de los suelos contaminados con metales pesados posee una característica de regeneración lenta siendo el caso que en las zonas agrícolas, el periodo de regeneración y asimilación de los metales pesados es de 500 años para la renovación de 2,5 centímetros de suelo.

La adición del vermicompost y compost en suelos contaminados con plomo es método de investigación novedoso, ya que en nuestro país no existen estudios realizados basándose en ese enfoque de remediación y que la adición de este método en cierta manera contribuirá a mejorar los suelos con presencia de plomo.

La aplicación del compost y vermicompost es un método innovador de gran rendimiento y de bajo coste económico, que podrá ser usado y aplicado por

cualquier agricultor, con la finalidad de remediar los suelos con plomo y a su vez mejorar las condiciones del suelo agrícola.

Hasta la fecha realizar tratamientos para remediar suelos con metales pesados tiende a ser tratamientos de muy altos costos económicos; es por ello que la adición del vermicompost y compost tiende a ser muy rentable y que logra tener efectos positivos en el suelo donde se adicione.

Por otro lado, la presente investigación busca determinar mediante la adición del vermicompost y compost aplicado en suelos con presencia de plomo logra disminuir la presencia de este metal pesado en suelos, a la vez esta buena práctica del uso del vermicompost y compost es un método innovador y de bajo coste .

Del mismo modo, se justifica socialmente dado que beneficia directamente a la población que habita en la zona influencia de la Minera Colquisiri y a su vez permite brindar líneas de acción relacionada a la responsabilidad social que debe cumplir por Ley.

A su vez aporta a la ciencia, que actualmente está enfocada a crear metodologías y estrategias del cuidado del medio ambiente a fin de asegurar sostenibilidad ambiental.

1.6. Hipótesis

1.6.1 Hipótesis general

Ha. El cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) mediante las enmiendas orgánicas es eficaz en la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Ho. El cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) mediante las enmiendas orgánicas no es eficaz en la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

1.6.2 Hipótesis Específicos

La adición de las enmienda de vermicompost en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), es más eficiente que la enmienda compost del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Es eficaz la adición de la enmienda orgánica compost en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Es eficaz la adición de la enmienda orgánica vermicompost en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

La adición de la enmienda vermicompost, es más eficiente que la enmienda compost en relación a la altura del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

1.7. Objetivos

1.7.1 .Objetivo General

Determinar la eficacia del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) mediante las enmiendas orgánicas (compost y vermicompost), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

1.7.1.1 Objetivo específicos

Comparar la eficiencia de la adición de la enmienda orgánica de compost con eficiencia de la adición de la enmienda orgánica vermicompost en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Determinar la influencia de la adición de la enmienda orgánica del compost en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Determinar la influencia de la adición de la enmienda orgánica del vermicompost en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017.

Determinar la influencia de las enmiendas de compost y vermicompost en relación a la (altura) del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

III. Método

2.1 Tipo de Investigación

Según Hernández (2003), el tipo de investigación es aplicada debido que confronta la teoría con la realidad y a la vez para conocer por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

2.1.1 Diseño de investigación

Según Hernández (2003), el diseño de investigación es experimental y se subdivide en la categoría de experimento puro, debido a que se observa la manipulación intencional de variables (independientes), medición de variables (dependientes) y se tomaron dos grupos de comparación.

2.2. Operacionalización de variables

- **Variable Independiente**

Cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*).

- **Variable Dependiente**

Remoción de plomo en el suelo

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Eficacia del Cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo	La alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) es capaz de crecer en suelos donde las concentraciones de metales pesados son elevadas, debido a que se encuentra en el grupo de plantas hiperacumuladoras.	Se realizaron 8 tratamientos, en los cuales se usaron 3 kg de suelos con plomo y se le adiciono 4 semillas de alfalfa las cuales tuvieron un periodo de crecimiento de 12 semanas en las cuales se les analizo la concentración de plomo que adsorbieron y el tamaño basándose en la altura de la planta	Concentración de plomo en la alfalfa	Concentración de plomo en la planta	Cuantitativa continua, escala de razón
			Características de la planta	Crecimiento de la planta	Cuantitativa continua, escala de razón
DEPENDIENTE Remoción de Pb en el suelo	Se le denomina suelo contaminado, a	Se usaron 40 maceteros con suelo	Concentración de plomo en suelo	Concentración de Pb en el suelo inicial	Cuantitativa continua, escala de razón

	<p>aquellos que tienen concentraciones de contaminantes por encima de los ECAS.</p>	<p>contaminado con plomo en la cual se adiciono 60 gr. de enmiendas orgánicas x 3 kg de suelo, siendo del tratamiento del compost de 1 al 4 y del vermicompost del 5 al 8, pasadas las 12 semanas se realizó una análisis para conocer las concentraciones iniciales y finales del plomo</p>		<p>Concentraciones de Pb en el suelo final</p>	
--	---	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2017

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Los suelos agrícolas contaminados en un área de aproximadamente de 5,000 m² al costado de la Minera Colquisiri en el Distrito de Huaral, Provincia Huaral y departamento de Lima.

2.3.2 Muestra

Se tomaron 164 Kg de suelo agrícola contaminado por la Minera Colquisiri de un área aproximadamente de 5,000 m² debido al pasivo ambiental existente en dicha zona. La presente investigación es ex-situ, usando maceteros de 20x15x15. Cada macetero contendrá 3 kilos de suelo; en la investigación se contará con 40 maceteros, por lo cual se requerirá 120 kilos de suelo con el que se trabajará.

2.3.3 Muestreo

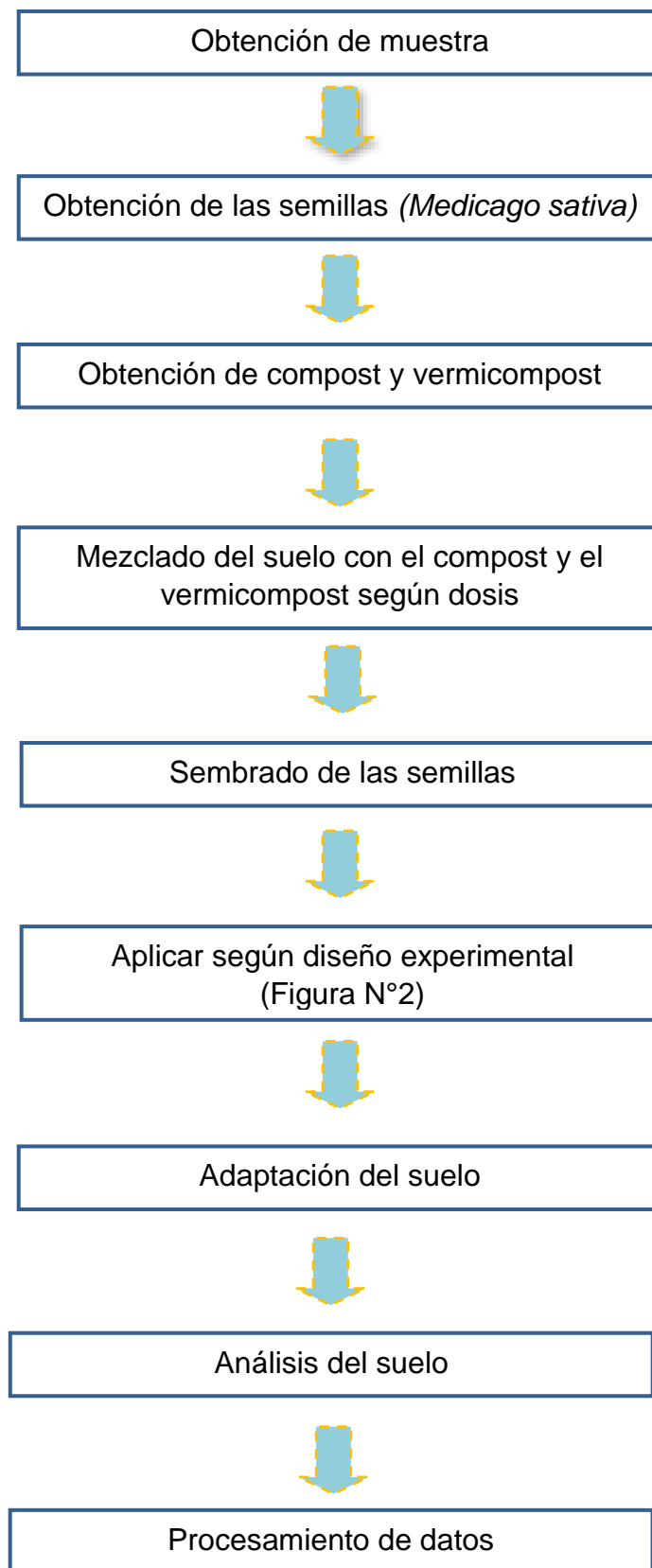
El muestreo empleado en la investigación fue tomando un total de 4 puntos establecidos con una distribución heterogénea – zigzag, según la Guía de muestreo de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

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

2.4.1 Técnica

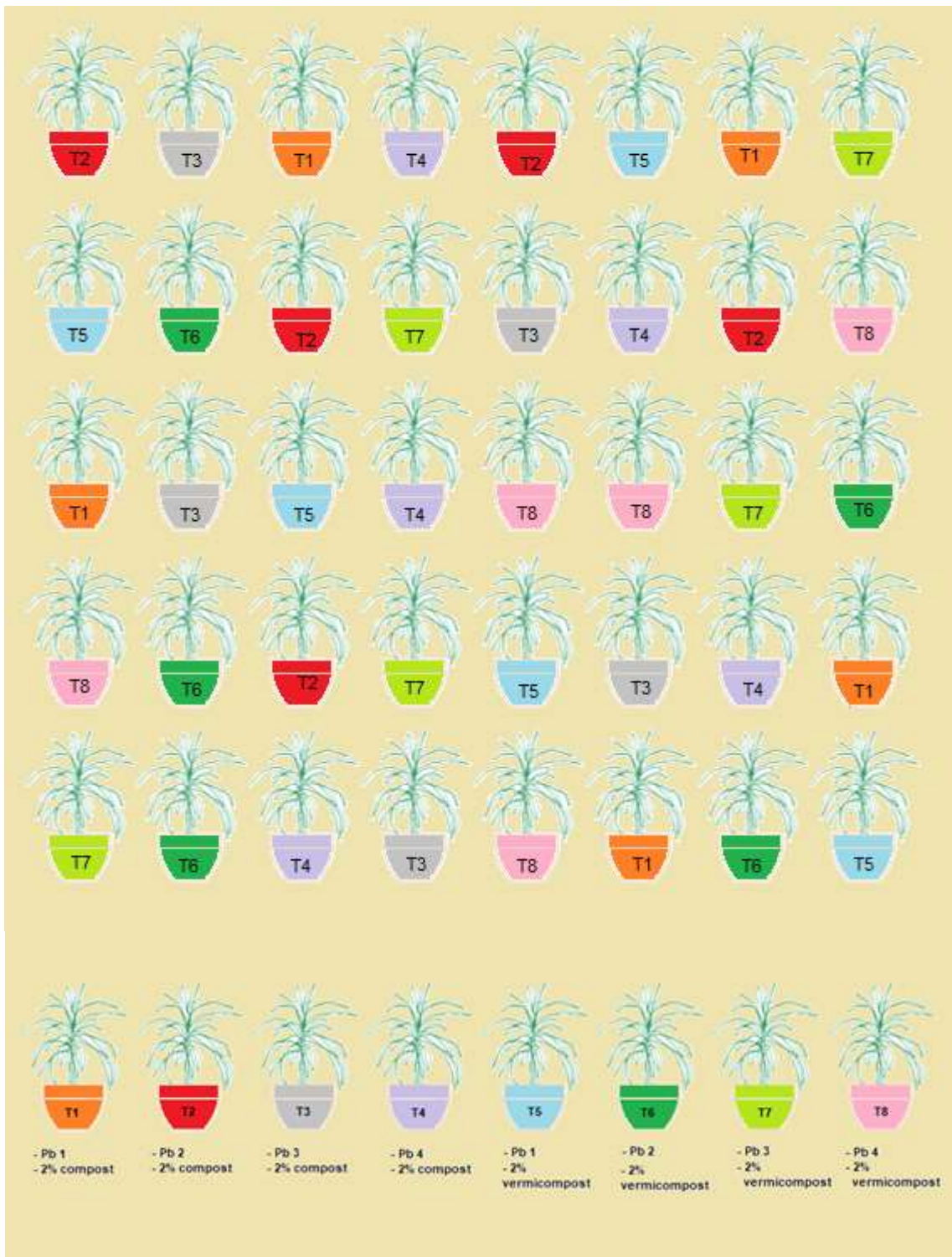
La observación experimental elabora datos en condiciones relativamente controladas por el investigador, ya que puede manipular la o las variables, además se puede utilizar como instrumento la ficha de registro de datos. (Tamayo, et al, 2002), por ello la técnica a emplearse sería la observación experimental.

Figura N° 01 Procedimiento de investigación



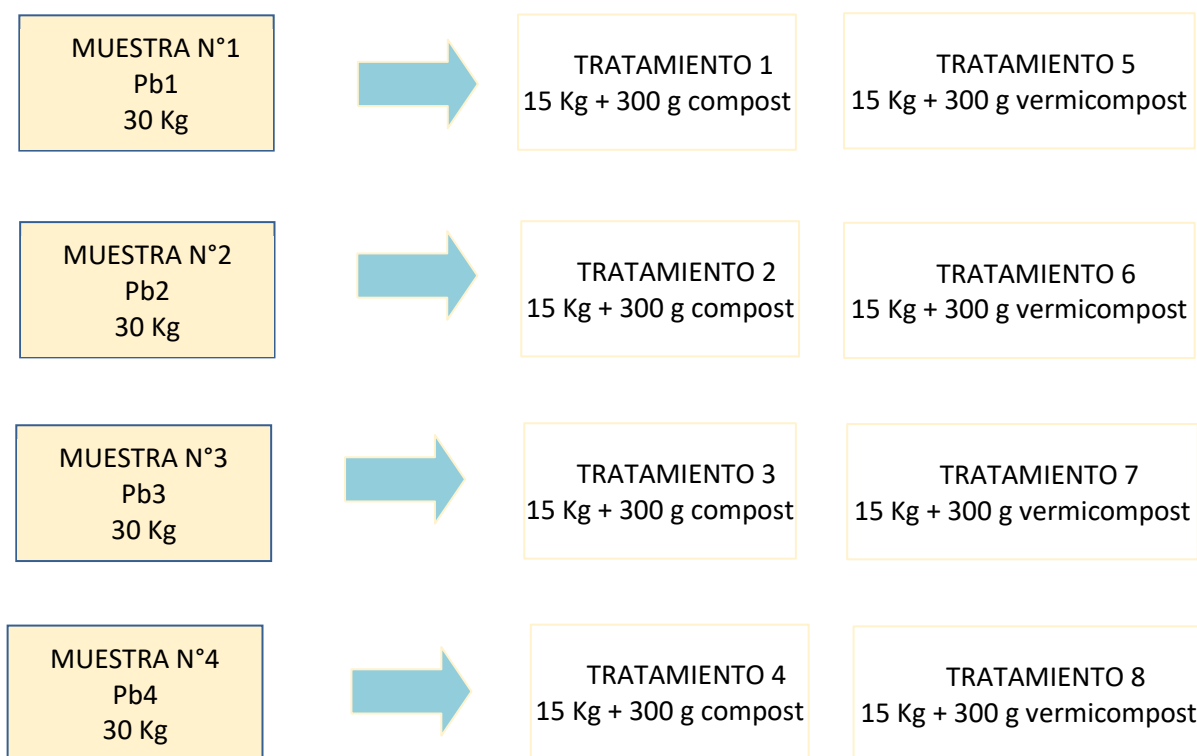
Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura N°02 Diseño experimental



Fuente: Elaboración propia, 2017

Figura N° 03 Distribución por tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2017

Posteriormente, se realiza el análisis de los niveles de plomo adsorbidos por la alfalfa (*Medicago sativa*) y los niveles de remoción de plomo en suelo. Mediante el siguiente esquema se determina que enmienda genera mayor absorción y remoción de plomo.

M1	O ₁ O ₅	$O_1 = O_2 = O_3 = O_4$
M2	O ₂ O ₆	
M3	O ₃ O ₇	
M4	O ₄ O ₈	

Donde:

M1, M2, M3, M4:	Muestras estudiadas
O ₁ , O ₂ , O ₃ , O ₄ :	Observaciones
=:	Iguales

≠:

Diferentes

Tratamientos

T1= Alfalfa + Compost + Pb1 (5 repeticiones)
T2= Alfalfa + Compost + Pb2 (5 repeticiones)
T3= Alfalfa + Compost + Pb 3 (5 repeticiones)
T4= Alfalfa + Compost + Pb 4 (5 repeticiones)
T5= Alfalfa + Vermicompost + Pb1 (5 repeticiones)
T6= Alfalfa + Vermicompost + Pb2 (5 repeticiones)
T7= Alfalfa + Vermicompost + Pb3 (5 repeticiones)
T8= Alfalfa + Vermicompost + Pb4 (5 repeticiones)

Comparaciones a realizar

$OT_1 \neq OT_5$
 $OT_2 \neq OT_6$
 $OT_3 \neq OT_7$
 $OT_4 \neq OT_8$

El tiempo de observación son 12 semanas por cada tratamiento

Según López, la cantidad eficiente de compost y vermicompost es el 2% de la cantidad de suelo total, por ello, se usará una dosis del 2% de enmiendas orgánicas (compost y vermicompost), para los tratamientos respectivos.

Tabla Nº 03 Dosis 2% de compost y vermicompost

100g Suelo	2g Compost / Vermicompost
1000g Suelo	20g Compost / Vermicompost
3k Suelo	60 g Compost / Vermicompost

Fuente: Elaboración propia, 2017

2.4.2 Instrumento

a. Ficha de recolección de datos iniciales y finales del suelo

En esta ficha se colocarán los resultados químicos de los ocho tratamientos cada uno con sus cinco repeticiones brindados por el laboratorio (**Anexo N° 01**).

b. Ficha de monitoreo de la alfalfa (*Medicago sativa*)

Es usada para realizar la recolección de las características físicas y químicas de la planta, como son la medición cada 15 días de la alfalfa, además finalizado el proyecto se analizarán las plantas de alfalfa para conocer las concentraciones de plomo en cada una de ellas (**Anexo N° 02**).

c. Ficha de caracterización del suelo

Será utilizada para colocar los resultados de la caracterización del suelo inicial de las cuatro muestras mandadas a analizar al laboratorio (**Anexo N° 03**).

d. Ficha de caracterización de las enmiendas orgánicas

En la ficha se colocarán los resultados de la caracterización de las enmiendas orgánicas (compost y vermicompost) (**Anexo N° 04**).

2.4.3 Validez

a. Ficha de recolección de datos iniciales y finales del suelo

La ficha fue revisada y evaluada por tres expertos relacionados al tema, la misma que tiene como propósito recopilar los datos iniciales y finales de las concentraciones de plomo en el suelo. La validez de la evaluación fue de: 95%.

b. Ficha de monitoreo de la alfalfa (*Medicago sativa*)

La ficha fue revisada y evaluada por tres expertos relacionados al tema, la misma que tiene como propósito conocer las características físicas y químicas de la alfalfa. La validez de la evaluación fue de 85%.

c. Ficha de caracterización de suelo

La ficha fue revisada y evaluada por tres expertos relacionados al tema, la misma que tiene como propósito saber las características básicas del suelo inicial. La validez de la evaluación fue de 100%.

2.4.4 Confiabilidad

La confiabilidad de los instrumentos se midieron con el grado de repetitividad realizada y que facilitó el registro de todos los parámetros medidos y que se hizo durante toda la etapa experimental de la investigación cuyos datos sirvieron para ser procesados sin inconveniente.

2.4 Métodos de análisis de datos

Todos los datos que se obtendrán en el campo serán analizados mediante los siguientes programas:

a. Registro de datos en Microsoft Excel

Se utilizará el Excel para la elaboración de gráficas comparativas y de dispersión.

b. Análisis estadístico en el software SPSS v21

Para procesar los datos mediante la estadística y llegar a responder las hipótesis se utilizaron las siguientes pruebas, los cuales son:

- Test de Normalidad de Shapiro Wilk
- Test t de student
- Test de levene
- Test de Kolmogorov smirnov
- Test de U de Mann Whitney.

2.6 Aspectos éticos

Esta presente investigación brindara resultados verídicos y fehacientes, los cuales se corroboran mediante la metodología aplicada y los resultados proporcionados del programa antiplagios Turnitin el cual determino que la investigación es original y no presenta ningún plagio .A su vez la metodología aplicada a sido usada por diverso autores previamente citados en esta investigación.

IV. Resultados

3.1 Análisis de Caracterización del suelo inicial

Las cuatro muestras de suelo agrícola, tomadas al lado de la Minera Colquisiri, Huaral, se llevaron a analizar al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Donoso, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 04 Análisis de caracterización del suelo inicial

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
pH		6.9	6.92	6,59	7.23
CIC	meq/100 gr	15.49	16.25	13.39	13.03
CE	ds/m	1.04	4.08	19.80	1.47
M.O	%	1.48	1.40	0.60	1.05
Textura	%	Franco	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Calcio	meq/100 gr	12.82	14.04	11.46	11.41
Magnesio	meq/100 gr	1.99	1.50	0.42	1.25
Sodio	meq/100 gr	0.23	0.17	0.16	0.18
Potasio	ppm	177	214	531	75
Fósforo	ppm	36	54	6	12

Fuente: Elaboración propia, 2017

En la tabla N° 4 , Se logra visualizar que la muestra 1 tiene un pH DE 6,9, la muestra 2 tiene 6,92 , la muestra 3 tiene 6,59 y la muestra 4 tiene 7,23,la capacidad de intercambio catiónico para la muestra q es 15,49 meq/100 gr, la muestra 2 posee

16,25 meq/100 gr, la muestra 3 posee 13,30 meq/100gr y la muestra 4 posee 13,03 meq/100 gr, la conductividad eléctrica para la muestra 1 es de 1,04ds/m, para la muestra 2 fue de 4,08ds/m, para la muestra 3 la conductividad eléctrica fue de 19,90 ds/m, para la muestra 4 fue de 1,47ds/m, la materia orgánica para la muestra 1 fue de 1,48%, para la muestra 2 fue de 1,40%, para la muestra 3 fue de 0,60%, para la muestra 4 la materia orgánica es de 1,05%., la textura del suelo es franco arenoso, el calcio para la muestra q fue de 12,82 meq/100 gr, para la muestra 2 fue de 14,04 meq/100 gr, para la muestra 3 fue de 11,46 meq/100 gr, para la muestra 4 fue de 11,41 meq/100 gr, el magnesio para la muestra 1 fue de 1,99 meq/100 gr, para la muestra 2 fue para 1,50 meq/100 gr, para la muestra 3 fue de 0,42 meq/100 gr, para la muestra 4 fue de 1,25 meq/100 gr, el sodio para la muestra 1 fue de 0,23 meq/100 gr, para la muestra 2 fue 0,17 meq/100 gr, para la muestra 3 fue de 0,16 meq/100 gr, para la muestra 4 fue de 0,18 meq/100 gr, el potasio para la muestra 1 fue de 177 ppm, para la muestra 2 fue de 214 ppm, para la muestra 3 fue de 531ppm, para la 4 muestra fue de 75ppm,el fosforo fue de 36 ppm para la muestra 1, para la muestra 2 el fosfora fue de 54 ppm, para la muestra 3 fue de 6 ppm, para la muestra 4 fue de 12ppm

3.2 Análisis de caracterización de enmiendas orgánicas (compost y vermicompost)

Las enmiendas orgánicas que serán utilizadas para ser cultivadas con las plantas de alfalfa, fueron llevadas a analizar al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Donoso, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 05 Análisis de caracterización de enmiendas orgánicas (compost y vermicompost)

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VERMICOMPOST	COMPOST
Ph	-	6.96	7.82
Humedad	%	13.65	32.75
M.O	%	33.98	32.64
Carbono	%	19.71	18.93
Nitrógeno	%	2.38	3.01
P ₂ O	%	2.32	2.18
K ₂ O	%	1.11	2.28
Calcio	%	6.10	6.02
Magnesio	%	0.81	0.80

Fuente: elaboración propia, 2017

Se observa en la tabla N°5, que los parámetros como pH para el vermicompost es 6,96 a diferencia del compost que tiene 7,82; la humedad del vermicompost es de 13,65% y del compost es de 32,75%; la materia orgánica del vermicompost es de 33,98% y del compost es de 32,64%; el carbono del vermicompost es de 19,71% mientras que el del compost es de 18,93%; el nitrógeno del vermicompost es de 2,38% mientras que del compost es de 3,01%, el P₂O para el vermicompost es de 2,32% mientras que el compost es de 2,18%; K₂O es de 1,11% mientras que el compost 2,28%; el calcio para el vermicompost fue de 6,10% mientras que el 6,02%; el magnesio 0,81% para el vermicompost y para el 0,80%.

3.3 Análisis de concentraciones de plomo en la alfalfa (*Medicago sativa*)

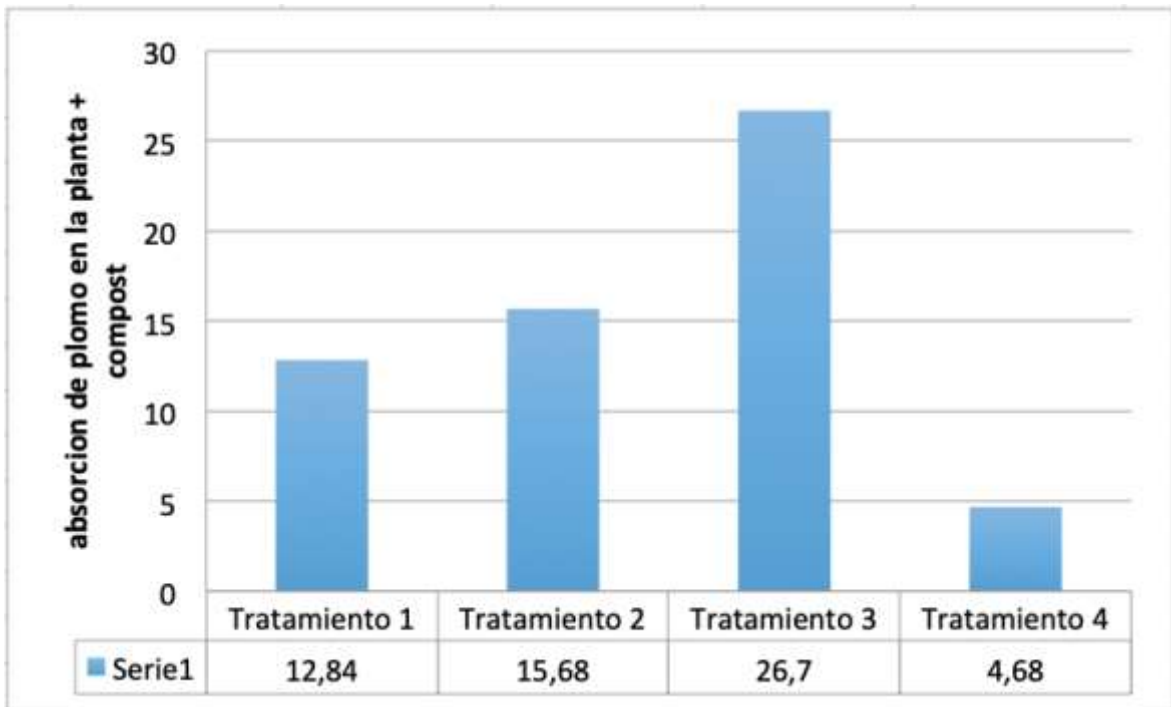
Culminadas las 12 semanas del proyecto, se procedió con la extracción de las plantas de alfalfa para su análisis de espectrofotometría atómica, la cual fue realizada en H&F Laboratorios SAC y de esa manera conocer las concentraciones

de plomo en cada una de ellas, las cuales fueron cultivadas con enmiendas orgánicas (compost y vermicompost).

Tabla N° 06 Análisis de concentraciones de plomo en alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada con compost

TRATAMIENTO	DOSIS COMPOST	REPETICIONES	UNIDAD: ppm	PROMEDIO
TRATAMIENTO 1 (Muestra 1)	60 gr. De compost x 3 Kg. suelos	R1	27.4	12.84
		R2	8.9	
		R3	5.7	
		R4	12.4	
		R5	9.8	
TRATAMIENTO 2 (Muestra 2)	60 gr. De compost x 3 Kg. suelo	R1	22.9	15.68
		R2	19.9	
		R3	12.8	
		R4	9.4	
		R5	13.4	
TRATAMIENTO 3 (Muestra 3)	60 gr. De compost x 3 Kg. suelo	R1	39.7	26.7
		R2	19.8	
		R3	33.2	
		R4	15.9	
		R5	24.9	
TRATAMIENTO 4 (Muestra 4)	60 gr. De compost x 3 Kg. suelo	R1	4.8	4.68
		R2	9.3	
		R3	3.2	
		R4	2.5	
		R5	3.6	

Fuente: Elaboración propia, 2017



Fuente: Elaboración propia, 2017

Grafico N° 01: Absorción de plomo en la alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada en compost

En la tabla N°6 y en el grafico N°1, se observa que de los cuatro tratamientos cultivados con compost, las plantas de alfalfa del tratamiento N°3 fueron las que tuvieron mayores concentraciones de plomo en tallos y raíces, la mayor cantidad se obtuvo en la planta de R3 con 39.7 ppm y siguiendo la R3 con 33.2 ppm.

Tabla N° 7 Análisis de concentraciones de plomo en alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada con vermicompost

TRATAMIENTO	DOSIS VERMICOMPOST	REPETICIONES	UNIDAD: ppm	PROMEDIO
TRATAMIENTO 5 (Muestra 1)	60 gr. De vermicompost x 3 Kg. suelos	R1	14.1	15.4
		R2	12.6	
		R3	22.6	
		R4	12.9	
		R5	14.8	
TRATAMIENTO 6		R1	23.8	13.24
		R2	16.9	

(Muestra 2)	60 gr. De vermicompost x 3 Kg. suelos	R3	7.8	
		R4	11.8	
		R5	5.9	
TRATAMIENTO 7 (Muestra 3)	60 gr. De vermicompost x 3 Kg. suelos	R1	59.5	44.36
		R2	51.9	
		R3	70.6	
		R4	16.5	
		R5	23.3	
TRATAMIENTO 8 (Muestra 4)	60 gr. De vermicompost x 3 Kg. suelos	R1	4.3	4.48
		R2	7.7	
		R3	4.1	
		R4	1.1	
		R5	5.2	

Fuente: Elaboración propia, 2017

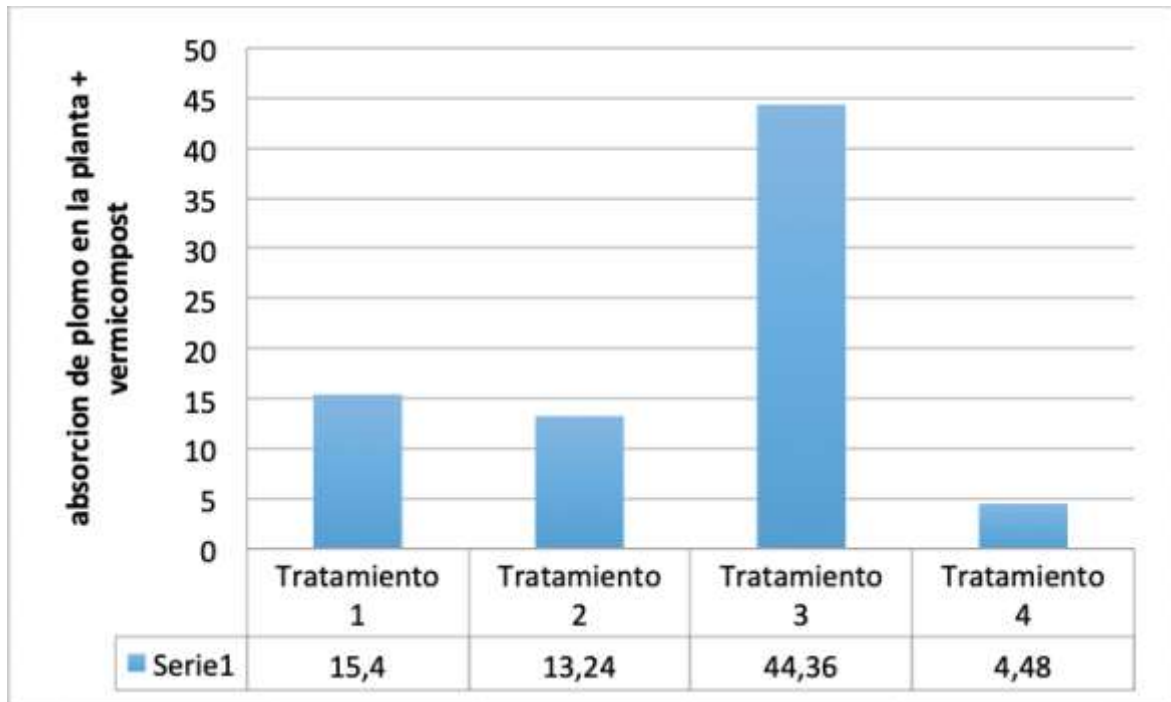


Grafico N° 02: Absorción de plomo en la alfalfa (Medicago sativa) cultivada en vermicompost

Fuente: Elaboración propia, 2017

Se observa en la tabla N°7 y en el grafico N°2, que las plantas cultivadas con vermicompost que absorbieron mayores concentraciones de plomo fueron las del tratamiento N° 7, donde la R3 fue la que absorbió 70.6 ppm, luego siguió la R1 con 59.5 y la que absorbió menor cantidad del tratamiento N°7, fue la R4 con 16.5.

3.3.1 Crecimiento de las plantas de alfalfa (*Medicago sativa*)

Durante las doce semanas de duración del proyecto, se procedió a realizar las medidas de las plantas cultivadas con enmiendas orgánicas (compost y vermicompost) cada 15 días.

Tabla N° 8 Promedio de crecimiento de las plantas de alfalfa cultivadas con enmiendas orgánicas (compost y vermicompost) por tratamiento

TRATAMIENTOS	DÍAS						Promedio de altura (cm)
	15	30	45	60	75	90	
TRATAMIENTO 1 (Muestra 1)	2 cm	5 cm	7.2 cm	8.3 cm	10 cm	11.3 cm	7,3 cm
TRATAMIENTO 2 (Muestra 2)	1.4 cm	3.5 cm	5.4 cm	6.9 cm	9.2 cm	12.5 cm	6,48 cm
TRATAMIENTO 3 (Muestra 3)	2.5 cm	4.9 cm	5 cm	6 cm	8.2 cm	13.6 cm	6,7 cm
TRATAMIENTO 4 (Muestra 4)	1 cm	3.1 cm	4.4 cm	5 cm	7.5 cm	10.8 cm	5,3 cm
TRATAMIENTO 5 (Muestra 1)	2.9 cm	5.8 cm	7.9 cm	8.6 cm	11.6 cm	15.7 cm	8,75 cm
TRATAMIENTO 6 (Muestra 2)	1.8 cm	4.3 cm	6.1 cm	8.5 cm	12.3 cm	17.9 cm	8,48 cm
TRATAMIENTO 7 (Muestra 3)	2.5 cm	5.2 cm	7.3 cm	11.5 cm	12.8 cm	18.4 cm	9, 61cm
TRATAMIENTO 8 (Muestra 4)	1.3 cm	2.7 cm	4.8 cm	7.2 cm	10.5 cm	12.7 cm	6,5 cm

Fuente: Elaboración propia, 2017

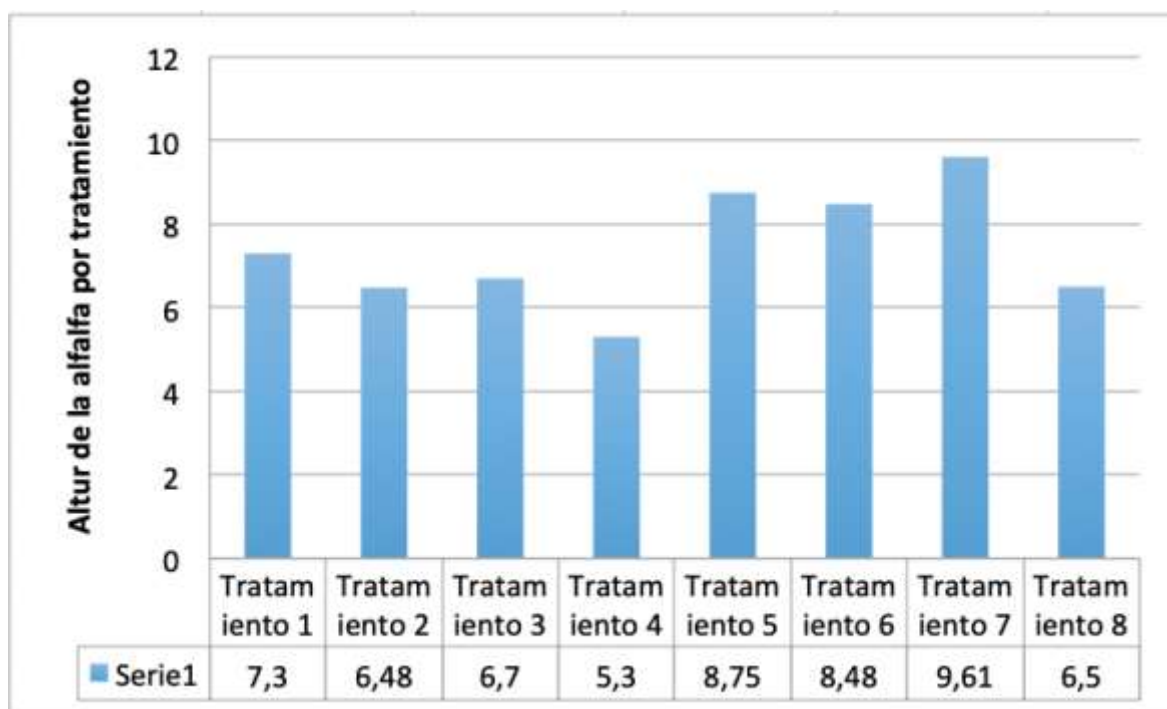


Grafico N° 03: Altura de la alfalfa por tratamiento

Fuente: Elaboración propia, 2017

En la tabla N° 8 y en el grafico N°3, podemos observar que las plantas que fueron cultivadas con vermicompost alcanzaron una altura mayor que las plantas de alfalfa cultivadas con compost, como son el Tratamiento 7 con 18.4 cm y el Tratamiento 6 con 17.9 .

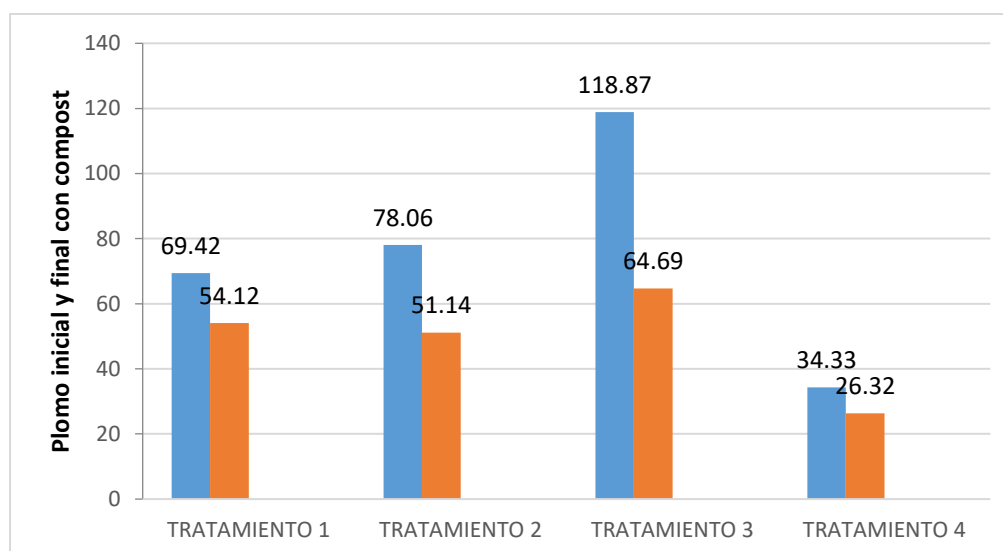
3.3.2 Análisis de concentraciones iniciales y finales de plomo en el suelo

Las muestras de suelo agrícola, fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Agraria la Molina para conocer las concentraciones iniciales de plomo en el suelo y las muestras de suelo finales fueron llevadas a analizar a H&F Laboratorios SAC.

Tabla N° 9 Análisis de concentraciones iniciales y finales de plomo en el suelo con compost

TRATAMIENTO	DOSIS	PROMEDIO INICIAL	PROMEDIO FINAL
T1 (MUESTRA 1)	60 gr. De compost x 3 Kg. suelos	69.42	54.12
T2(MUESTRA 2)	60 gr. De compost x 3 Kg. suelos	78.06	51.14
T3 (MUESTRA 3)	60 gr. De compost x 3 Kg. suelos	118.8	64.64
T4 (MUESTRA 4)	60 gr. De compost x 3 Kg. suelos	34.33	26.32

Fuente: Elaboración propia, 2017



Fuente: Elaboración propia, 2017

Gráfico N° 04: Concentración de plomo inicial y final tras la adición de compost.

Se observa en la tabla N°9 y en el gráfico N° 04, que los promedios más altos en concentraciones de plomo inicial se encontraron en el tratamiento número tres con 118. 87 ppm. A su vez el tratamiento de adición de compost donde se generó mayor reducción de plomo fue el T3 obtuvo mayor reducción de Pb a diferencia de los otros tratamientos empleados. En el tratamiento número 3 se presentan 2

repeticiones (R1 y R2) las cuales poseen un nivel superior de concentración plomo inicial en comparación con los demás valores. Por lo que estas observaciones no se tomaran en cuenta para posteriores análisis, Al eliminar estos valores no afecta negativamente el experimento.

- **Eficiencia**

$$EFICIENCIA (*) \quad E = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100 \%$$

Tabla N° 10 Eficiencia de la remoción con la adición de compost

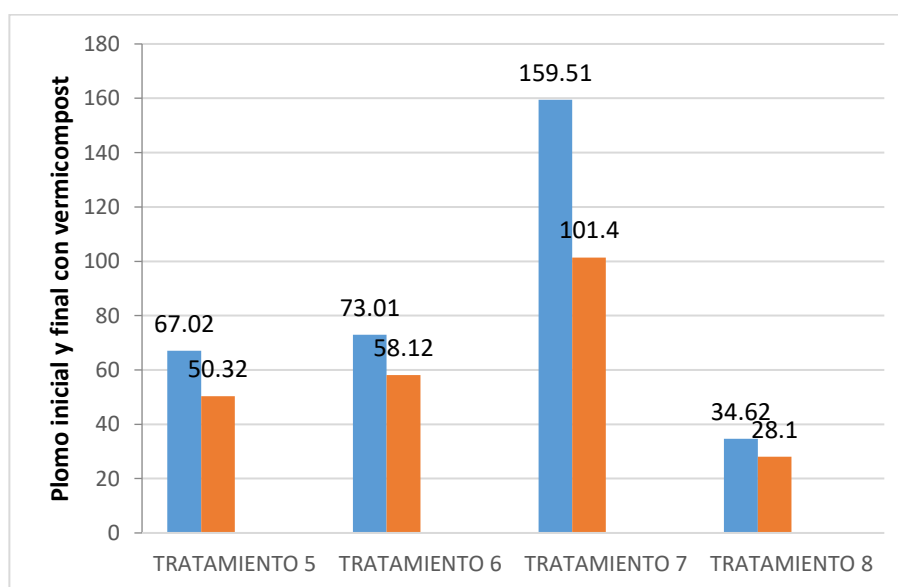
TRATAMIENTO	Pb INICIAL	Pb FINAL	EFICIENCIA (%)
TRATAMIENTO 1	69.42	54.12	22.04
TRATAMIENTO 2	78.06	51.14	34.49
TRATAMIENTO 3	58.05	23.00	60.38
TRATAMIENTO 4	34.33	26.32	23.33

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla N° 11 Análisis de concentraciones iniciales y finales de plomo en el suelo con vermicompost

TRATAMIENTO	DOSIS	PROMEDIO INICIAL	PROMEDIO FINAL
T5 (MUESTRA 5)	60 gr. De vermicompost x 3 Kg. suelos	67.02	50.32
T6 (MUESTRA 6)	60 gr. De vermicompost x 3 Kg. suelos	73.01	58.12
T7 (MUESTRA 7)	60 gr. De vermicompost x 3 Kg. suelos	159.51	101.4
T8 (MUESTRA 8)	60 gr. De vermicompost x 3 Kg. suelos	34.62	28.1

Fuente: Elaboración propia, 2017



Fuente: Elaboración propia, 2017

Gráfico N° 05: Concentración de plomo inicial y final tras la adición de vermicompost.

Se observa en la tabla N°11 y en el gráfico N°5, que la muestra 7, tiene en promedio las concentraciones de plomo inicial más altas. A su vez el tratamiento de adición de vermicompost donde se generó mayor reducción de plomo fue el T7, obtuvo mayor reducción de Pb a diferencia de los otros tratamientos empleados. Se

observa que en el tratamiento número 3 se presentan 2 repeticiones (R2 y R3) las cuales poseen un nivel superior de concentración plomo inicial en comparación con los demás valores. Por lo que estas observaciones no se tomaran en cuenta para posteriores análisis, esto generará un cambio a los promedios que se verá en la siguiente tabla.

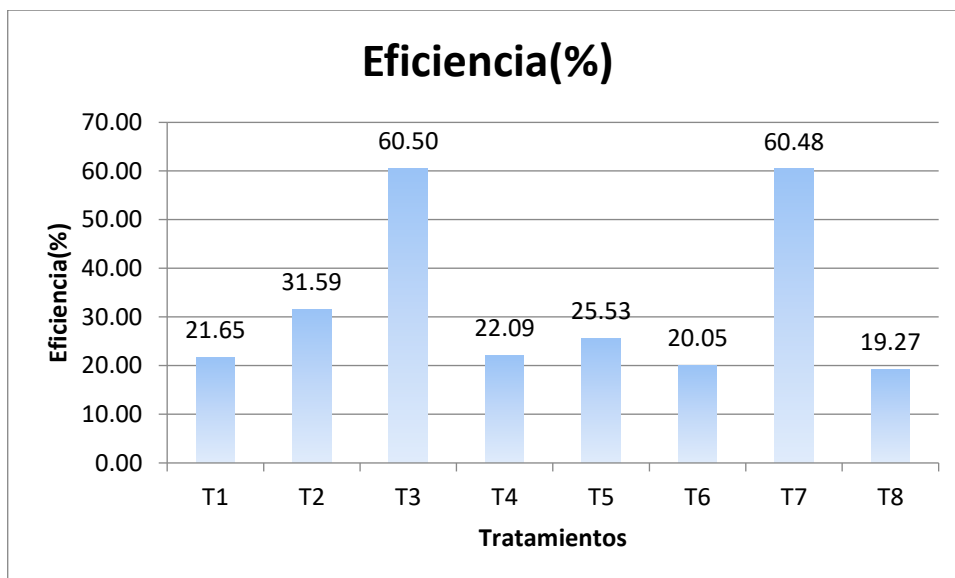
- Eficiencia

$$EFICIENCIA (*) \quad E = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100 \%$$

Tabla N° 12 Eficiencia de la remoción con la adición de vermicompost

TRATAMIENTO	Pb INICIAL	Pb FINAL	EFICIENCIA (%)
TRATAMIENTO 5	67.02	50.32	24.92
TRATAMIENTO 6	73.01	58.12	20.40
TRATAMIENTO 7	76.78	30.70	60.02
TRATAMIENTO 8	34.64	28.1	18.88

Fuente: Elaboración propia, 2017



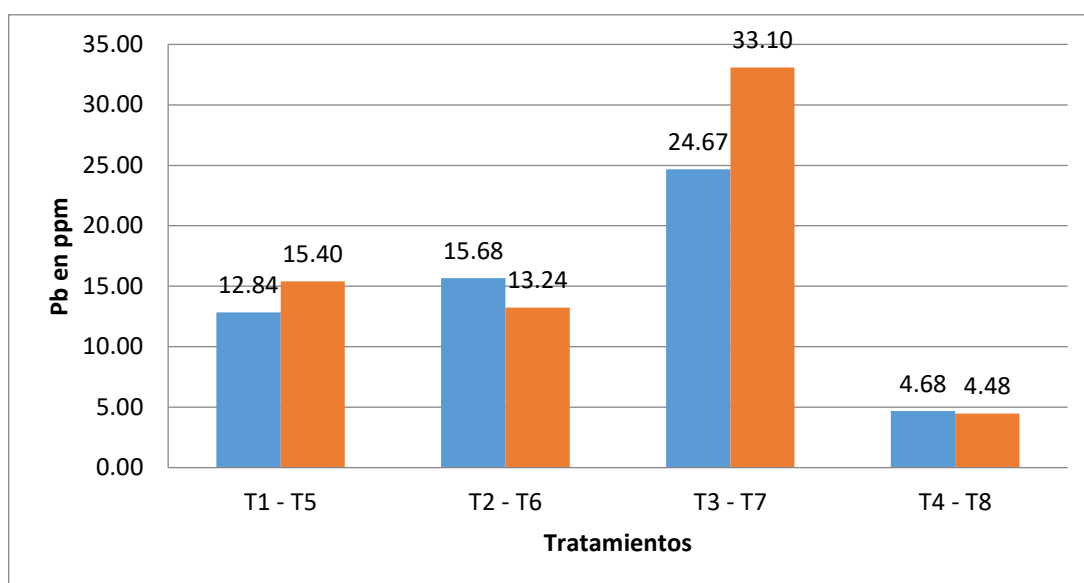
Fuente: Elaboración propia, 2017

Grafico N° 06: Eficiencia de remediación de todos los tratamientos

Análisis: El grafico N°6 se puede observar que en los tratamientos 3 y 7 hubo una mayor eficiencia de remediación al finalizar las 12 semanas con un total de eficiencia de 60.38% y 60.02% respectivamente.

Interpretación: El motivo por el cual los tratamientos 3 y 7 llegaron a tener una mayor eficiencia de remediación en comparación con los otros tratamientos es porque finalizado las 12 semanas, la altura de las plantas fue superior a las demás, debido a que mayor tamaño y biomasa, la concentraciones serán aún mayor.

3.3.3 Comparación del vermicompost y compost para la reducción de la concentración de plomo en la alfalfa



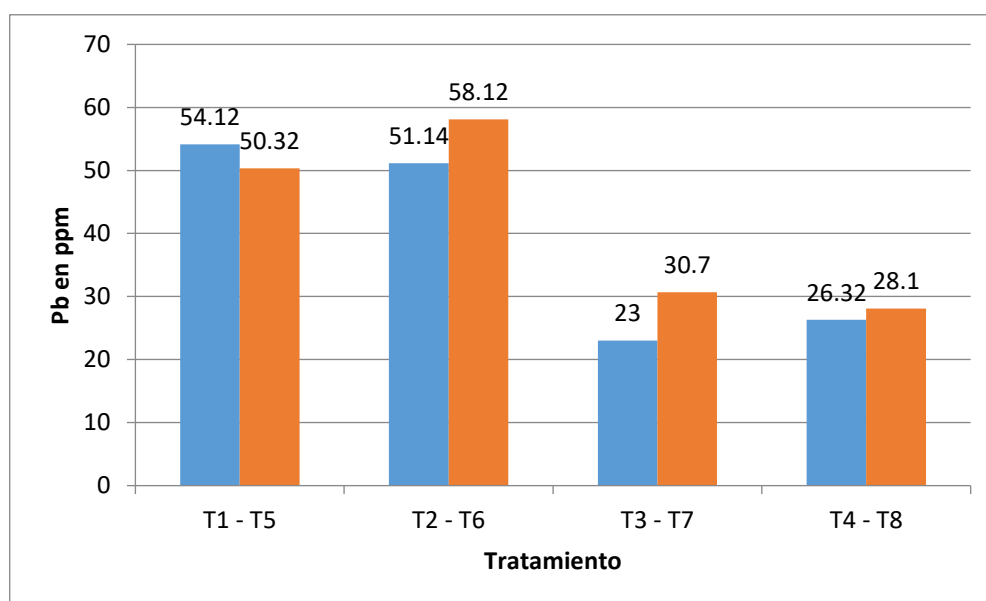
Fuente: Elaboración propia, 2017

Grafico N° 06: Tablas comparativas de las concentraciones de plomo en las plantas de compost y vermicompost.

Análisis: Realizando una comparación entre las tablas N° 7 y 8, se puede observar que los tratamientos 5, 6, 7 y 8, donde la alfalfa (*Medicago sativa*) fue cultivada con vermicompost, absorbió mayores concentraciones de plomo, en el tratamiento 7 se observó mayor significancia, ya que había absorción de concentraciones de plomo de 44.36 ppm

Interpretación: El motivo por el cual los tratamientos 5, 6, 7 y 8 cultivados con vermicompost absorbieron mayores concentraciones de plomo, se debe a que el vermicompost tiene mayores concentraciones de materia orgánica, eso quiere decir que tiene mayor capacidad de intercambio catiónicos, así mismo el pH del vermicompost es de 6.96 mientras que del compost es de 7.82 ppm, lo que genera que los metales se encuentren más disponibles para su absorción.

3.3.4 Comparación del vermicompost y compost para la reducción de la concentración de plomo en el suelo



Fuente: Elaboración propia, 2017

Grafico N° 7: Tablas comparativas de las concentraciones de plomo en el suelo contaminado de compost y vermicompost.

Análisis: Realizando una comparación entre las tablas N° 11 y 13, se puede observar que en los tratamientos 3 y 7, hubo mayor remoción de concentraciones de plomo, el T3 que fue cultivado con compost, obtuvo una remoción de 23 ppm, en cambio el T7 que fue cultivado con vermicompost obtuvo mayor remoción con 30.07 ppm.

Interpretación: Uno de los motivos por el cual el T7 obtuvo mayor remoción es que la alfalfa en ese tratamiento fue la que tuvo mayor crecimiento, así mismo el vermicompost tiene mayor cantidad de materia orgánica.

3.4 Contrastación de hipótesis

3.4.1 Hipótesis General

Ha. El cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) mediante las enmiendas orgánicas es eficaz en la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Ho. El cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*) mediante las enmiendas orgánicas no es eficaz en la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Para poder realizar la prueba de diferencias entre la concentración de plomo inicial con la concentración de plomo final es necesario probar el supuesto de la normalidad para ambos casos.

Tabla N° 13 Pruebas de normalidad

Concentración de plomo en el suelo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
inicial	,078	36	,200*	,982	36	,821
final	,111	36	,200*	,956	36	,163

Fuente: Elaboración propia, 2017

Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

Donde:

H0: concentraciones de Pb en suelo tiene distribución normal

H1: Concentraciones de Pb en suelo no tiene distribución normal

Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

P- valor:

$P>0.05$, SE ACEPTA H0

$P > 0.05$ SE ACEPTA H_0

Decisión:

Concentración Inicial de Pb en el suelo:

$P = 0,821 > 0.05$ Se acepta H_0 entonces la presión tiene distribución normal.

Concentración Final de Pb en el suelo:

$P = 0,163 > 0.05$ Se acepta H_0 entonces la presión tiene distribución normal.

Por lo tanto se realizara la prueba t de student para la igualdad de medias, donde

H_0 : La media de Concentración Inicial de Pb en suelo \leq La media de Concentración final de Pb en suelo

H_1 : La media de Concentración inicial de Pb en suelo $>$ La media de Concentración final de Pb en suelo

Tabla N° 14 Prueba T de Student

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							
	F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
								Inferior	Superior	
Se han asumido varianzas iguales	1,595	,211	4,154	70	,000	19,03472	4,58219	9,89583	28,17361	
No se han asumido varianzas iguales			4,154	64,452	,000	19,03472	4,58219	9,88198	28,18747	

Fuente: Elaboración propia, 2017

Como la prueba es unilateral la significancia es $0,000/2=0,000$.

La significancia es $0,000/2=0,000$.

Las variaciones de las concentraciones de plomo en el suelo no fueron nulas, según se constata con la prueba t de Student ($t=4.154$, $p \sim 0.000 < 0.05$)

En conclusión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la alfalfa (*Medicago sativa*) asociada a enmiendas orgánicas es eficaz para remover el plomo de suelos contaminados por la Minera Colquisiri.

3.4.1.2 Prueba de Hipótesis Específica 1

La adición de la enmienda de vermicompost en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), es más eficiente que la enmienda compost del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Para poder realizar la prueba de diferencias entre la eficiencia entre el cultivo de alfalfa con enmienda de compost y la alfalfa con enmienda de vermicompost es necesario probar primero el supuesto de la normalidad para ambos casos.

Tabla N° 15 Pruebas de normalidad

Eficiencia	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Compost	,308	18	,000*	,736	18	,000
Vermicompost	,249	18	,004*	,827	18	,004

Fuente: Elaboración propia, 2017

Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

Donde:

H0: Eficiencia de la extracción de Pb en el suelo tiene distribución normal

H1: Eficiencia de la extracción de Pb en el suelo no tiene distribución normal

Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

P- valor:

$P>0.05$, SE ACEPTA H0

$P > 0.05$ SE ACEPTA H_0

Decisión:

Eficiencia de tratamiento de Pb en el suelo usando cultivos de alfalfa con enmiendas de compost:

$P = 0,000 < 0.05$ Se rechaza H_0 entonces la presión no tiene distribución normal.

Eficiencia de tratamiento de Pb en el suelo usando cultivos de alfalfa con enmiendas de compost:

$P = 0,004 < 0.05$ Se rechaza H_0 entonces la presión no tiene distribución normal.

Por lo tanto se realizara la prueba U de Mann Whitney, donde:

H_0 : La mediana de la eficiencia de tratamiento de la concentración de plomo en el suelo usando cultivos de alfalfa con enmiendas de Compost \geq La mediana de la eficiencia de tratamiento de la concentración de plomo en el suelo usando cultivos de alfalfa con enmiendas de Vermicompost.

H_1 : La mediana de la eficiencia de tratamiento de la concentración de plomo en el suelo usando cultivos de alfalfa con enmiendas de Compost $<$ La mediana de la eficiencia de tratamiento de la concentración de plomo en el suelo usando cultivos de alfalfa con enmiendas de Vermicompost.

Tabla N° 16 Prueba de U DE MANN WHITNEY

Resultados del test U de Mann Whitney de las variaciones de eficiencia del tratamiento del plomo en el suelo: enmienda Compost vs enmienda Vermicompost

	Variación de la concentración de plomo
U de Mann-Whitney	150.000
Z	-.380
P	,359

a. Variable de agrupación: Enmienda

b. No corregidos para los empates.

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo con los resultados del test U de Mann-Whitney no existe diferencia significativa entre las medianas de las variaciones de la eficiencia del tratamiento de plomo en el suelo, de los tratamientos con enmienda Compost respecto de los tratamientos con enmienda Vermicompost ($U=150$, $p=0,359>0.05$).

3.4.1.3 Prueba de Hipótesis Específica 2

Es eficaz la adición de la enmienda orgánica compost en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Tabla N° 17 Pruebas de normalidad

Concentracion de Plomo con enmienda Compost	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Inicial	,142	18	,200*	,965	18	,695
Final	,159	18	,204*	,920	18	,132

Fuente: Elaboración propia, 2017

Donde:

H0: concentraciones de Pb en suelo tiene distribución normal

H1: Concentraciones de Pb en suelo no tiene distribución normal

Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

P- valor:

$P<0.05$, Se rechaza H0

$P>0.05$ No se rechaza H0

Decisión:**Concentración Inicial de Pb en el suelo con enmienda compost:**

$P=0,695 > 0.05$ Se acepta H_0 entonces la concentración tiene distribución normal.

Concentración Final de Pb en el suelo:

$P=0,132 > 0.05$ Se acepta H_0 entonces la concentración tiene distribución normal.

Por lo tanto se realizara la prueba t de student para la igualdad de medias, donde

H_0 : La media de Concentración Inicial de Pb en suelo con enmienda compost \leq La media de Concentración final de Pb en suelo con enmienda compost

H_1 : La media de Concentración Inicial de Pb en suelo con enmienda compost $>$ La media de Concentración final de Pb en suelo con enmienda compost

Tabla N° 18 Prueba T de Student

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Concentración de Plomo en el suelo con enmienda compost	Se han asumido varianzas iguales	,372	,546	3,140	34	,003	19,79556	6,304	6,9833	32,608
	No se han asumido varianzas iguales			3,140	30,877	,004	19,78556	6,304	6,9520	32,655

Fuente: Elaboración propia, 2017

Como la prueba es unilateral la significancia es $0,003/2=0,0015$.

Las variaciones de las concentraciones de plomo en el suelo no fueron nulas, según se constata con la prueba t de Student ($t=3.140$, $p=0.0015 < 0.05$)

En conclusión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la alfalfa (*Medicago sativa*) asociada a enmiendas orgánicas de compost es eficaz para remover el plomo de suelos contaminados por la Minera Colquisiri.

3.4.1. Prueba de Hipótesis Específica 3

Es eficaz la adición de la enmienda orgánica vermicompost en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Tabla N° 19 Pruebas de normalidad

Concentracion de Plomo con enmienda Vermicompost	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Inicial	,121	18	,200*	,969	18	,782
Final	,147	18	,200*	,951	18	,441

Fuente: Elaboración propia, 2017

Donde:

H0: Las concentraciones de Pb en suelo tienen distribución normal

H1: Las concentraciones de Pb en suelo no tienen distribución normal

Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

P- valor:

$P < 0.05$, Se rechaza H0

$P > 0.05$ No se rechaza H0

Decisión

Concentración Inicial de Pb en el suelo con enmienda vermicompost:

$P=0,695 > 0.05$ Se acepta H0 entonces la concentración tiene distribución normal.

Concentración Final de Pb en el suelo con enmienda vermicompost:

$P=0,132 > 0.05$ Se acepta H_0 entonces la concentración tiene distribución normal.
 Por lo tanto se realizara la prueba t de Student para la igualdad de medias, donde
 H_0 : La media de Concentración Inicial de Pb en suelo con enmienda vermicompost
 \leq La media de Concentración final de Pb en suelo con enmienda vermicompost
 H_1 : La media de Concentración Inicial de Pb en suelo con enmienda vermicompost
 $>$ La media de Concentración final de Pb en suelo con enmienda vermicompost

Tabla N° 20 Prueba T de Student

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Concentración de Plomo en el suelo con enmienda compost	Se han asumido varianzas iguales	1,221	,227	2,681	34	,011	18,273	6,816	4,42151	32,126
	No se han asumido varianzas iguales			2,681	31,569	,012	18,273	6,816	4,38210	32,126

Fuente: Elaboración propia, 2017

Como la prueba es unilateral la significancia es $0,011/2=0,0065$.

Las variaciones de las concentraciones de plomo en el suelo no fueron nulas, según se constata con la prueba t de Student ($t=2.681$, $p=0.0065 < 0.05$)

En conclusión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la alfalfa (*Medicago sativa*) asociada a enmiendas orgánicas de vermicompost es eficaz para remover el plomo de suelos contaminados por la Minera Colquisiri.

3.4.1.5 Prueba de Hipótesis específica 4

La adición de la enmienda vermicompost, es más eficiente que la enmienda compost en relación a la altura del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

Tabla N° 21 Pruebas de normalidad

Tratamiento de Enmienda	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadísti co	Gl	Sig.	Estadísti co	gl	Sig.
altura de la Compost	,125	6	,200*	,997	6	,999
alfalfa vermicompost	,127	6	,200*	,989	6	,988

Fuente: Elaboración propia, 2017

Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

P- valor:

$P<0.05$, SE RECHAZA HO

$P>0.05$ NO SE RECHAZA HO

Decisión:

$0.999>0.05$, Se acepta Ho entonces la altura de la alfalfa con enmienda de compost tiene distribución normal.

$0.998>0.05$, Se acepta Ho entonces la altura de la alfalfa con enmienda de vermicompost tiene distribución normal.

Tabla N° 22 Prueba T de Student

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
altura de la alfalfa	,596	,458	-	10	,282	-2.88750	2.54045	-8.54798	2.77298
			7						
			-	9,193	,284	-2.88750	2.54045	-8.61611	2.84111
		1,137							

Decisión:

0.282 > 0.05, Se acepta Ho

Las enmiendas de compost y vermicompost del cultivo de alfalfa no presentan una diferencia significativa en cuanto a la eficiencia en relación a la altura del cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa*), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017

IV. Discusión

La eficacia del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) se encontró que al sembrar la cantidad de 4 semillas de alfalfa por macetero, en la cual se midió su crecimiento durante el periodo de 12 semanas y pasado este periodo se procedió a realizar un análisis foliar en el cual se determina la eficacia de este cultivo como alternativa de que la alfalfa es un agente bioacumulador de plomo. Como resultado se tiene que el tratamiento 3 (adición de compost + alfalfa) bioacumuló 26,7 ppm a diferencias del resto de tratamiento compost + alfalfa. El tratamiento 7 (adición de vermicompost + alfalfa) fue el más eficiente debido a que acumulo 44,36 ppm de plomo, Al respecto López Y. (2012), hace mención que el uso de cultivos de alfalfa logran biocumular el plomo encontrado en el suelo, ya que en su investigación se tenía grandes concentración de plomo en el suelo (4245 ppm) y tras la aplicación de este cultivo estas concentración lograron bioacumularse en la alfalfa, generando bioacumulación de 3625 ppm t 1615 ppm tras 90 días de aplicación de este cultivo.

La remoción de plomo, se encontró que al adicionar el vermicompost y compost en 8 tratamientos del suelo contaminado con plomo, para medir cuál de estos dos métodos genera una mayor eficiencia de remoción de plomo, se evaluó durante un periodo de 12 semanas, se determinándose que el mejor tratamiento de remoción de plomo fue el tratamiento 3 el cual consta de adición de compost ,el cual tuvo un contenido de plomo inicial en el suelo de 58.05ppm y pasada las 12 semanas el contenido de plomo fue de 23ppm generando una eficiencia de remoción de 60.38%.Con respecto a la adición del vermicompost este se adiciono al suelo con presencia de plomo, en las cuales se tuvieron 4 tratamientos, siendo el tratamiento 7 el más eficiente el cual tuvo como plomo inicial 76.78ppm al inicial la investigación y al finalizar la investigación se generó una remoción de plomo de 46.08ppm generando una eficiencia de 60.02 %.Al respecto Bonilla , S. (2013), hace mención que en su investigación en 45 días de aplicación del abono orgánico este generó una remoción de 112,2 mg/Kg y en 60 días una remoción de 528 mg/Kg, así mismo Coyago E.(2016) para su investigación usa tierra negra y tierra mezclada con abonos orgánicos más el cultivo de 3 especies ,para la adsorción de plomo en suelos contaminados , y pasada su investigación de 60 días, hace mención que se

generó una remoción de un 43% de plomo debido a la adición de abono orgánico en el suelo con presencia de plomo.

La altura del cultivo de alfalfa, se encontró que al adicionar el vermicompost y compost en 8 tratamientos diferentes al suelo con presencia de plomo, para medir la eficiencia del cultivo de alfalfa se sembró por cada macetero la cantidad de 4 semillas de alfalfa, en la cual se midió su crecimiento durante el periodo de 12 semanas. Se determinó que el tratamiento de adición de compost fue más efectivo en el tratamiento 3 a los 15 días, pasado el sembrado, culminarse los 90 días de la investigación el tratamiento 3 siguió brindando mayor eficiencia en el crecimiento del cultivo teniendo una altura de tallo de 13,6 cm. Para el método de adición de vermicompost, se determinó que el tratamiento 7 a los 15 días pasado el sembrado es el más eficiente con respecto a la altura del tallo, pasado los 90 días de la investigación el tratamiento 7 sigue siendo el más eficiente ya que brindo a la alfalfa una altura de tallo de 19,4 cm. Al respecto Bonilla S. (2013) indica que al sembrar la especie de alfalfa en un suelo contaminado con plomo, no impide el crecimiento ni el desarrollo de la especie, ya que en su investigación se usó el amaranto, acelga y la alfalfa en un suelo con presencia de plomo, la cual al transcurrir los 60 días de la investigación logro brindar un promedio de altura de 18 cm.

V. Conclusiones

Mediante la comparación de la eficiencia de la adición de compost y vermicompost para la remoción del plomo en el suelo, se evidencio que los tratamientos 5 y 7 llegaron a tener una mayor eficiencia de remoción de plomo en comparación con los demás tratamientos, debido a que mayor tamaño de la especie cultivada la remoción será mayor.

Tras la adición del compost al cultivo del alfalfa se pudo evidenciar que la alfalfa que presento mayor altura fue la que adsorbió mayor concentración de plomo teniendo una concentración absorbida de 26,7 ppm a comparación de los otros tratamientos.

La influencia de adición del vermicompost al cultivo de alfalfa demuestra que a mayor altura presente la especie cultivada mayor será la adsorción de plomo, tal es el caso que el tratamiento 7 el cual absorbió 44,36 ppm de plomo a diferencia de los otros tratamientos que absorbieron en menor cantidad

Tras la adición de las enmiendas orgánicas de compost y vermicompost al suelo contaminado con plomo se puede evidenciar que ambos tratamientos no impidieron el desarrollo y crecimiento de la especie cultivada, a su vez se puede determinar que la alfalfa que presento mayor altura fueron del tratamiento 5 y 7 presentando una altura de 8,75 cm y 9,61 cm respectivamente. A su vez se determina que la adición de ambas enmiendas al suelo brindaron los nutrientes necesarios para que esta especie cultivada se desarrolle con normalidad a pesar de crecer en un suelo contaminado con metales pesados.

VI. Recomendaciones

Realizar otras investigaciones en relación con otros cultivos que permita la absorción de plomo en la minería.

Realizar una caracterización de todos los suelos agrícolas del alrededor y si se observa que la concentración de Pb es mayor a los estándares permitidos, se deberá realizar la siembra de alfalfa (*Medicago sativa*) para disminuir los niveles de concentración de Pb.

El Aplicar otro tipo de cultivos para poder determinar cual de ellos es mas eficiente en la adsorción de plomo.

MINAM debe realizar una fiscalización a la minera así como también aplicar las sanciones correspondientes debido a las elevadas concentraciones de Pb encontradas en el estudio.

VII. Referencias bibliográficas

1. AGUILERA N. Tratado de Edafología de México, Tomo I, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México, 1989, 159 p.
2. ALMOROX, Javier. y LÓPEZ, Francisco. La Degradación de los Suelos por Erosión Hídrica. Métodos de Estimación, Murcia, 2011, 384 p. ISBN-10: 8483716267
3. BAIRD C. Environmental Chemistry. 2nd Ed. W.H. Freeman & Company. 1999.
4. BAUTISTA, Francisco, Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. México, 1999, 113 p.
5. BERNAL, M., CLEMENTE, R., VAZQUEZ, S y WALKER, D. Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcollar. España, 2007. 14p. ISSN:1132-6344
6. BETANCUR, Agudelo. La Alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. Colombia, 2011. 60p. ISSN: 1794-4449
7. BONILLA, Sara. Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación. Quito, 2013. 95 p.
8. BORNEMISZA E. Introducción a la Química de Suelos, Universidad de Costa Rica, San José , Costa Rica, Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 1982, Monografía no. 25, p. 21-47.
9. BUCKMAN H. y BRADY, N. The Nature and Properties of Soils. The Macmillan Company. 1966. 590 p.
10. CALLIRGOS, Cristina. Evaluación de la capacidad fitorremediadora de la especie *chrysopogon zizanioides* mediante la incorporación de enmiendas en relaves mineros. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 2014. 192 p.
11. CANCELA, C; GONZÁLEZ, P; ABREU. Concentración de metales pesados en suelos del Estado de Sao Paulo (Brasil). Cadernos Lab. Xeolóxico de Iaxe Coruña. Vol 25, 2000: 385-387.
12. CERRARI, José. Suelos Contaminados con metales pesados en Actividades Industriales. Coahuila, México, 2012. 48 p.

13. COLOMBO L.D., MANGIONE S.B. & FIGLIOGLIA A. 1998. Soil profile distribution of heavy metals in soil attended with sewage sludge for eight years. *Agr. Med. Inter. J. of Agric. Sci.* 128, 2002: 273-283.
14. COMISIÓN DE SALUD PÚBLICA. Plomo. Madrid, 2006. 54p.
15. CONSORCIO UNES. Calidad del aire, aguas y suelos en la Provincia de Yauli-La Oroya. 6to. Monitoreo Ambiental Participativo. La Oroya: Consorcio UNES; 2005.
16. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria), Producción de abonos orgánicos de buena calidad, Colombia; 2009.
17. DELGADILLO, Angélica. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14 (2011): 597- 612.
18. DIEZ, Javier. Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerantes y optimización de proceso mediante prácticas agronómicas. Chile, 2008. 336p.
19. DOMENECH, Xavier y PERAL, José. Química ambiental de sistemas terrestres. Barcelona, 2006, 247 p.
20. ESCOBAR, Martha y MANZANARES, Eduardo. Contaminación de los suelos de la comunidad de Vetagrande por plomo. Madrid, 2013, 88 p.
21. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Degradación de suelos, 2016
22. GARCÍA, I y DORRONSORO, C. Contaminación por Metales Pesados. En *Tecnología de Suelos*. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. 2005. <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm>
23. GUERRERO, Padilla. Capacidad remediadora de la raíz de girasol, *Helianthus annuus*, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas*. Perú, 2012. 19p.
24. GULSON B.L., MIZON K.J., KORSCH M.J. & HOWARTH D. Non-orebody sources are significant contributors to blood lead of some children with low to moderate lead exposure in a major mining community. *The science of the total environment*. 181, 1996: 223-230.
25. HERNANDEZ, Roberto. *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL. 613 p, 2010.
26. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Informe de estudio, Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados a la exposición a éste metal en niños de

- 1 a 12 años de edad y mujeres de edad fértil del distrito de Yanacancha de Pasco; 2006.
27. LOBOS, MJ. Efectividad de Biosólidos para la fitoestabilización de un Tranque de relaves Minero, en la Comuna de Nogales. Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Forestales, Departamento de Manejo de Recursos Forestales, 2008, 123 p.
28. LOPEZ, Yovani. Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados. México, 2012. 81 p.
29. MILLAR, C.E., TURK, L.M. y FOTH, H.D. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. 1971, 435 p.
30. MINISTERIO DE SALUD. Informe de estudio: Estudio de plomo en sangre en una población seleccionada de Cerro de Pasco; 1999.
31. NARCISO J, GASTAÑAGA C, ESPINOZA R, et al. Estudio para determinar las fuentes de exposición de plomo en la Provincia Constitucional del Callao, Perú. Activity Report N° 104. MINSA, Junio 2000. Disponible en: http://www.bvcooperacion.pe:8080/biblioteca/bitstream/123456789/3154/1/BV_C10003_079.pdf
32. NAVARRO, J. P., AGUILAR, I., LÓPEZ, J. R. Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Ecosistemas, 2007, 16: 10-25.
33. NOGALES, De residuo a recurso: El camino a la sustentabilidad; 2014.
34. OMS (Organización Mundial de la Salud), Intoxicación por plomo y salud, Agosto 2015, Nota descriptiva N°379
35. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Intoxicación por plomo y salud. Ginebra, 2017. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>
36. ORTIZ, H., TREJO, R., Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite y micorrizas, México, 2009. 20p.
37. PERÚ, PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM: Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire. Lima: Presidencia del Consejo de Ministros; 2001. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/dmdocuments/d.s_074-2001-pcm_eca_para_aire.Pdf

38. PORTA, J., LÓPEZ, M., ROQUERO, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Tercera edición; Impreso en España, Ediciones Mundi-prensa, 2003. 929 p.
39. RAMOS, Willy; MUNIVE, Leopoldo; ALFARO, Milena; CALDERÓN, Martha; GONZÁLES, Isidro; NÚÑEZ, Yesenia. Intoxicación plúmbica crónica: una revisión de la problemática ambiental en el Perú. Rev. peru. epidemiol. Vol 13 No 2 Agosto 2009
40. ROLDAN, Perdomo, MONDRAGON, Pichardo, Poaceae=Gramineae Lolium multiflorum Lam. Raigrás criollo. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/Poaceae/loium-multiflorum/fichas.htm#3>. Identificación y descripción.
41. SALOMON W. Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention. J. Geochim. Explor. 52,1995.: 5-23.
42. SEPULVEDA, Tania.; VELASCO, Juan. Tecnología de remediación para suelos contaminados, México, 2002, 68 p.
43. STEVEN R. Introduction to phytoremediación. U.S. Environmental Protection Agency. [Citado marzo 22 2005] URL disponible en: <http://www.epa.gov/nrmrl/lrpcd/rcb/introphy.htm?>
44. VALDIVIA MM. Intoxicación por plomo. Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna. 2005; 18(1):22-7. Disponible en: http://www.medicinainterna.com.pe/revista/revista_18_1_2005/intoxicacion.pdf
45. VOLKE, T., VELASCO, J., & PÉREZ, D. Suelos contaminados por metales y metaloides: Muestreo y alternativas para su remediación. Instituto Nacional de ecología. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales, 2005, 130 p.
46. WOODING G. Los Suelos, su origen, constitución y clasificación. Barcelona, 2005. 739 p.
47. WONG M.H. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. Chemosphere. 6, 2003.: 775-780.

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 01 ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2017

Fotografía N° 02 obtención de las semillas de alfalfa



Fuente: Elaboración propia, 2017

Fotografía N° 03 aplicación de las semillas al suelo



Fuente: Elaboración propia, 2017

Fotografía N° 04 mezcla del suelo con el vermicompost y compost



Fuente: Elaboración propia, 2017

Fotografía N° 05 crecimiento de la alfalfa




Fuente: Elaboración propia, 2017

Fotografía N° 06 altura (cm) de la alfalfa



Fuente: Elaboración propia, 2017

ANEXO (N° 01) Ficha de recolección de datos iniciales y finales del suelo

		FORMATO PARA RECOLECCION DE DATOS DEL MUESTREO DE SUELOS		CODIGO: UCV- FO- 004	
				VERSIÓN: 001	
				ANTES DE LA FITOEXTRACCION DE Pb(ppm)	DESPUES DE FITOEXTRACCION DE Pb(ppm)
ALFALFA (MEDICAGO SATIVA)	T1=COMPOST	MUESTRA N°1			
		MUESTRA N°2			
		MUESTRA N°3			
		MUESTRA N°4			
		MUESTRA N°5			
	T2=COMPOST	MUESTRA N°1			
		MUESTRA N°2			
		MUESTRA N°3			
		MUESTRA N°4			
		MUESTRA N°5			
	T3=COMPOST	MUESTRA N°1			
		MUESTRA N°2			
		MUESTRA N°3			
		MUESTRA N°4			
		MUESTRA N°5			
	T4=COMPOST	MUESTRA N°1			
		MUESTRA N°2			
		MUESTRA N°3			
		MUESTRA N°4			
		MUESTRA N°5			

			ANTES DE LA FITOEXTRACCION DE Pb(ppm)	DESPUES DE FITOEXTRACCION DE Pb(ppm)
ALFALFA (MEDICAGO SATIVA)	T1=VERMICOMPOST	MUESTRA N°1		
		MUESTRA N°2		
		MUESTRA N°3		
		MUESTRA N°4		
		MUESTRA N°5		
	T2=VERMICOMPOST	MUESTRA N°1		
		MUESTRA N°2		
		MUESTRA N°3		
		MUESTRA N°4		
		MUESTRA N°5		
	T3=VERMICOMPOST	MUESTRA N°1		
		MUESTRA N°2		
		MUESTRA N°3		
		MUESTRA N°4		
		MUESTRA N°5		
	T4=VERMICOMPOST	MUESTRA N°1		
		MUESTRA N°2		
		MUESTRA N°3		
		MUESTRA N°4		
		MUESTRA N°5		


ANEXO (N° 02) Ficha de monitoreo de la alfalfa (Medicago sativa)

	FORMATO DE CARACTERISTICAS MORFOLÓGICAS DEL CULTIVO DE ALFALFA	CODIGO: UCV- FO-002
		VERSIÓN: 001

Tratamientos		CARACTERISTICAS MORFOLÓGICAS					
		Altura de cultivo(cm)					
		15	30	45	60	75	90
T1	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
	R5						
T2	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
	R5						
T3	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
	R5						
T4	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
	R5						

Tratamientos		CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS					
		Altura de cultivo (cm)					
		15	30	45	60	75	90
T5	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
	R5						
T6	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
	R5						
T7	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
	R5						
T8	R1						
	R2						
	R3						
	R4						
	R5						

ANEXO (N° 03) Ficha de caracterización del suelo

 UCV <small>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</small>	CARACTERISTICAS DE SUELO(COMPLETO)	CODIGO: UCV-FO-003
		VERSION: 001

INDICADORES	UNIDAD	INICIAL
pH	-	
C.E.	mS/cm	
M.O.	%	
P	ppm	
K	ppm	
TEXTURA	%	
CIC	meq/100g.	
CATIONES	meq/100g.	

ANEXO (N° 04) Ficha de caracterización de las enmiendas orgánicas

	FORMATO DE LA CARACTERISTICAS DE LAS ENMIENDAS ORGANICAS	CODIGO: UCV-FO-004
		VERSION: 001

INDICADORES	UNIDAD	COMPOST	HUMUS DE LOMBRIZ
pH	-		
C.E	mS/cm		
M.O.	%		
CaO	%		
MgO	%		
P ₂ O ₅	ppm		
K ₂ O	ppm		

ANEXO (N° 05) Validación de instrumento



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Parecos Roberto do Carolina
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coop. Nat. Social & SP. P. Adicubal
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: 1. Foveto
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Melissa Powers Corvala

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													/
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												/	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												/	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												/	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

10/10

100 %

Lima, 17 junio del 2016

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 10629207 Telf.: 993084400

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Valdamezo Gontales Lorio
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC - UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de Reclutamiento de Dato
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Melissa Romero Corvallo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 17 de Julio del 2016


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 40573062 Telf.:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: MUNIVE CERRON RUBEN
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC - UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato!
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Melina Romero Carvallo

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

 Lima, 16 de Junio del 2016

 FIRMA DEL PERITO INFORMANTE

 DNI No. 19889610 Telf: 964538375

ANEXO (Nº 06) Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
EFICACIA DE LA ALFALFA ASOCIADA A ENMIENDAS ORGANICAS PARA LA REDUCCIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PLOMO EN LA MINA COLQUISIRI - HUARAL	¿Es efectivo el cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) mediante la adición de las enmiendas orgánicas (compost y vermicompost), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?	Determinar la eficacia del cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) mediante las enmiendas orgánicas (compost y vermicompost), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017	Ha. El cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) mediante las enmiendas orgánicas es eficaz en la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017	INDEPENDIENTE Eficacia del Cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo	Tipo de Investigación Según Hernández (2003), el tipo de investigación es aplicada debido que confronta la teoría con la realidad y a la vez para conocer por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.
	¿Es el cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) con la adición de la enmienda orgánica vermicompost más eficiente que el cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) con la adición de la enmienda orgánica compost para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?	Comparar la eficiencia de la adición de la enmienda orgánica de compost con eficiencia de la adición de la enmienda orgánica vermicompost en el cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017	La adición de las enmienda de vermicompost en el cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), es más eficiente que la enmienda compost del cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017	-Concentración de plomo en la alfalfa -Características de la planta DEPENDIENTE Remoción de Pb en el suelo -Concentración de plomo en suelo	Diseño de investigación Según Hernández (2003), el diseño de investigación es experimental y se subdivide en la categoría de experimento puro, debido a que se observa la manipulación intencional de variables (independientes), medición de variables (dependientes) y se tomaron dos grupos
	¿Es efectivo el cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) con la adición de la enmienda orgánica compost para la remoción de plomo	Determinar la influencia de la adición de la enmienda orgánica del compost en el cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>),	Es eficaz la adición de la enmienda orgánica compost en el cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo		

	en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?	para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017.	en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017		
	¿Es efectivo el cultivo de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) con adición de la enmienda orgánica vermicompost para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?	Determinar la influencia de la adición de la enmienda orgánica del vermicompost en el cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017.	Es eficaz la adición de la enmienda orgánica vermicompost en el cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017		
	¿Cómo influye las enmiendas de compost y vermicompost en relación a la (altura) del cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017?	Determinar la influencia de las enmiendas de compost y vermicompost en relación a la (altura) del cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017	La adición de la enmienda vermicompost, es más eficiente que la enmienda compost en relación a la altura del cultivo de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), para la remoción de plomo en suelos contaminados por la minera Colquisiri, Huaral, 2017		

ANEXO (N° 07) Análisis de suelo inicial – concentraciones de Pb



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : MELISSA ROMERO CARVALLO
PROCEDENCIA : LIMA HUARAL
REFERENCIA : H.R. 60820
FACTURA : 1532
FECHA : 17/10/2017

Lab	Número Muestra Claves	Pb ppm
B694	R1+M2+V	82.77
B695	R1+M3+V	108.98
B696	R1+M4+V	35.89
B697	R1+M2+C	96.61
B698	R1+M3+C	205.91
B699	R1+M4+C	38.41
B700	R2+M2+V	88.13
B701	R2+M3+V	187.21
B702	R2+M4+V	46.98
B703	R2+M1+C	74.62
B704	R2+M2+C	99.81
B705	R2+M3+C	214.32
B706	R2+M4+C	51.72
B707	R3+M2+V	83.26
B708	R3+M3+V	380.01
B709	R3+M4+V	36.67
B710	R3+M2+C	77.88
B711	R3+M3+C	56.16
B712	R3+M4+C	35.89


Sady García Bendezu
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : MELISSA ROMERO CARVALLO
PROCEDENCIA : LIMA/ HUARAL
REFERENCIA : H.R. 60820
FACTURA : 1532
FECHA : 17/10/2017

Lab	Número Muestra Claves	Pb ppm
8713	R4+M1+V	67.37
8714	R4+M2+V	69.44
8715	R4+M3+V	60.30
8716	R4+M4+V	29.54
8717	R4+M2+C	60.22
8718	R4+M3+C	59.68
8719	R4+M4+C	20.95
8720	R5+M1+V	46.05
8721	R5+M2+V	40.77
8722	R5+M3+V	61.06
8723	R5+M4+V	24.12
8724	R5+M2+C	55.79
8725	R5+M3+C	58.30
8726	R5+M4+C	24.71
8727	M1+R1+C	65.82
8728	M1+R3+C	65.89
8729	M1+R4+C	83.58
8730	M1+R5+C	57.21
8731	M1+R1+V	76.99
8732	M1+R2+V	69.48
8733	M1+R3+V	75.23


Dr. Sady García Bendezi
Jefe del Laboratorio

ANEXO (N° 08) Análisis de suelo final – concentraciones de Pb final

15/1/2018

Scan4-mod.jpg



LABORATORIOS S.A.C
DESDE 1999


Análisis químico de minerales, concentrados,
aleaciones, agua, aire.
Control ambiental
Fabricación y venta de reactivos químicos

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

Solicitante : MELISSA ROMERO CARVALLO
Tipo de Muestra : Muestra Suelo
Procedencia :
Fecha de Recepción : 23 de noviembre de 2017
Referencia : H&F 3375-3384 /2017

Denominación de muestra:	RESULTADOS DE ANÁLISIS	
	Pb ppm	
	TIERRA	PLANTA
T ₁ + R ₁ + C	52.6	27.4
T ₁ + R ₂ + C	60.7	8.9
T ₁ + R ₃ + C	52.9	5.7
T ₁ + R ₄ + C	58.5	12.4
T ₁ + R ₅ + C	45.9	9.8
T ₁ + R ₁ + V	62.2	14.1
T ₁ + R ₂ + V	55.8	12.6
T ₁ + R ₃ + V	50.5	22.6
T ₁ + R ₄ + V	52.9	12.9
T ₁ + R ₅ + V	30.2	14.8

H&F LABORATORIOS SAC
SERVICIOS ANALITICOS


ALCINO HUAYTALLA M.
GERENTE GENERAL

Lima, 28 de noviembre de 2017

Oficina: Av. Colonial N°1583-Lima Tel: 334-4562/425-6179/989067984 E-mail: hfventas@hyflaboratorio.com
Laboratorio: Mz. E5 Lt. 6 Parque Industrial Pachacutec – Ventanilla
Página web: <http://www.hyflaboratorio.com/>



LABORATORIOS S.A.C
DESDE 1999

Análisis químico de minerales, concentrados,
aleaciones, agua, aire,
Control ambiental
Fabricación y venta de reactivos químicos

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

Solicitante : MELISSA ROMERO CARVALLO
 Tipo de Muestra : Muestra Suelo
 Procedencia :
 Fecha de Recepción : 23 de noviembre de 2017
 Referencia : H&F 3385-3394 /2017

Denominación de muestra:	RESULTADOS DE ANÁLISIS	
	Pb ppm	
	TIERRA	PLANTA
T ₂ + R ₁ + C	57.2	22.9
T ₂ + R ₂ + C	45.3	19.9
T ₂ + R ₃ + C	60.6	12.8
T ₂ + R ₄ + C	48.1	9.4
T ₂ + R ₅ + C	44.5	13.4
T ₂ + R ₁ + V	57.1	23.8
T ₂ + R ₂ + V	68.5	16.9
T ₂ + R ₃ + V	75.6	7.8
T ₂ + R ₄ + V	55.6	11.8
T ₂ + R ₅ + V	33.8	5.9

H&F LABORATORIOS SAC
SERVICIOS ANALITICOS

ALBINO HUAYTALLA H.
GERENTE GENERAL

Lima, 28 de noviembre de 2017

Oficina: Av. Colonial N°1583-Lima Tel: 334-4562/425-6179/989067984 E-mail: hfventas@hyflaboratorio.com
 Laboratorio: Mz. ES Lt. 6 Parque Industrial Pachacutec – Ventanilla
 Página web: <http://www.hyflaboratorio.com/>



LABORATORIOS S.A.C
DESDE 1999

Análisis químico de minerales, concentrados,
aleaciones, agua, aire.
Control ambiental
Fabricación y venta de reactivos químicos

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

Solicitante : MELISSA ROMERO CARVALLO
 Tipo de Muestra : Muestra Suelo
 Procedencia :
 Fecha de Recepción : 23 de noviembre de 2017
 Referencia : H&F 3395-3404 /2017

Denominación de muestra:	RESULTADOS DE ANÁLISIS	
	Pb ppm	
	TIERRA	PLANTA
T ₁ + R ₁ + C	135.	39.7
T ₁ + R ₂ + C	119.2	19.8
T ₁ + R ₃ + C	21.5	33.2
T ₁ + R ₄ + C	32.1	15.9
T ₁ + R ₅ + C	15.4	24.9
T ₁ + R ₁ + V	45.4	59.5
T ₁ + R ₂ + V	134.7	51.9
T ₁ + R ₃ + V	280.2	70.6
T ₁ + R ₄ + V	20.8	16.5
T ₁ + R ₅ + V	25.9	23.3

H&F LABORATORIOS SAC
SERVICIOS ANALITICOS

Lima, 28 de noviembre de 2017

ALBINO HUAYTALLA H.
GERENTE GENERAL

Oficina: Av. Colonial N°1583-Lima Tel: 334-4562/425-6179/989067984 E-mail: hfventas@hyflaboratorio.com
 Laboratorio: Mz. E5 Lt. 6 Parque Industrial Pachocutec -- Ventanilla
 Página web: <http://www.hyflaboratorio.com/>



LABORATORIOS S.A.C
DESDE 1999

Análisis químico de minerales, concentrados,
aleaciones, agua, aire,
Control ambiental
Fabricación y venta de reactivos químicos

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

Solicitante : MELISSA ROMERO CARVALLO
 Tipo de Muestra : Muestra Suelo
 Procedencia :
 Fecha de Recepción : 23 de noviembre de 2017
 Referencia : H&F 3405-3414 /2017

Denominación de muestra:	RESULTADOS DE ANÁLISIS	
	Pb	
	ppm	
	TIERRA	PLANTA
T ₁ + R ₁ + C	30.8	4.8
T ₁ + R ₂ + C	35.4	9.3
T ₁ + R ₃ + C	28.7	3.2
T ₁ + R ₄ + C	16.9	2.5
T ₁ + R ₅ + C	18.9	3.6
T ₁ + R ₁ + V	28.5	4.3
T ₁ + R ₂ + V	37.4	7.7
T ₁ + R ₃ + V	31.3	4.1
T ₁ + R ₄ + V	26.6	1.1
T ₁ + R ₅ + V	16.7	5.2

H&F LABORATORIOS SAC
SERVICIOS ANALÍTICOS

ALBINO HUAYTALLA H.
GERENTE GENERAL

Lima, 28 de noviembre de 2017

Oficina: Av. Colonial N°1583-Lima Tel: 334-4562/425-6179/989067984 E-mail: hventas@hyflaboratorio.com
 Laboratorio: Mz. E5 Lt. 6 Parque Industrial Pachacutec - Ventanilla
 Página web: <http://www.hyflaboratorio.com/>

ANEXO (N°9) Análisis de caracterización de suelo inicial

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



INIA Instituto Nacional de Innovación Agraria
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIO
DOMOSO REPOSADA HUAYABAMA HUANUCO

LABORATORIO DE SUELOS

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

NOMBRE: MELISSA ROMERO CARVALLO FECHA : 06/10/2017
DIRECCION: HUARAL M-02

Nº LAB.	C.E. mS/cm 1:2.5	pH 1:2.5	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CaCO3 %	CATIONES INTERCAMBIABLES mg/100 g suelo				CIC-E
								Ca	Mg	Na	K	
597-598	4.80	6.92	1.40	0.07	54	214	1.32	14.04	1.50	0.17	0.55	16.25

TEXTURA			
ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASE
55.64	39.64	4.72	FRANCO ARENOSO

REACCIÓN DEL SUELO (pH) : Neutro
SALINIDAD (C.E.) : Peligro de sales
MATERIA ORGANICA (M.O.) : Bajo
NITROGENO (N) : Bajo
FOSFORO DISPONIBLE (P) : Alto
POTASIO DISPONIBLE (K) : Medio
CARBONATO DE CALCIO (CaCO3): Normal

SUGERENCIAS:

CULTIVO	ALFALFA			INSTALACIÓN
	N	P2O5	K2O	
kg/ha	40	100	40	

OBSERVACIONES:

Realizar el mejoramiento de sistema de drenaje de los suelos y a través de riegos pesados bajar la C.E. a menos de 4 mS/cm. Luego recién proceder a fertilizar e incorporar 20 TM/Ha de guano de aves, estiércol de vacuno, compost, humus de lombrís o guano de isla.



Ing. Rafael Juan Calderón Espinoza
Laboratorio de Suelos (r)



LABORATORIO DE SUELOS

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

NOMBRE: MELISSA ROMERO CARVALLO FECHA : 06/10/2017
DIRECCION: HUARAL M-03

Nº LAB.	C.E. mS/cm 1:2.5	pH 1:2.5	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CaCO3 %	CATIONES INTERCAMBIABLES (meq/100 gr suelo)				CIC-E
								Ca	Mg	Na	K	
599-600	19.80	6.59	0.60	0.03	6	531	2.64	11.46	0.42	0.16	1.36	13.39

TEXTURA			
ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASE
59.64	31.64	8.72	FRANCO ARENOSO

REACCIÓN DEL SUELO (pH) : Ligeramente ácido
SALINIDAD (C.E.) : Peligro de sales
MATERIA ORGANICA (M.O.) : Bajo
NITROGENO (N) : Bajo
FOSFORO DISPONIBLE (P) : Bajo
POTASIO DISPONIBLE (K) : Alto
CARBONATO DE CALCIO (CaCO3) : Normal

SUGERENCIAS:

CULTIVO	ALFALFA			INSTALACIÓN
	N	P2O5	K2O	
kg/ha	40	200	20	

OBSERVACIONES:

Realizar el mejoramiento de sistema de drenaje de los suelos y a través de riegos pesados bajar la C.E. a menos de 4 mS/cm. Luego recién proceder a fertilizar e incorporar 20 TM/Ha de guano de aves, estiércol de vacuno, compost, humus de lombrís o guano de isla.



Ing. Rafael Juan Calderón Espinoza
Laboratorio de Suelos (r)



LABORATORIO DE SUELOS

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

NOMBRE: MELISSA ROMERO CARVALLO
DIRECCION: HUARAL

FECHA : 06/10/2017
M-04

Nº LAB.	C.E. mS/cm 1:2.5	pH 1:2.5	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	CATIONES INTERCAMBIABLES (mg/100 g suelo)				CIC-E
								Ca	Mg	Na	K	
601-602	1.47	7.23	1.05	0.05	12	75	0.88	11.41	1.25	0.18	0.19	13.03

TEXTURA			
ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASE
71.64	21.64	6.72	FRANCO ARENOSO

REACCIÓN DEL SUELO (pH) : Neutro
 SALINIDAD (C.E.) : Sin peligro de sales
 MATERIA ORGÁNICA (M.O.) : Bajo
 NITROGENO (N) : Bajo
 FÓSFORO DISPONIBLE (P) : Medio
 POTASIO DISPONIBLE (K) : Bajo
 CARBONATO DE CALCIO (CaCO₃): Normal
SUGERENCIAS:

CULTIVO	ALFALFA			INSTALACIÓN
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
kg/ha	40	160	60	

OBSERVACIONES:

Proceder a fertilizar e incorporar aprox. 20 tm/ha de guano de aves, estiércol de vacuno, compost, humus de lombris o guano de isla.



Rafael Juan Calderón Espinoza
 Ing. Rafael Juan Calderón Espinoza
 Laboratorio de Suelos (r)

ANEXO (N°10) Análisis de caracterización de enmiendas orgánicas

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"



PERÚ
Ministerio
de Agricultura y Riego



ESTACION EXPERIMENTAL AGROARIA
DOMINGO ESTEBAN MUYAGUÑA HUARAL

LABORATORIO DE SUELOS

ANÁLISIS BÁSICO DE ABONO ORGÁNICO

NOMBRE : MELISSA JOHANA ROMERO CARVALLO
DIRECCION : LAS GARDENIAS - HUARAL

FECHA: 24/10/2017

N° LAB	MUESTRA	pH 1:2.5	C.E. mS/cm 1:2.5	HUMEDAD %	M.O. %	C %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	C/N
178	HUMUS DE LOMBRIS	6.96	6.50	13.65	33.98	19.71	2.38	2.32	1.11	6.10	0.81	8.28



Ing. Rafael Juan Calderón Espinoza
Laboratorio de Suelos (r)



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EFICACIA DE LA ALFALFA ASOCIADA A ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA LA REDUCCIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PLOMO EN LA MINA COQUESSHI - MIRAFLORES

REQUISITOS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AFILIADO:
ROMERO CARVALLO MELISA KELISA

ASISTENTE:
M. MAYRA RIVERA ACOSTA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA:
CIENCIAS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN

FECHA:
2017-08

Resumen de coincidencias

13%

- 1 www.ine.gob.mx 1% >
- 2 infoenet.cip.org.pe 1% >
- 3 dspape.ups.edu.ec 1% >
- 4 dspape.utpl.edu.ec 1% >
- 5 ocm.upv.es 1% >
- 6 Elena Coyago, Ilera Bo... 1% >



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

La Escuela de Ingeniería Ambiental

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Melissa Johana Romero Corvallo

INFORME TITULADO:

Eficacia de la atalaya asociada a enmiendas orgánicas para
la reducción de diferentes concentraciones de plomo en la mina (Olquisiri - Huaral)

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniería Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 18 de enero de 2018

NOTA O MENCIÓN: 13 (TRECE)




FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Código : FC6-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, ...Emer Benites Alfaro..., docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional de Ing. Ambiental, de la Universidad César Vallejo LA (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada:

“Eficacia de la alfalfa asociada a enmiendas orgánicas para la reducción de diferentes concentraciones de plomo en la mina Colquisiri – Huaral.”

del (de la) estudiante **Melissa Johana Romero Carvalho**, constató que la investigación tiene un índice de similitud de ...13... % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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.

Los olivos 12 de febrero de 2019



[Handwritten signature]
Firma de Docente
DNI: 07807259

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	--------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 07
Fecha : 31-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Melissa Johana Romero Carvallo....., identificado con DNI N° 48138665,
egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental..... de la
Universidad César Vallejo, autorizo (). No autorizo () la divulgación y
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
"Ejercicio de la catálisis asociada a enmienda orgánica para la reducción
de diferentes concentraciones de plomo en la mina Colquisiri - Huara
.....
.....";
en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo
estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art.
33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....

Melissa Johana Romero Carvallo
FIRMA

DNI: 48138665.....

FECHA: Los Olivos 12 de febrero 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------